Collège Doctoral Languedoc-Roussillon

THÈSE DE DOCTORAT

LA PEDAGOGIE DE LA SCIENCE CHEZ GASTON BACHELARD ET KARL POPPER

Présentée en vue de l'obtention grade de docteur
en **Philosophie** de **l'Université Paul-Valéry Montpellier 3**

Ecole Doctorale n°58 – LANGUES, LITTERATURES, CULTURES, CIVILISATIONS (LLCC)

Présentée par **NZENGUE MOUSSOKINI**

Dirigée par **M. Anastasios BRENNER**

Soutenue publiquement **le 11 DECEMBRE 2024** devant le jury composé de

M. Anastasios BRENNER, Professeur, Université Paul-Valéry, Montpellier 3	Directeur de thèse
Mme la professeure Géraldine LEPAN, Université Paul Valéry Montpellier 3	Examinatrice
Mme la professeure Véronique LE RU, Université de Reims Champagne-Ardenne	Présidente du jury
M. Le professeur Pascal NOUVEL, PR philosophie Université de Tours	Examinateur
M. le professeur Pierre-Dominique NZINZI, PR philosophie Université Omar Bongo, Libreville, Gabon	Examinateur
M. Le professeur Charles WOLFE, Université Toulouse-Jean Jaurès	Rapporteur

Université Paul Valéry Montpellier 3 — École Doctorale ED58 Langues, Littératures, Cultures, Civilisations LLCC — crises EA 4424

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont tout d'abord à l'endroit de mon directeur de thèse Monsieur Anastasios BRENNER qui a bien voulu diriger mes travaux ; ses conseils, remarques, corrections, critiques, sa promptitude et sa présence ont été d'une importance capitale pour la réalisation de cette thèse.

Ensuite, je remercie l'ED 58 et le laboratoire CRISES EA 4424 notamment l'équipe de coordination pour l'accueil ainsi que des enseignants-chercheurs et des collègues doctorants (es) avec qui j'ai quelques fois eu des échanges motivants.

Je remercie aussi tous ceux qui m'ont soutenu d'une manière ou d'une autre, notamment ma famille (qui a été la raison principale de continuer de travailler quand le découragement était présent), ma compagne pour ses nombreux sacrifices pour que cette thèse soit finie, à mes amis et connaissances si nombreux que je ne pourrais pas tous les citer individuellement.

Enfin, je remercie tous les membres des différents comités de suivi individuel de thèse que j'ai passés, leurs critiques et conseils ont été d'un apport nécessaire pour la poursuite et la finition de ma thèse.

RÉSUMÉ EN FRANCAIS

Gaston Bachelard et Karl Popper sont deux philosophes du XXe siècle, appartenant respectivement et à la tradition francophone à la tradition anglo-saxonne, connus pour leurs travaux d'une importance capitale en philosophie des sciences et en épistémologie. Pourtant, leurs œuvres renferment aussi une dimension pédagogique, peu exploitée dans les études philosophiques. Le présent travail prend en charge l'examen de cette dimension pédagogique dans une approche comparative. L'objectif est de rapprocher les deux auteurs, et non de les opposer systématiquement, autour d'une question centrale : comment l'épistémologie critique peut-elle contribuer à mieux enseigner la science ? Autrement dit, dans quelle mesure l'association de l'épistémologie de Karl Popper et l'épistémologie de Gaston Bachelard peut-elle contribuer à définir des conditions et des processus d'un enseignement dynamique de la science, par opposition à un enseignement dogmatique souvent présent dans la pratique scolaire effective de la science. Au fondement de ce dogmatisme se trouvent des épistémologies dites traditionnelles (empirisme et rationalisme classiques) largement remises en cause, car elles définissent une fausse image de la science, abondamment répandue dans l'enseignement des sciences empiriques.

L'analyse se portera d'abord sur des critiques bachelardiennes et poppériennes des fondements épistémologiques classiques de l'enseignement des sciences. Ces épistémologies traditionnelles ne fournissent pas des véritables fondements pour un enseignement dynamique de la science. Elles sont insuffisantes pour décrire réellement la nature de la science. S'appuyer sur elles pour enseigner la science, c'est naturellement fonder l'enseignement des sciences empiriques sur des conceptions erronées de l'activité scientifique. Ensuite, on examinera les conceptions épistémologiques bachelardienne et poppérienne. Celles-ci, apparaissent comme des descriptions de ce qu'est réellement la science empirique : sa nature, sa démarche, son progrès. Enfin, l'analyse s'attachera à la relation entre les conceptions pédagogiques de Bachelard et de Popper via leurs conceptions épistémologiques, c'est-à-dire à l'examen des conditions et des processus d'un enseignement dynamique de la science définis par le rationalisme falsificationniste et l'épistémologie historique.

RESUME EN ANGLAIS

Karl Popper and Gaston Bachelard are two 20th century philosophers, belonging respectively to the Anglo-Saxon tradition and to the French tradition, known for their major contribution to the philosophy of science and contemporary epistemology. Their works also contain a pedagogical dimension, neglected in philosophical studies. The present dissertation endeavors to examine this pedagogical dimension following a comparative approach. The aim is to bring the two authors together, and not to oppose them, around a central question: how can critical epistemology contribute to improve science teaching? In other words, to what extent can the association of the philosophies of Popper and Gaston Bachelard contribute to defining the conditions and processes of a dynamic teaching of science, as opposed to a dogmatic teaching often present in the effective school practice of science? At the foundation of this dogmatism are so-called traditional epistemologies (classical empiricism and absolute rationalism) that have been widely questioned and whose "outdated" character is beyond doubt, because they define an inauthentic image of science, which is widespread in the teaching of empirical sciences.

The analysis will first focus on Bachelard's and Popper's criticisms of the classical epistemological foundations of science teaching. These traditional epistemologies are not authentic foundations for a dynamic teaching of science. They are insufficient to really describe the nature of science. To rely on them to teach science is naturally to base the teaching of empirical sciences on erroneous conceptions of scientific activity. Then, we will examine the conceptions of Bachelard and Popper as authentic foundations for a dynamic pedagogy of science. These appear as true descriptions of what empirical science really is: its nature, its method, its progress. The last part will focus on the link between the pedagogical conceptions of Bachelard and Popper and their philosophical conceptions, offering an examination of the conditions and processes of a dynamic teaching of science defined by critical rationalism and historical epistemology.

INTRODUCTION GENERALE

I – CONCEPTIONS BACHELARDIENNE ET POPPERIENNE DE LA PEDAGOGIE

Gaston Bachelard (1884-1962) et Karl Popper (1902-1994) sont deux philosophes marquants du XXe siècle, principalement connus pour leurs travaux en philosophie des sciences et en épistémologie (étude critique de la science ou des sciences[1]). Pourtant leurs œuvres respectives renferment aussi une dimension pédagogique peu explorée dans le contexte des études philosophiques[2]. D'où l'intérêt de notre étude sur « La pédagogie de la science chez Gaston Bachelard et Karl Popper ». Il ne s'agit pas ici de la pédagogie dans le champ des sciences de l'éducation, mais d'une analyse philosophique du concept de pédagogie à partir de l'épistémologie et de la philosophie des sciences de Bachelard et de Popper. La pédagogie est abordée ici essentiellement comme un concept philosophique ou épistémologique[3]. Comment les deux auteurs conçoivent-ils la pédagogie ?

Dans la pensée bachelardienne, la pédagogie renvoie à une réflexion critique sur l'éducation, l'enseignement, c'est-à-dire sur le rapport entre le maître et l'élève, le savoir enseigné, les méthodes d'enseignement, les finalités de l'éducation et surtout sur les obstacles pédagogiques. Cette réflexion consiste d'une part en l'élaboration d'hypothèses théoriques visant à dire comment enseigner ou éduquer, d'autre part elle renvoie à la manière effective qu'emploie un enseignant pour transmettre un savoir à un élève. Dans cette optique, la pédagogie est clarification et explicitation des idées en vue de faire acquérir des connaissances objectives. Elle dit comment s'y prendre pour rendre une idée compréhensible, et donc accessible à un apprenant. C'est dans ce sens que « la pédagogie de la raison doit profiter de toutes les occasions de raisonner. Elle doit chercher la variété des raisonnements, ou mieux les variations du raisonnement [4]». Cela veut dire que la pédagogie est diversification du raisonnement. Du point de vue de la pédagogie bachelardienne, la clarification d'une notion ou d'un concept suppose la prise en compte d'une variété de raisonnements, c'est-à-dire les diverses explications liées à une notion. C'est dans cette perspective qu'on distingue en géométrie une variation des raisonnements, à savoir la géométrie euclidienne et la géométrie non euclidienne. Si bien que comprendre la géométrie, c'est osciller à la fois entre ces deux types de raisonnement géométrique. De ce fait, la pédagogie bachelardienne vise à définir diverses manières de faire acquérir le savoir et de former l'esprit de l'apprenant. Cela consiste à guider l'élève vers la connaissance objective et, en même temps, à libérer l'enseignant et l'enseigné de leurs fausses idées ou

[1] Hervé BARREAU, *L'épistémologie* (1990), Paris, PUF, 2017, p.3.

[2] Dans le domaine des sciences de l'éducation Gaston Bachelard est une référence incontournable, un peu moins Popper. Les quelques travaux importants sur la dimension pédagogique des deux auteurs viennent plutôt des spécialistes des sciences de l'éducation et non des philosophes.

[3] Bachelard parle même de pédagogie philosophique.
Toutefois, nous nous référerons aussi aux auteurs des sciences de l'éducation. Cette analyse retrouve *a posteriori* le champ des sciences de de l'éducation.

[4] Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, (1940), Paris, Puf/Quadrige, 2012, p.145.

fausses connaissances. Il s'agit ainsi d'une activité philosophique, dans la mesure où cette pédagogie recouvre une critique et une fondation de l'acte d'enseigner ou d'éduquer. Cela s'effectue par un questionnement des pratiques et des idées pédagogiques effectives, afin de montrer leurs limites et d'en construire de nouvelles. C'est dans cette optique que Bachelard écrit : « les éducateurs […] ne guident pas les élèves vers la connaissance objective. Ils jugent plus qu'ils n'enseignent ! Ils ne font rien pour guérir l'anxiété qui saisit tout esprit devant la nécessité de corriger sa propre pensée et de sortir de soi pour trouver la vérité objective [5]». Cette critique de Bachelard suppose que l'activité pédagogique, en tant que réflexion, a pour fonction de définir des principes et des procédés, par lesquels l'enseignant conduirait l'élève à l'acquisition du savoir objectif par la remise en cause. C'est en cela que consiste l'enseignement : désorganisation de l'édifice initial du savoir de l'apprenant. Tout enseignement qui ne guide pas l'élève vers le savoir objectif (toujours nouveau), par la critique, n'est pas un enseignement véritable. Cela veut dire que la pédagogie, au sens bachelardien, a pour fonction de rectifier la pensée de celui qui apprend et de le conduire vers la vraie connaissance (ce que sont véritablement les choses). Une telle pédagogie philosophique a pour tâche de libérer l'esprit de l'élève, mais aussi celui du maître, des idées et des méthodes qui entravent l'accès à la connaissance véritable, afin que l'élève parvienne à la vérité objective de la chose enseignée[6]. Il s'agit d'une pédagogie active consistant à rendre l'éducation et l'enseignement dynamiques, par la création permanente de nouveaux processus d'acquisition et de transmission des savoirs. Le changement de méthode est une exigence permanente dans l'acquisition de la connaissance. Chaque notion ou concept implique une manière spécifique de l'appréhender, sans cesse renouvelée. Par exemple, les notions de masse et de poids ne peuvent pas être apprises par la même démarche pédagogique, elles exigent d'être apprises selon leurs nature propre, bien qu'elles appartiennent au domaine de la science physique. Par-là, on comprend qu'il n'y a pas de méthode pédagogique absolue applicable à tout type de notion scientifique, car chaque notion, même dans le même domaine, impose une façon de l'appréhender propre à elle. Donc, la pédagogie dynamique bachelardienne est essentiellement dialectique, en ce sens qu'elle vise des rectifications, des objections et non l'assénement de vérités[7]. C'est une pédagogie de la libération du sujet enseignant et du sujet apprenant dans un rapport dialectique.

En revanche, dans la pensée poppérienne, la pédagogie peut être perçue comme la théorie de l'éducation, c'est-à-dire qu'elle est une science ayant pour objet d'étudier des phénomènes d'apprentissage (les méthodes d'apprentissage, les contenus à apprendre) notamment scolaires.

---

[5] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.209.

[6] Par savoir objectif, on entend ce qu'exprime véritablement les notions ou principes enseignés.

[7] Jean-Jacques WUNENBURGER « Figures de la dialectique », *Bachelard et l'épistémologie française*, Paris, Puf, 2003, p.32.

Ainsi, elle consiste à éclairer ces divers éléments, à savoir expliciter le positionnement de l'enseignant face à l'écolier (le rapport entre l'enseignant et l'enseigné), déterminer les buts de l'éducation ou de l'enseignement. C'est dans cette optique que Popper dit : « c'est un fait établi que la pédagogie entendue comme science moderne doit avant tout être purement empirique : il est d'autant plus important d'y délimiter la part que prend la raison spéculative [8]». Le terme de raison spéculative que Popper emprunte à Kant signifie que la pédagogie, bien qu'elle soit une science empirique, renferme tout de même une dimension théorique : l'élaboration des hypothèses éducatives visant à définir comment doit se faire l'éducation ou l'enseignement. Or la dimension empirique de la pédagogie renvoie au fait qu'elle porte en grande partie sur des facteurs psychologiques concernant le développement de l'être humain. Ce qui signifie que la pédagogie, conformément à la pensée poppérienne, n'est pas une théorie purement spéculative. Elle est orientée vers l'être humain. Les hypothèses pédagogiques sont des moyens visant à développer l'être humain. Et développer l'être humain, c'est l'enseigner, l'éduquer par le savoir. Alors, le but de la pédagogie chez Popper consiste à élaborer des principes, des hypothèses, des moyens, des mécanismes visant à parvenir à cette fin philosophique de l'éducation et de l'enseignement. Par exemple, le développement du patriotisme chez les jeunes enfants[9]. En d'autres termes, la pédagogie n'a pas simplement pour but ultime la production des directives éducatives (principes, méthodes), mais la transformation de l'être humain par la connaissance.

Par conséquent, la fonction de la pédagogie chez Popper consiste à dire comment l'enseignant peut véritablement parvenir à cette finalité philosophique par la transmission du savoir. C'est ici que se trouve l'enjeu de cette activité : comment mieux transmettre le savoir de manière à mieux former ou transformer l'esprit de l'apprenant ? Il s'agit donc d'une définition des processus d'apprentissage[10]. De ce fait, la bonne pédagogie est celle qui conduit à la découverte d'un savoir nouveau. Dans cette optique, la pédagogie devient essentiellement une théorie des théories de l'apprentissage visant à mettre l'individu au centre des apprentissages comme étant acteur de ce qu'il apprend. C'est pourquoi, la théorie pédagogique poppérienne se fonde aussi sur la « pédagogie du travail [11]» qui autonomise l'élève. Donc, dans la pensée poppérienne la pédagogie est une réflexion critique sur les méthodes effectives d'apprentissage en vue d'élaborer des démarches adéquates par lesquelles on faire accéder l'apprenant au savoir véritable.

De ce qui précède, on peut alors comprendre la pédagogie avant tout comme un ensemble de connaissances théoriques et pratiques visant à définir comment éduquer et enseigner

[8] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte, Ecrits de jeunesse* (2008), Paris, Edition Rue d'Ulm, 2019, p.52.
[9] Karl POPPER, *Ibid.*, p.23-33.
[10] Karl POPPER, *Ibid.*, p.55-57
[11] Nous reviendrons sur cette question dans la suite de notre analyse.

en vue de transformer l'esprit par l'acquisition de la connaissance objective, mais aussi de transmettre une certaine culture rationnelle : tout le problème de la pédagogie est donc de faire en sorte que l'élève ou l'apprenant atteignent ce but. Chez Bachelard comme chez Popper, la pédagogie a pour finalité de produire des mécanismes d'apprentissage et d'enseignement qui visent progressivement le développement intellectuel, c'est-à-dire la transformation de l'esprit de l'élève. Toutefois, cette définition philosophique de la pédagogie se trouve aussi chez d'autres auteurs, notamment Platon, Rousseau et Dewey. Dans *La République*, se dessinent les premières réflexions théoriques sur l'éducation des jeunes gens. Ainsi, Platon définit la pédagogie comme l'éducation et spécialement l'éducation morale. Bien que ces réflexions soient embryonnaires, elles tracent un chemin pour ce que deviendra la pédagogie dans les temps modernes. Dans la Grèce antique, la pédagogie renvoyait d'abord à une pratique éducative, l'art d'enseigner ou d'éduquer les enfants. C'est avec Platon que la pédagogie commence à devenir un discours rationnel sur l'éducation ayant pour objet de définir les moyens de l'éducation. De même, chez Rousseau la pédagogie renvoyait à un discours théorique, c'est-à-dire à un ensemble de réflexions portant sur l'éducation. Ainsi, elle a pour fonction de définir, non pas les moyens, mais les principes généraux de l'éducation.

Dans la même perspective, la pédagogie deweyiste renvoyait aussi à un discours sur l'éducation dont le but est de définir de manière pragmatique les fins de l'éducation ou simplement les finalités de l'école. C'est par l'école que se fait l'éducation institutionnelle. Le travail pédagogique de Dewey consiste à définir les principes et les moyens qui mettent en relation l'école et la société. Les apprentissages scolaires trouvent véritablement leurs sens dans l'expérience de l'élève (dans sa vie quotidienne). Ainsi chez ces trois auteurs la pédagogie peut être perçue comme une réflexion sur l'éducation dont la finalité est d'orienter la pratique éducative, c'est-à-dire de définir comment doit se faire l'éducation afin d'atteindre les fins qui lui sont assignées[12]. Cette façon de concevoir le sens de la pédagogie chez ces auteurs est similaire à la manière dont on peut le concevoir chez Bachelard et chez Popper. Cependant, nos deux auteurs abordent la pédagogie philosophique dans le contexte de la philosophie des sciences ou de l'épistémologie. Platon, Rousseau et Dewey définissent les principes et les moyens d'une pédagogie générale pour une éducation générale. Alors que Bachelard et Popper se situent principalement dans la définition des conditions, des mécanismes et des moyens d'une pédagogie de la science empirique ou expérimentale dans l'optique de former l'esprit de l'apprenant. On parle alors d'une pédagogie de la science. En quoi consiste-t-elle ?

[12] Platon, Rousseau et Dewey n'assignent pas les mêmes fins à l'éducation. Même s'il peut y avoir un certain rapprochement entre Platon et Dewey, et entre Rousseau et Dewey.

Pour Bachelard ainsi que pour Popper, la pédagogie de la science consiste en des réflexions portant sur l'enseignement et les apprentissages des savoirs scientifiques dans une logique de formation de l'esprit scientifique. Il s'agit de l'ensemble des réflexions qui définissent les conditions et les démarches d'acquisition des savoirs scientifique dans le contexte scolaire. En d'autres termes, il s'agit de définir, à partir des thèses épistémologiques, des hypothèses et des procédés méthodologiques par lesquels la science peut ou doit être enseignée ou apprise adéquatement, dans la mesure où les manières d'enseigner la science reposent généralement sur des présupposées épistémologiques. C'est dans cette perspective que s'inscrit cette affirmation bachelardienne : « la philosophie scientifique doit être essentiellement une pédagogie nouvelle. Or, à science nouvelle, pédagogie nouvelle [13]». Ainsi, la pédagogie de la science renvoie à une clarification et une actualisation permanente des idées scientifiques à apprendre. De ce fait, elle tient compte du caractère nouveau, c'est-à-dire des progrès de la science contemporaine. Il s'agit d'une pédagogie de la science en train de se faire, visant à définir comment l'apprenant peut véritablement accéder à la connaissance scientifique sans cesse renouvelée : amener l'apprenant à découvrir des connaissances expérimentales nouvelles.

Le but philosophique de la pédagogie de la science est de former l'esprit scientifique chez l'élève et de développer des procédés efficaces d'apprentissage de la science qui rendent possible ce développement, par la transmission adéquate de la connaissance scientifique objective. C'est pourquoi la théorie pédagogique poppérienne est essentiellement une théorie de l'apprentissage de la science. Elle vise à définir comment la science peut être objectivement apprise par l'apprenant. L'intérêt philosophique est de clarifier le sens des problèmes effectifs de la science[14]. Former l'esprit de l'élève par la transmission des savoirs scientifiques, c'est essentiellement saisir le vrai sens des problèmes scientifiques, c'est amener l'apprenant à saisir la démarche scientifique véritable. Alors la fonction de la pédagogie de la science vise à faire « apprendre dans le sens de découvrir [15]» les problèmes scientifiques effectifs. Découvrir c'est se détacher d'un savoir ancien pour accéder à un nouveau savoir. Il s'agit concrètement de se demander pourquoi et comment enseigner tel ou tel savoir scientifique. La méthode utilisée et le savoir à enseigner permettent-ils de développer l'esprit scientifique chez l'élève ? Ces questions montrent que la pédagogie de la science n'est pas un simple assemblage de thèses portant sur le comment enseigner la science. C'est plutôt une véritable entreprise philosophique qui vise la transformation de l'individu par la connaissance scientifique. C'est pourquoi la pédagogie de la science chez Bachelard et Popper se démarque d'une part de la simple transmission

[13] Bachelard, *Etudes*, Paris, Vrin, 1970, p.85.
[14] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte, Ecrits de jeunesse*, (2008), Paris, Edition Rue d'Ulm, 2019, p.274-275.
[15] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.64.

des savoirs, la didactique, la vulgarisation, d'autre part de l'enseignement et l'éducation proprement dite. Par exemple, du point de vue de la pédagogie de la science telle qu'elle est illustrée ici, la notion de masse en physique, pour être clarifiée et apprise, doit passer par la prise en compte des divers raisonnements réalistes, empiristes, rationalistes qui y sont rattachés ; il s'agira aussi de procéder par l'analyse des problèmes qu'elle renferme.

On voit donc que la pédagogie de la science, chez nos deux auteurs, s'appuie sur des éléments épistémologiques pour former l'esprit scientifique et rendre accessible la connaissance scientifique à l'apprenant. Il ressort que la pédagogie de la science a une dimension épistémologique et une dimension éducative. Dans la première, il s'agit d'une activité de clarification conceptuelle de la science au sens de la pédagogie du concept de Deleuze[16]. Cela renvoie à une explicitation du sens du concept de science dans une logique d'apprentissage. En effet, produire une définition adéquate de la science, n'est-ce pas s'engager sur la voie de la transmission d'une véritable image de la science empirique ? Dans la seconde dimension, il s'agit des réflexions critiques praxéologiques visant à définir comment faire acquérir les savoirs scientifiques dans la logique de la formation de l'esprit scientifique. Pour récapituler, la pédagogie de la science désigne l'analyse épistémologique éclairant le concept de science dans une logique d'apprentissage, mais aussi les réflexions portant sur les manières adéquates pour acquérir ou faire acquérir les savoirs scientifiques, dans le but de former l'esprit scientifique chez l'élève et de lui faire accéder à une véritable représentation de la science. Nous examinerons conjointement la constitution ou la signification du concept de science et les méthodes par lesquelles elle peut être adéquatement apprise notamment dans l'enseignement des sciences.

II–ELEMENTS DE JUSTIFICATION DU CORPUS : LE CHOIX DE BACHELARD ET DE POPPER

Le choix de notre problématique repose sur le fait que Bachelard et Popper ont élaboré une épistémologie critique renfermant aussi une dimension pédagogique. En effet, comme nous venons de le dire, Bachelard et Popper font partie des rares philosophes qui, outre une réflexion bien structurée en philosophie des sciences et épistémologie, développent aussi des réflexions pédagogiques significatives. Cela est perceptible à partir de leurs parcours intellectuels presque similaires. Au début de leurs carrières, ils ont été d'abord des enseignants de sciences dans le secondaire. Leurs œuvres renferment une double orientation pédagogique et épistémologique. Chez Bachelard, les références ou allusions faites à l'enseignement sont omniprésentes dans toute son œuvre. Si Popper aborde plus explicitement les questions d'ordre pédagogique dans

[16] Gilles Deleuze et Félix Guattari, *Qu'est-ce que la philosophie*, Paris, Les éditions de Minuit, 1991, p.17.

son œuvre de maturité, il ne s'est jamais détaché des préoccupations d'ordre pédagogique, notamment dans *La quête inachevée* (il s'agit de son autobiographie intellectuelle où il précise une théorie de l'apprentissage conforme à sa théorie de la science [17]) et dans *Le réalisme et la science,* « Postscript » de son remarquable ouvrage de maturité *La logique de la découverte scientifique*. Dans ce « Postscript » Popper revient sur la question de l'apprentissage par induction qu'il réfute. Par conséquent, l'œuvre de maturité de Popper permet de préciser et d'affiner ses thèses pédagogiques développées dans son œuvre de jeunesse. Notre thèse consiste à dire qu'il n'y a pas de démarcation radicale entre l'œuvre de maturité et l'œuvre de jeunesse de Popper. Il y a bien plutôt une certaine continuité entre les deux moments de son oeuvre. De même, *La formation de l'esprit scien- tifique* est un texte phare qui présente à juste titre cette double dimension de la pensée bache- lardienne. De même, les textes de jeunesse de Popper réunis sous le titre *Apprentissage et dé- couverte, écrits de jeunesse* exposent clairement les aspects épistémologique et pédagogique de la philosophie poppérienne.

II-1- Deux enseignants de sciences dans le secondaire

Avant de devenir un philosophe (des sciences), Bachelard fut d'abord, nous l'avons dit, un professeur de sciences dans le secondaire, notamment dans sa ville natale de Bar-sur-Aube[18]. Il fit des études de sciences et obtint une licence en sciences qui lui permit de devenir professeur de physique et de chimie au collège. Il s'agissait essentiellement de la physique et de la chimie classiques. Cette science que Bachelard enseignait portait sur les éléments macroscopiques. Ainsi, il enseignait une physique et une chimie qui ne tenaient pas compte du nouvel esprit scientifique parce qu'il devait s'en tenir au programme scolaire imposé. Il n'empêche que Bachelard était un enseignant dynamique, modeste et pas autoritaire, dont le but était de maintenir la rêverie et l'imagination de l'apprenant[19]. Son dynamisme se manifestait par sa capacité à changer de méthode d'enseignement à chaque objet à apprendre. C'est pourquoi, il dit : « je n'ai jamais vu un éducateur changer de méthode [20]». Cela veut dire que quand Bachelard enseignait, il était souvent stupéfait de voir ses collègues enseigner avec les mêmes procédés depuis toujours, sans les remettre en cause, sans inventer de nouvelles procédures ou stratégies d'enseignement. Cette remarque suppose que Bachelard procédait autrement. Il était conscient de la nécessité de changer de méthode d'enseignement, de réviser ses propres manières d'enseigner. De plus, Bachelard était un professeur qui aimait la critique. La critique était un prin-

[17] Karl POPPER, *Op cit.*, p. 58.
[18] André PARINAUD, *Gaston Bachelard*, Paris, Flammarion, 1996, p.13.
[19] André PARINAUD, *Ibid*., p.36.
[20] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique* (1938), Paris, Vrin, 1999, p.19.

cipe fondamental de l'enseignement. D'abord, il s'autocritiquait, et ensuite enseignait la critique à ses élèves par la transmission d'un savoir non autoritaire. Bachelard critiquait son propre savoir, ses propres manières d'enseigner afin de faire face à la menace constante de l'« instinct conservatif », c'est-à-dire le fait qu'« il vient un temps où l'esprit aime mieux ce qui confirme son savoir que ce qui le contredit, où il aime mieux les réponses que les questions. Alors l'instinct conservatif domine, la croissance spirituelle s'arrête [21]». Bachelard était un professeur qui aimait la critique permanente de soi dans le but d'échapper à l'« *âme professorale,* toute fière de son dogmatisme, immobile […] imposant ses démonstrations, tout à l'intérêt déductif, soutien si commode de l'autorité, enseignant son domestique comme fait Descartes ou le tout venant de la bourgeoisie comme le fait l'Agrégé de l'Université [22]». Cette critique suppose que Bachelard n'était pas un enseignant autoritaire et dogmatique, contrairement à la nature même du professeur qui du haut de sa position impose son savoir à l'enseigné, refuse toute contradiction venant de son élève. Et croyant faussement que « les bons élèves sont dociles ». Enfin, Bachelard était un enseignant-élève (toujours en train d'apprendre) et un enseignant psychologue (il cherchait toujours à comprendre pourquoi l'élève ne comprenait pas).

Quant à Karl Popper, il fut aussi enseignant de sciences dans le secondaire et éducateur social engagé dans la Réforme scolaire[23]. Il eut même les qualifications pour enseigner dans le primaire alors qu'il était encore étudiant. C'est dans ce sens qu'il affirme : « Je passai un second 'matura' dans une école normale, ce qui me donna les qualifications nécessaires pour enseigner en école primaire […]. Plus tard j'y ajoutai des diplômes pour enseigner les mathématiques, la physique et la chimie dans les écoles secondaires [24]». Cependant, par manque de poste il ne put effectivement enseigner. Sauf le métier d'éducateur social qu'il exerça en tant que bénévole et des cours particuliers qu'il donnait à l'université à des étudiants américains[25], mais aussi à certains de ses collègues à l'Institut pédagogique de Vienne. Ce n'est qu'après avoir obtenu son doctorat en 1928, qu'il eut un poste de professeur de mathématiques et de physique dans une école secondaire[26]. C'est ce que Renée Bouveresse affirme : « à la fin de ses études scientifiques, qu'il termine par un travail sur les axiomes de la Géométrie, il se tourne vers l'enseignement et gagne sa vie comme professeur de mathématiques et de physique dans le secondaire [27]». A ce moment-là, il avait déjà bien entamé son œuvre intellectuelle, notamment ses

[21] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.15.
[22] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.9. Souligné dans le texte.
[23] Popper était pour la Réforme scolaire qui avait cours à Vienne à l'époque. Il était du côté de l'« école par le travail » qui voulait remplacer les anciennes méthodes de l' « école par les contenu ». Il s'agissait principalement pour les réformateurs de faire apprendre en autonomisant l'apprenant contre l'apprentissage par cœur et le dressage.
[24] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte, Ecrits de jeunesse* (2008), Paris, Edition Rue d'Ulm, 2019, p.53.
[25] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 2012, p.51.
[26] Karl POPPER, *Ibid*., p.110.
[27] Renée BOUVERESSE, *Karl Popper ou le rationalisme critique*, Paris, J.Vrin, seconde édition, 1998, p.19.

écrits de jeunesse qui portent sur la psychologie de la découverte, la théorie de l'apprentissage et les prolégomènes de sa théorie de la connaissance[28].

Les témoignages qu'il rapporte de l'attitude de certains enseignants qu'il avait à l'université révèlent le genre d'enseignant qu'il ne souhaitait pas être. Mais surtout le genre d'enseignant qu'il était : « tous ces hommes mis à part Reidemeister [l'un des maîtres de Popper] qui acceptait qu'on l'interrompe, étaient des demi-dieux. Ils étaient complètement hors de notre portée. Il n'y avait aucun contact entre étudiants et professeurs tant que l'on n'était pas prêt pour le doctorat [29]». Popper se voulait un enseignant ouvert à la critique, non autoritaire. On peut supposer qu'il se laissait interrompre et discutait avec les élèves. Selon l'affirmation suivante : « on n'est pas ce qu'on rejette ou désapprouve, on est plutôt ce qu'on accepte ou approuve », on peut dire que par l'admiration qu'il avait pour l'un de ses professeurs Hans Hahn[30], Popper était un enseignant qui exposait ses idées, ses leçons avec clarté afin que l'enseigné comprenne. D'ailleurs, ce que Popper dit de son activité épistémologique est révélateur de son attitude en tant qu'enseignant : « si un lecteur consciencieux trouve un passage obscur, il doit être réécrit. Ainsi, pris-je l'habitude d'écrire et de réécrire, encore et toujours, clarifiant et simplifiant continuellement [31]». Ce passage signifie que Popper était porté par le souci de clarifier à chaque fois ce qu'il écrivait, et c'était une tâche qu'il faisait sans cesse. On peut donc supposer qu'il le faisait aussi lorsqu'il s'agit de l'enseignement, car le besoin de clarté dans la recherche est souvent transposé dans le domaine de l'enseignement lorsqu'on enseigne aussi, même si les publics ne sont pas souvent les mêmes.

Enfin, Popper était partisan de l'*Arbeitschule* (l'école par le travail ou la pédagogie par le travail). Cela veut dire qu'il privilégiait les apprentissages par l'autonomie de l'élève. L'apprenant apprend véritablement lorsqu'il est n'est pas passif mais acteur dans les apprentissages. Cette manière d'enseigner, qui était celle de la Réforme scolaire, ne pouvait qu'être la manière avec laquelle Popper enseignait les mathématiques et la physique. Cependant, pour Popper, l'autonomie de l'élève ne signifiait pas l'exclusion ou la mise à l'écart de l'enseignant. Au contraire, dans cette manière d'enseigner, l'enseignant joue un rôle important. C'est dans ce sens qu'il affirme : « c'était alors une idée reçue qu'en chimie les écoliers devaient pouvoir alors élaborer eux-mêmes spontanément la théorie de l'oxydation dans le processus de la combustion, en réalisant quelques expériences classiques (du type de celle de Lavoisier) ». Popper pensait que l'élève ne peut pas accéder au sens profond d'une théorie enseignée si l'enseignant ne le guide pas. Ainsi, le seul travail de l'élève n'aboutira à rien de concret, c'est-à-dire au

[28] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 2012, p.106.
[29] Karl POPPER, *Ibid*., p.52.
[30] Karl POPPER, *Ibid*, p.51-52.
[31] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte, Ecrits de jeunesse* (2008), Paris, Edition Rue d'Ulm, 2019 p.112.

problème fondamental lié à la théorie en question, si l'enseignant ne définit pas au préalable les cadres de ce travail. Si Popper favorisait la liberté de l'élève, il n'était pas pour autant partisan de l'effacement du rôle fondamental de l'enseignant dans l'accessibilité de l'élève à la connaissance scientifique.

En résumé, dès le début de leurs carrières, on voit que Bachelard et Popper étaient intéressés par des questions pratiques de l'enseignement. Cela signifie que leurs réflexions pédagogiques ne découlent pas d'une pure spéculation philosophique mais d'un contact empirique avec la chose pédagogique à travers leurs expériences effectives d'enseignant de sciences. De ce fait, on peut dire que leurs réflexions pédagogiques reposent à la fois sur l'expérience et sur la théorisation : les observations faites par Popper lorsqu'il était éducateur social auprès des enfants délaissés de Vienne. Quant à Bachelard, toute son œuvre est remplie d'allusions constantes à ce qu'il a lui-même vu en tant qu'enseignant de physique et de chimie.

II-2- Deux styles d'épistémologies critiques et dynamiques

Bachelard et Popper sont aussi des épistémologues critiques. En effet, leurs réflexions épistémologiques se portent notamment sur les conditions du progrès scientifiques, sur la distinction entre la science et la non-science, ainsi que sur la méthodologie des sciences empiriques. En d'autres termes, trois grands champs orientent les réflexions épistémologiques de nos deux auteurs, à savoir la définition des critères caractéristiques de la science, le progrès scientifique et la question de la démarche scientifique. Quand Bachelard et Popper parlent de la science d'un point de vue philosophique ou épistémologique, ils savent vraiment de quoi qu'ils parlent. Car ils ont fait des études de sciences (physique, chimie, mathématiques). D'ailleurs, le reproche que Bachelard adresse sans cesse aux purs philosophes, c'est de ne pas se mettre vraiment à l'école de la science. C'est dans cette optique que Bachelard dit : « c'est encore cette science pour philosophes que nous enseignons à nos enfants […]. Voir pour comprendre [32]». Autrement dit, Bachelard avait constaté que les philosophes (empiristes) avaient une fausse image de la science : l'idée que la science est essentiellement empirique et positiviste, que l'observation immédiate est le point de départ de la science. Malheureusement, dans l'enseignement scientifique, c'est cette image de la science qui était transmise aux élèves. De même, Popper a su montrer que l'image de la démarche scientifique comme procédant premièrement par induction était totalement erronée :

> « Quelques années plus tard seulement, je compris que […] le problème de l'induction résultait, pour l'essentiel d'une solution erronée apportée au problème de la démarcation : il s'agissait de la croyance positiviste erronée que ce qui élève la science au-dessus de la pseudo-science c'est la méthode scientifique – celle qui permet d'acquérir des connaissances que l'on peut justifier , solides, authentiques – et que cette méthode n'est autre que la méthode de l'induction ; croyance erronée à bien des égards [33]»

Dans ce passage, Popper critique clairement la conception positiviste et empiriste de la science, à savoir que nous acquérons nos connaissances par la démarche inductive. C'est pourquoi, dans toute son œuvre épistémologique, il s'acharnera à montrer que l'induction est un mythe, car « nous n'argumentons jamais des faits aux théories, si ce n'est par le truchement de la réfutation ou de la 'falsification ' [34]». Les faits ne servent pas à expliquer les théories, au contraire ce sont les théories qui expliquent les faits. C'est dire qu'on part toujours des théories pour comprendre le monde, les faits. On voit que Popper et Bachelard sont des épistémologues foncièrement critiques à l'égard des conceptions positiviste et empiriste de la science[35]. Nous

[32] Gaston Bachelard, *Etudes*, Paris, Vrin, 1970 p.12.
[33] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 2012, p.69-70.
[34] Karl POPPER, *Ibid*., p.116.
[35] Ils critiquent aussi toutes les autres conceptions erronées de la science comme le rationalisme classique, le réalisme naïf, etc. Nous aborderons de longue en large cette critique dans le chapitre 3.

pensons que le but de cette critique est de déterminer ce qu'est réellement la science, autrement dit c'est une critique qui vise à définir la nature véritable de la science par rapport à ce qu'elle n'est pas. C'est pourquoi leurs réflexions pédagogiques sont intimement liées à leurs réflexions épistémologiques, en ce sens que ces dernières éclairent les premières, et vice versa, comme nous le verrons tout au long de notre analyse.

Bachelard en tant qu'épistémologue vise fondamentalement une certaine déconstruction des idées fausses sur la science et les manières de réfléchir sur la science. Ces idées fausses sur la science renvoient d'une part à la conception rationaliste de la science, d'autre part à la conception empiriste de la science. Rationalisme et empirisme, sont les deux grandes philosophies productrices d'idées fausses sur la science. C'est ainsi que chez les savants se trouve aussi cette dualité entre le rationalisme et l'empirisme. Cela veut dire que pour Bachelard même les scientifiques conçoivent la science soit par le rationalisme, soit par l'empirisme. Ce qui traduit une conception fausse de la science. Cependant, le dépassement de cette dualité est la voie que Bachelard emprunte afin de bien saisir et de définir ce qu'est vraiment la science empirique. Quant à Popper, il critique des solutions erronées aux problèmes de la démarcation entre la science et la non-science et le problème de la démarche scientifique[36]. Il montre que la science ne procède pas par induction et que le critère de vérifiabilité n'est pas viable pour distinguer la science de ce qu'elle n'est pas. Cette critique vise à résoudre ces différents problèmes, c'est-à-dire décrire comment la science procède véritablement et rechercher un critère qui permette véritablement de distinguer la science de la non-science. Ce caractère polémique ou critique de la pensée poppérienne traduit un style d'épistémologie dynamique, caractérisée non par la recherche de la certitude et la construction d'un système épistémologique original, mais par la recherche de la vérité et des solutions adéquates concernant des problèmes de la croissance de la connaissance et ceux de la démarche scientifique[37]. C'est dans ce sens que Alain Boyer écrit : « l'épistémologie de Karl Popper est bien, en un sens, normative […]. Cette normativité n'est pas le fait d'une éthique de la science, mais plutôt d'une conscience aiguë de ce qu'implique le projet d'une épistémologie, en tant que théorie de la méthode des sciences empiriques […]. La tâche de l'épistémologue est d'établir les règles du jeu de la science, des conventions [38]». L'épistémologie ou le rationalisme critique poppérien est une méthodologie, c'est-à-dire une analyse critique des méthodes des sciences empiriques qui propose des critères de scientificité (décisions, convention), qui permettent d'établir ce que nous convenons d'appeler science. Cette épistémologie vise aussi à définir les règles de la démarche et du progrès

[36] Karl R. POPPER, *La logique de la découverte scientifique* (1934), Paris, Payot, 1973.
[37] Renée BOUVERESSE, *Karl Popper ou le rationalisme critique*, Paris, J.Vrin, seconde édition, 1998, p.18.
[38] Alain BOYER, *Introduction à la lecture de Karl Popper*, Paris, Presses de l'Ecole normale supérieure, 1994, p.9.

scientifique par lesquelles s'effectue le choix des théories scientifiques. Il s'agit en définitive d'établir une conception de la science empirique qui se veut conforme à la pratique effective du scientifique[39]. En résumé, notre volonté d'examiner les pensées de Bachelard et de Popper sur la question de la pédagogie de la science se justifie par le fait que leurs philosophies renferment à la fois une dimension pédagogique et une dimension épistémologique, contrairement à bon nombre d'autres épistémologues ou philosophes des sciences contemporains. Ce qui fait d'eux des épistémologues ou des philosophes des sciences de premier choix, lorsqu'il s'agit d'examiner la pédagogie des sciences ou l'enseignement des sciences empiriques. Car leurs réflexions épistémologiques sont d'un style critique et dynamique. L'épistémologie bachelardienne, considérée comme « une philosophie historique des sciences [40]», n'en demeure pas moins une épistémologie critique comme celle de Popper ; et dont les implications pour l'enseignement de la science sont importantes.

III–RAPPORTS ENTRE PEDAGOGIE ET EPISTEMOLOGIE : PROBLEMATISATION

Les réflexions pédagogiques de Gaston Bachelard et de Karl Popper sont étroitement liées à leurs réflexions épistémologiques ; leurs manières de concevoir l'enseignement de la science dépendent de leurs manières de concevoir la science elle-même. A cet égard, on peut se demander si le lien entre la conception de l'enseignement et la conception de la science chez les deux penseurs sont les mêmes. Autrement, dit leurs analyses épistémologiques et pédagogiques entretiennent-elles des rapports de convergences et des rapports d'influence mutuelles ?

III-1- Une même finalité : comprendre et expliquer la science

Chez Bachelard comme chez Popper, la pédagogie et l'épistémologie ont une même finalité, à savoir la compréhension et l'explication véritable de ce qu'est réellement la science, sa démarche et son progrès. C'est dire que les explications épistémologiques visent à clarifier la pensée scientifique pour la pédagogie, c'est-à-dire montrer le sens profond des concepts scientifiques, en établissant la relation (les liens logiques) qui les unit. Autrement dit, l'apport de l'épistémologie pour la pédagogie est d'identifier les principaux concepts scientifiques qui fonctionnent dans une discipline, en établissant les liens qui les unissent[41]. C'est dans cette perspective que Bachelard montre l'évolution de certains concepts scientifiques tels que la notion d'*énergie*[42] : le concept d'énergie s'est construit au fil de nombreuses rectifications. Ainsi,

[39] Jacques MONOD, « Préface », de *La logique de la découverte scientifique* (1934), Paris, Payot, 1973. p.1-6.
[40] Anastasios BRENNER, *Les origines françaises de la philosophie des sciences*, Paris, Puf, 2003, p.100.
[41] Jean-Pierre ASTOLFI et Michel DEVELAY, *La didactique des sciences* (1989), Paris, Puf, 2017, p.10.
[42] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique* (1934), Paris, Puf, 2003, p. 69.

expliquer ce concept aux élèves implique la prise en compte de ces nombreuses rectifications. Cela montre que, chez Gaston Bachelard, les réflexions pédagogiques et les réflexions épistémologiques qui portent sur la science ont une finalité commune, à savoir la compréhension véritable des savoirs scientifiques : la science est étroitement liée à son enseignement[43]. Il s'agit donc de rendre compte du sens profond des concepts, des notions, des principes, etc. Car toute réflexion pédagogique sert avant tout à rendre de manière explicite un certain savoir scientifique accessible à l'élève. Dans ce cas, clarifier une idée scientifique est alors le but principal de la pédagogie philosophique, comme c'est aussi le cas pour l'épistémologie critique. C'est dans ce contexte que Popper montre le développement de la *gravitation* de la théorie de Kepler à celle de Newton en passant par celle de Galilée[44]. Ainsi, pour bien comprendre et expliquer ce phénomène, il est nécessaire de suivre cette évolution de la connaissance du mouvement des corps (terrestres et célestes). Cela signifie que chez Popper, il y a aussi une sorte de visée commune entre la pédagogie et l'épistémologie, à savoir rendre compte de ce qu'est réellement la science, comment elle progresse vraiment, respectivement dans les domaines de l'enseignement des sciences et de la recherche scientifique.

L'analyse épistémologique fournit à la pédagogie un savoir scientifique structuré, à savoir la caractérisation des théories scientifiques, le champ conceptuel d'une discipline. Elle révèle les différents problèmes scientifiques et philosophiques qui sont liés à ces questions. Elle montre comment ces concepts et ces problèmes ont évolué, autrement dit, elle fait la genèse de ces problèmes et de ces concepts scientifiques. Elle montre aussi comment ces concepts ou notions scientifiques se sont construits au fil du temps et les différents obstacles qu'ils ont traversés. C'est dans ce contexte que s'inscrit la notion de vitesse. Pour parvenir à sa compréhension sous sa forme mathématique, la notion de chute des corps a dû surmonter l'obstacle de la connaissance générale chez Aristote. Si bien que Popper montre que le phénomène de la chute ne peut être véritablement compris que si on a su exposer au préalable le rôle de la vitesse dans la pensée aristotélicienne. C'est seulement sur un tel savoir scientifique, structuré et valide, que la réflexion pédagogique s'appuie. Autrement dit, la pédagogie de la science vise seulement à transmettre le savoir scientifique qui a reçu une évaluation épistémologique telle que nous venons de le voir. Sans cette réflexion épistémologique préalable, la réflexion pédagogique sur la science n'a véritablement pas de matière concrète à transmettre. C'est dans cette optique que Bachelard parle de l'évolution de l'électricité ou que Popper aborde la question de la chute des corps pour déterminer le sens des explications scientifiques.

[43] François DAGOGNET, « Sur une seconde rupture », *Bachelard et l'épistémologie française*, Paris, Puf, 2003, dir Jean-Jacques Wunenburger, p.15.
[44] Karl POPPER, *Le réalisme et la science* (1983), Paris, Hermann, 1990, p.159-163.

III-2- Corrélation entre l'épistémologie et la pédagogie

Au-delà de leur finalité commune, la pédagogie et l'épistémologie entretiennent aussi des rapports d'influence mutuelle. La pédagogie ne s'intéresse pas à un savoir non valide ni à un savoir qui a reçu une survalorisation. Le savoir scientifique que la pédagogie se charge de transmettre est un savoir questionné qui a fait l'objet d'une évaluation et d'une analyse épistémologique. C'est un tel savoir scientifique qui peut faire l'objet d'un enseignement ou d'un apprentissage de la science. De ce fait, l'apport de l'épistémologie est de fournir à la pédagogie des savoirs scientifiques digne d'être enseignés ou appris. C'est dire que l'influence de l'épistémologie sur la pédagogie réside dans le fait qu'aucune connaissance scientifique ne peut vraiment être enseignée sans avoir subi un questionnement épistémologique. A la question pédagogique suivante : que faut-il enseigner ? L'épistémologue répond que seul le savoir analysé rationnellement peut être enseigné. Car un tel savoir a été élucidé, clarifié, c'est-à-dire épuré des ombres qui l'encombraient, c'est même un savoir éprouvé par la critique épistémologique. Les analyses épistémologiques ont un impact sur les procédés pédagogiques, dans la mesure où elles fournissent des connaissances scientifiques valides, elles caractérisent les principes méthodologiques et psychologiques de la science qui définissent comment l'enseignement de la science peut être conforme à la science elle-même. L'épistémologie renseigne la pédagogie sur le genre de connaissance qu'il faut véritablement enseigner et comment le faire. C'est dans cette optique que Bachelard pense que la pédagogie de la science, qui consiste à « voir pour comprendre », n'est pas conforme à la pensée scientifique. Pour éviter cette étrange pédagogie, il est nécessaire que la pédagogie véritable de la science s'imprègne pleinement des analyses épistémologiques dynamiques. Ces analyses concernent « l'analyse des problèmes scientifiques, des théories et des procédures et, ce qui est plus important des discussions scienti- fiques [45]». Pour Popper, l'épistémologie, en tant qu'étude de la croissance de la connaissance rationnelle et particulièrement la connaissance scientifique, élucide les problèmes scientifiques et les essais de solutions qui sont liés à un concept scientifique bien défini. Or cette élucidation permet d'avoir une connaissance scientifique véritable qui peut vraiment être enseignée ou apprise. Ainsi les liens entre l'épistémologie et la pédagogie de la science chez Bachelard et Popper montrent que la science n'est pas assez enseignée de manière dynamique, c'est-à-dire conformément à sa véritable nature. Ce qui pose le problème de savoir comment mieux enseigner la science.

Comment peut-on enseigner ou apprendre les sciences empiriques selon l'épistémologie critique de Bachelard et de Popper ? En quoi l'association de leurs conceptions de la science peut-elle conduire à définir les mécanismes d'enseignement ou d'apprentissage dynamique de

[45] Karl Popper, *La logique de la découverte scientifique* (1934), Paris, Payot, 1973, p.18.

la science ? En quoi le bachelardisme et le poppérisme peuvent-ils constituer des fondements d'une meilleure manière d'enseigner les sciences ? Comment transmettre la véritable image de la science à l'apprenant ? Pourquoi et comment former l'esprit scientifique chez l'élève à partir de l'épistémologie critique de Bachelard et de Popper ?

C'est autour de ces questions que s'articule toute notre étude. Par science dynamique, selon Bachelard et Popper, on entend la science en train de se faire. La véritable représentation ou la meilleure conception de la science tient compte de la dualité ou du dépassement des conceptions épistémologiques traditionnelles de la science empirique (rationalisme et empirisme).

IV– MÉTHODOLOGIE ET STRUCTURE DE L'ANALYSE

Pour montrer en quoi l'association du rationalisme critique et de l'épistémologie historique peut conduire à mieux enseigner et apprendre la science empirique, nous procéderons par la méthode comparative herméneutique. Cette démarche consiste à procéder par comparaison des rapports sémantiques entre des pensées, des doctrines, des idées. Et par comparaison, on entend une « opération par laquelle on réunit deux ou plusieurs objets dans un même acte de pensée pour dégager les ressemblances ou les différences [46]». Dégager leurs ressemblances ou leurs différences vise à déterminer le sens de leurs rapports. Autrement dit, le fait de dégager les ressemblances ou les différences de plusieurs idées mises en relation a pour finalité d'établir un rapprochement sémantique entre ces idées[47]. Par exemple, l'idée poppérienne d'essai et d'erreur et l'idée bachelardienne d'obstacle épistémologique visent, mieux expriment le caractère dynamique de la science contemporaine. Ainsi, ce caractère dynamique constitue le rapprochement sémantique que l'on peut établir entre ces deux idées. C'est dire qu'on ne compare pas pour comparer, on compare toujours en vue d'une certaine finalité bien précise. Dans cette optique, insistons davantage sur les ressemblances plutôt que sur les différences ou les divergences entre la pensée bachelardienne et la pensée poppérienne. Cette méthode comparative nous permettra de démontrer que la conjonction de l'épistémologie historique et du rationalisme critique permet de mieux concevoir l'enseignement de la science. Elle nous permettra de dégager les concepts et les hypothèses communs à Popper et à Bachelard relatifs à la pédagogie des sciences empiriques, dans la perspective de rapprocher les deux auteurs, plus que de les opposer. C'est ainsi que la philosophie du non ou la pensée du contre est bien manifeste chez les deux auteurs. Bachelard, né en 1883, est de la même génération que celle des plus anciens membres du posi-

[46] André LALANDE, *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, (1926), Paris, Puf, 2010, 3e tirage de 2016, p.154.
[47] André LALANDE, *Ibid*., p.973-976.

tivisme logique, Hans Hahn (1879) et Schlick (1884). Quant à Popper, né en 1902, il est contemporain des plus jeunes membres du Cercle de Vienne tels que Hempel (1905), à qui toute son œuvre s'oppose farouchement.

Notre intention méthodologique consiste donc à opérer un rapprochement entre ces deux auteurs. C'est pourquoi, le terme de singularité ici est préférable à celui de différence. En effet, la différence suppose souvent le maintien d'une certaine distance, d'un écart donnant lieu à de continuels éloignements entre des pensées, alors que la singularité signifie ce qui est propre à une chose sans nécessairement s'opposer à d'autres choses singulières. De ce fait, notre approche méthodologique vise concrètement à montrer une certaine convergence entre des deux auteurs sur la question de l'enseignement et de l'apprentissage de la science, sans oublier les différences effectives entre les deux auteurs. La pensée bachelardienne émerge dans le contexte politique de la 3e République, marqué par une loi de séparation des églises et de l'Etat. Alors qu'en Autriche, c'est la monarchie de religion catholique qui gouverne jusqu'en 1920. Le contexte de l'enseignement est marqué par des réformes scolaires, en France il s'agit de la grande réforme moderne de 1902. Tandis qu'en Autriche la réforme de l'éducation intervient plus tardivement, dans un pays en pleine effervescence intellectuelle, où la logique acquiert une importance considérable[48]. Malgré cette différence de génération et de contextes politique et scolaire, Bachelard et Popper eurent quelques contacts, bien qu'ils soient indirects. En effet, Bachelard fit un compte rendu de *La logique de la découverte scientifique* dans la revue *Recherches philosophiques*[49]. Et Popper réagit favorablement à ce compte rendu. Pour atteindre notre objectif méthodologique, nous procéderons simultanément par l'examen descriptif des particularités des deux auteurs avant d'en dégager leurs ressemblances. Dans ce contexte, notre étude comparative est essentiellement théorique, car il s'agit d'examiner les pensées des auteurs contenues pour l'essentiel dans leurs principales œuvres publiées. A cet égard, pour déterminer les particularités et les convergences entre les deux auteurs, nous appliquerons une approche herméneutique textuelle. Elle consiste à commenter, expliquer, interpréter simultanément les textes de Popper et de Bachelard, afin d'identifier leurs points communs et d'en dégager le sens qui en découle. C'est à partir de là que nous verrons s'esquisser une sorte d'association entre certaines thèses, certains concepts et idées de ces deux œuvres épistémologiques portant sur la pédagogie de la science empirique, telles que les notions de réfutation et d'obstacle épistémologique.

Partant de cette approche comparative herméneutique, notre travail se structure en trois grandes articulations. La première s'intitule : critiques bachelardiennes et poppériennes des

[48] Dario ANTISERI, *La Vienne de Popper*, Paris, PUF, 2004, p.11-17.
[49]Gaston BACHELARD, et *al*, *Recherches philosophiques*, V, Paris, Boivin et C 1935-36, p.446.

fondements épistémologiques classiques de l'enseignement des sciences. Cette partie a pour fonction de montrer que chaque pédagogie de la science repose sur une épistémologie. Cependant, les épistémologies classiques ne fournissent pas de fondements solides pour un enseignement dynamique de la science. Dans cette partie, il sera question de voir les critiques convergentes que Bachelard et Popper adressent simultanément aux épistémologies traditionnelles (empiristes et rationalistes classiques) qui sous-tendent généralement l'enseignement et l'apprentissage de la science dans le secondaire[50]. Nous verrons que pour Bachelard comme pour Popper ces épistémologies sont insuffisantes pour décrire réellement la nature de la science. Et par conséquent, fonder l'enseignement des sciences sur de telles épistémologies classiques c'est fonder l'enseignement des sciences sur des conceptions erronées de l'activité scientifique. Ainsi, avant d'exposer concrètement les critiques communes de Bachelard et de Popper à l'encontre de ces épistémologies, nous verrons, dans un premier chapitre, des éléments de comparaison entre Bachelard et Popper. En effet, ce chapitre nous permettra de saisir le contexte d'émergence de la pensée bachelardienne et de la pensée poppérienne dans l'optique de définir le sens de l'enseignement de la science, ainsi que celui de la science empirique selon Bachelard et Popper. Ceci afin de préciser les usages ou les contextes dans lesquels nous emploierons les termes de science et d'enseignement. Ensuite, dans un deuxième chapitre, nous analyserons dans le détail les critiques que Bachelard et Popper adressent à l'empirisme classique et à la pédagogie qui en découle. Ce chapitre permettra de comprendre avec précision la nature de la conception de la science de l'empirisme traditionnel (classique) à laquelle Bachelard et Popper s'opposent. Enfin, dans un troisième chapitre, nous verrons concrètement comment Bachelard et Popper s'opposent clairement à la conception de la pédagogie de la science qui provient du rationalisme traditionnel. Pour les deux auteurs, ces épistémologies classiques, empirisme classique et rationalisme classique, ne permettent pas de développer de manière satisfaisante l'enseignement de la science empirique dans l'enseignement scientifique. C'est pourquoi, dans un chapitre quatre, nous verrons essentiellement comment Bachelard et Popper tentent de caractériser ce qu'on appelle la science empirique. Dans les chapitres cinq et six, il sera respectivement question de voir comment Bachelard et Popper définissent la démarche de la science et le progrès scientifique. Cette partie s'achèvera avec un chapitre de synthèse qui a pour fonction de dégager des éléments de similitude des conceptions bachelardienne et poppérienne au sujet de la science empirique.

Enfin, le dernier moment de notre travail porte sur les processus efficaces d'apprentissage de la science par l'épistémologie historique et le rationalisme critique. Dans cette partie,

[50] Guy ROBARDET et Jean-Claude GUILLAUD, *Eléments de didactiques des sciences physiques*, Paris, Puf, 1997, p.19-25.

il sera question de voir comment l'enseignement de la science peut se faire par l'épistémologie de Popper et l'épistémologie de Bachelard. C'est dans cette partie que nous verrons concrètement comment Popper et Bachelard définissent la meilleure manière d'apprendre et d'enseigner les sciences. Il aurait été impossible de passer directement à cette partie sans saisir le contexte épistémologique dans lequel baignent nos deux auteurs. C'est dans cette partie, à travers trois chapitres, que nous montrerons comment l'association du rationalisme critique et de l'épistémologie historique permet de mieux enseigner les sciences dans le secondaire. Ainsi, nous verrons que ces deux épistémologies critiques, mises sous le même rapport, permettent de contribuer à définir des processus qui permettent de dépasser les conceptions épistémologiques traditionnelles. Cette partie viendra répondre à la problématique suivante : comment l'épistémologie bachelardienne et l'épistémologie poppérienne permettent de mieux enseigner la science ? Il s'agira d'examiner, dans un chapitre huit, les méthodes qui découlent des conceptions de la démarche scientifique de Bachelard et de Popper. Enfin, dans un chapitre neuf, nous verrons les différentes étapes didactiques de l'apprentissage et de la construction d'une notion scientifique à enseigner. Le dernier chapitre, quant à lui, a pour objectif de montrer que chez Bachelard et chez Popper, la meilleure façon d'enseigner la science ne concerne pas seulement les méthodes et les contenus, elle concerne aussi les processus de dépassement des échecs, des difficultés que l'apprenant peut rencontrer dans l'apprentissage d'une notion ou d'un concept scientifique. Il s'agira donc de voir comment Bachelard et Popper envisagent ce dépassement, par un rapprochement dynamique de la psychologie et de la pédagogie. On examinera, par exemple, la question de la mémoire et celle de la conception de l'esprit dans les apprentissages de la science empirique.

PREMIÈRE PARTIE

CRITIQUES BACHELARDIENNES ET POPPRIENNES DES FONDEMENTS EPISTEMOLOGIQUES CLASSIQUES DE L'ENSEIGNEMENT DE LA SCIENCE

Introduction de la partie

Certes les réflexions pédagogiques de Bachelard et de Popper se fondent sur leurs épistémologies respectives mais elles ont aussi été élaborées contre les théories pédagogiques qui étaient en vigueur. Ces dernières se fondaient sur les épistémologies classiques. Autrement dit, à l'époque où Bachelard et Popper élaborent leurs réflexions pédagogiques, l'enseignement des sciences empiriques reposait principalement sur deux grandes doctrines épistémologiques à savoir le rationalisme classique et l'empirisme classique. Ces deux philosophies s'opposaient, c'est-à-dire que la science était enseignée soit dans une perspective rationaliste soit dans une perspective empiriste. Pour Bachelard et Popper ni le rationalisme classique ni l'empirisme classique ne peut exclusivement définir comment faire apprendre de façon dynamique les savoirs scientifiques aux élèves. Cela veut dire que nos deux auteurs critiquent à la fois le rationalisme classique et l'empirisme classique, car ces deux épistémologies sont insuffisantes pour décrire comment mieux enseigner la science empirique. Autrement dit, Bachelard et Popper défendent un apprentissage dynamique et interactif qui visent à rendre l'élève actif ; à stimuler en lui l'esprit critique, à transmettre une vraie représentation (image, idée) de la science. A cet égard, l'objectif de cette première partie est d'exposer les principales critiques que Bachelard et Popper adressent à l'empirisme classique et au rationalisme traditionnel. Il s'agit de voir que ces critiques mettent en lumière les insuffisances de ces philosophies traditionnelles quant à fonder l'enseignement des sciences. Autrement dit, il s'agit de voir que le rationalisme classique et l'empirisme classique pris de manière singulière ne sont pas des bons fondements pour l'enseignement de la science. Mais, dans quelle mesure ? Pour répondre à cette question, nous commencerons d'abord par un premier chapitre qui exposera des éléments de comparaison entre Bachelard et Popper, avant de voir dans un second chapitre l'importance des critiques qu'ils adressent à l'empirisme classique et à la pédagogie empiriste, puis dans un troisième, la critique qu'ils adressent au rationalisme classique et à la pédagogie rationaliste.

CHAPITRE I : ELEMENTS DE COMPARAISON ENTRE BACHELARD ET POPPER

Introduction

L'étude des rapports entre Bachelard et Popper n'est pas sans difficultés. On a affaire respectivement à deux traditions épistémologiques différentes : la philosophie scientifique française et la philosophie scientifique viennoise anglo-saxonne. Dans la tradition française l'étude philosophique de la science (épistémologie, histoire et philosophie des sciences) s'oriente plus dans une perspective historique. Avec Bachelard, elle prend même une dimension psychanalytique voire psychologique, notamment avec ses œuvres *La formation de l'esprit scientifique* et *La psychanalyse du feu*, pour ne citer que ceux-là. Dans la tradition anglo-saxonne, la tendance générale est d'ordre logique, méthodologique. Ce n'est donc pas anodin si le premier texte ma- jeur de Popper porte le titre de *La logique de la découverte scientifique*. On peut aisément re- marquer que ces deux manières ou styles philosophiques d'étude de la science sont foncière- ment différents : « A l'approche logique, [Bachelard] préfère l'approche historique. Ajoutons à cela la réticence, tenace en France, à l'égard de la logique et la préférence accordée au rationa- lisme. Nous avons là des facteurs qui vont provoquer une scission de l'épistémologie en deux traditions étrangères l'une à l'autre [511]». Cette réticence était certainement due au fait que le sujet connaissant est quasi exclu du processus d'élaboration de la connaissance scientifique et le contexte de découverte n'est pas vraiment pris en compte dans l'approche logique. Bachelard était bien renseigné sur ce qui se faisait à Vienne, mais il ne partageait pas l'approche de l'em- pirisme logique[252]. Comment alors rapprocher ces deux traditions épistémologiques, représen- tées ici par Bachelard et Popper ?

Depuis le début du XXIe siècle, à notre connaissance, on note une production croissante des travaux faisant un rapprochement entre Bachelard et Popper (du moins dans le monde francophone). Certaines études méritent d'être mentionnées ici : Jean Leroux, avec son article déjà cité « Bachelard et le cercle de Vienne » publié en 2002, dans lequel il montre que, selon Bachelard, Popper était proche de la philosophie du positivisme logique. En 2003, dans *Les origine française de la philosophie des sciences* d'Anastasios Brenner, on peut y voir aussi un certain rapprochement bien que lointain ou indirect entre Bachelard et Popper à travers les discussions sur le conventionnalisme mettant en relation la philosophie des sciences française et la philosophie des sciences anglo-saxonne. Citons aussi Jean-Claude Beaune avec son « Bachelard et Popper, deux en- nemis intimes : obstacles épistémologiques et falsifiabilité »

[51] Anastasios BRENNER, *Les origines françaises de la philosophie des sciences*, Paris, Puf, 2003, p.2

[52] Jean LEROUX. « Bachelard et le cercle de Vienne ». In: *Cahiers Gaston Bachelard*, n°5, 2002. Bachelard et les arts. pp. 107- 127; doi : https://doi.org/10.3406/cgbac.2002.975; https://www.persee.fr/doc/cgbac_1292-2765_2002_num_5_1_975; p.109. Consultation actualisée le 23/09/202.

(2006). On peut enfin citer la thèse de doctorat en 2009 de Fanny Mboui Nguema, *Bachelard et Popper : modèles du changement scientifique et conceptions du progrès,* dans laquelle elle montre que les deux auteurs conver- gent vers une conception discontinue de l'évolution des sciences. Dans tous ces travaux, les liens entre les deux auteurs se font généralement sur le plan épistémologique. Cela paraît même comme une règle instituée. Pourtant leurs œuvres respectives renferment une dimension péda- gogique qu'il nous appartient ici d'examiner via leurs conceptions épistémologiques. Alain Fi- rode consacre un article aux deux auteurs, « Epistémologie et pédagogie chez Gaston Bachelard et Karl Popper », publié en juin 2017, pratiquement à la fin de ma première année de thèse. Il traite épistémologie et pédagogie de manière séparée chez les deux auteurs, il semble y avoir une coupure entre la pédagogie et l'épistémologie. Or notre travail consiste à montrer justement qu'il n'y a pas de coupure entre la pédagogie et l'épistémologie chez Bachelard et Popper. L'épistémologie conduit à la pédagogie et la pédagogie conduit à l'épistémologie.

Il s'agit pour nous d'étudier la relation entre Bachelard et Popper sous le prisme de la pédagogie en lien avec leurs épistémologies autour d'une question centrale : comment mieux enseigner les sciences ? Leurs conceptions de l'enseignement de la science convergent-elles ? Ont-ils une définition convergente de la science ? Nous verrons que les différences et les simi- litudes concernant la pédagogie de Bachelard et Popper conduisent à interroger leurs définitions même de la science puisque la réponse à la question pédagogique dépend de la conception qu'on se fait de la science : établir in fine une réciprocité entre la pédagogie et l'épistémologie.

I – NATURE ET FORME DE L'ENSEIGNEMENT DE LA SCIENCE

I – 1- Le sens de l'enseignement des sciences

Il est communément admis qu'enseigner c'est dispenser des leçons ou des cours, c'est transmettre des connaissances à un élève, Bien sûr, cela implique tout un effort d'explication, afin que l'enseigné saisisse ce qu'on lui transmet. Trop souvent dans l'acte d'enseigner seule la transmission est le plus souvent mise en avant. Autrement dit, quand on pense à l'enseignement, on se limite souvent à la simple transmission des connaissances qui va de l'enseignant vers l'enseigné. Cependant, pour Bachelard comme pour Popper, l'enseignement ne se limite pas à cette simple relation de communication. Enseigner c'est bien plus profond que simplement dispenser un cours même si on l'explique bien. Alors, comment Bachelard et Popper conçoivent-ils l'enseignement de la science ? À quel moment peut-on dire qu'il y a vraiment enseignement ?

I-1-1- La conception poppérienne

Popper fut un enseignant de science dans le secondaire. Il enseignait la physique et les mathématiques[53]. Cependant, il n'était pas qu'un simple enseignant, c'était aussi un théoricien de l'enseignement, particulièrement l'enseignement des sciences. Déjà lorsqu'il était élève dans le secondaire, il avait eu l'idée de réfléchir sur l'enseignement dans l'optique de l'améliorer. C'est-à-dire de contribuer à rendre l'enseignement secondaire meilleur, en définissant de nouvelles méthodes d'apprentissage, dans la mesure où il avait constaté très tôt (à 14 ans-16 ans) que l'enseignement dans le secondaire était ennuyeux : c'était un enseignement qui rendait l'apprenant passif et transmettait un savoir dogmatique que l'élève devait simplement mémoriser par la répétition. Autrement dit, Popper avait eu l'idée de réfléchir sur l'enseignement lorsqu'il était encore élève dans le secondaire. Il trouvait que l'enseignement qu'il recevait était répétitif, car cet enseignement ne privilégiait pas un apprentissage dynamique. C'est dans ce sens qu'il affirme dans *Apprentissage et découverte* :

> « Jamais auparavant, ni jamais plus tard, le temps ne m'avait paru long ; l'ennui mortel qui m'avait étreint au collège a constitué l'une des expériences les plus douloureuses de ma jeunesse […]. À partir de la classe de 3e, je me suis mis en tête de trouver une manière dont il serait possible d'améliorer l'école. En 1918, alors que j'étais en 1re, j'ai quitté l'établissement pour devenir externe et j'ai commencé à suivre des cours à l'université en auditeur libre (j'y assistais surtout aux leçons de mathématiques) […]. Après l'équivalent du baccalauréat, je suis entré à l'école de formation des enseignants (qui se trouvait rue Hegel), où j'allais passer mon certificat d'aptitude à l'enseignement primaire […]. On était alors com-

[53] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte, Ecrits de jeunesse,* Paris, Rue d'Ulm, Edition de Gilles Campagnolo, 2019, p.110.

> plètement réactionnaire, rue Hegel, et on s'y carrait dans une position hostile à toute réforme scolaire. La psychologie y était encore fortement influencée par la pensée de Herbart[54]»

À travers ces propos, tirés de de ses écrits de jeunesse, Popper affirme que l'enseignement secondaire et la formation d'enseignant qu'il avait reçus respectivement en tant qu'élève (au collège et au lycée en 1916-1918) et élève enseignant (à l'école de formation des maîtres de Vienne dominée par la psychologie de Herbart en 1918[55]) étaient ennuyeux et dogmatiques, car l'apprentissage par cœur était privilégié. C'est pourquoi il avait eu le sentiment que l'école devrait être réformée, c'est-à-dire améliorée par de nouvelles manières d'apprendre qui ne seraient pas dogmatiques et ennuyeuses. Et pourtant c'est en 1970 qu'il les écrit pour la première fois, afin d'évoquer ses premières réflexions sur la pédagogie (sur la réforme scolaire), lesquelles vont être décisives pour la suite de son itinéraire intellectuel. A travers l'évocation de ce souvenir, Popper exprime pour ainsi dire ses premières idées à caractère pédagogique. Mais c'est quelques années plus tard que ses réflexions sur l'amélioration de l'école vont prendre forme par la publication de ses premiers écrits de jeunesse (1925-1927), lesquels portent essentiellement sur la psychologie de la découverte et la pédagogie. En 1918, c'est la fin de la Première Guerre mondiale qui se conclut par la défaite de l'Allemagne et de l'Empire austro-hongrois (sous l'empereur catholique Charles 1er). Ce qui a conduit à la dislocation de l'Empire austro-hongrois et à la naissance de la république en Autriche. Cependant, l'école autrichienne demeurait encore largement dominée par l'enseignement traditionnel (*Drillschule* et *Lernschule*) influencé par le conservatisme catholique. Par conséquent, quand Popper parle ici de réactionnaire, il fait référence à ceux qui sont nostalgiques de l'ancien régime (l'Empire austro-hongrois) et qui sont donc contre la réforme de l'école, notamment dans l'enseignement secondaire, initiée bien avant 1918 (en France la réforme scolaire avait eu lieu seize ans plutôt, en 1902, elle consacrait une manière positiviste d'enseigner la science[56]. Alors que la réforme autrichienne s'inscrivait plutôt dans un rejet de tout positivisme). Cela révèle un contexte pédagogique hostile à la réforme scolaire dans lequel les premières réflexions de Popper portant sur l'enseignement vont naître. Aussi, cela traduit une certaine conception poppérienne de l'enseignement par opposition à l'enseignement traditionnel.

---

[54] Karl POPPER, *Op. cit.*, p.13-14.

[55] Johann Friedrich Herbart (1776-1841) est philosophe et psychologue allemand du XIXe siècle. Le fait que dans l'école des maîtres sa psychologie fut influente était le signe selon Popper d'un réactionnisme, c'est-à-dire d'une position contre la réforme. Voir la note 10 de Gilles Campagnolo, dans Karl POPPER, *Ibid*., p.219. Voir la note 9 de Gilles Campagnolo, *Ibid*., p.218.

[56] Annie PETIT, « Contributions positivistes à l'enseignement des sciences », in *Science et enseignement, l'exemple de la grande réforme des programmes du lycée au début du XXe siècle*, dir Hélène Gispert, Nicole Hulin, Marie-Pierre Robic, Paris, Vuibert, 2007, p.98.

On se réfère aussi à Bruno Belhoste, Hélène Gispert et Nicole Hulin (dir.), *Les sciences au lycée, un siècle de réformes des mathématiques et de la physique en France et à l'étranger*, Paris, Vuibert, 1996, p.11.

En effet, pour Popper améliorer l'enseignement ou l'école signifiait déterminer ce qu'est l'enseignement véritable et particulièrement l'enseignement des sciences. Ainsi, on peut dire que l'enseignement chez Popper consiste non seulement à transmettre des connaissances solides (attestées), mais surtout à guider l'élève (par la critique) vers la connaissance objective des choses. C'est dans cette conduite que l'enseignement trouve tout son sens et sa valeur effective : un effort intellectuel pour guider l'élève vers l'acquisition de la connaissance objective en développant son attitude critique. Guider l'élève, c'est faire en sorte qu'il découvre un savoir nouveau. Cela exige de sa part une participation active, il doit mettre du sien. Dans ce cas, enseigner au sens poppérien c'est rendre l'élève autonome dans le processus de l'acquisition de la connaissance. C'est faire en sorte qu'il soit actif[57], qu'il puisse faire certaines tâches par lui-même, bien sûr sous la direction de l'enseignant, afin de parvenir à la connaissance objective des choses qu'on souhaite lui transmettre.

De plus, enseigner au sens poppérien, c'est rendre l'élève curieux et dynamique vis-à-vis de la connaissance. C'est susciter en lui le désir de connaître davantage. Il ne s'agit pas de transmettre à l'élève un savoir mécanique qu'il doit recevoir simplement sans effort ; ou du moins le seul effort qui lui est demandé, c'est la mémorisation dogmatique sans questionner ce qui lui est transmis. Il s'agit en revanche de faire en sorte que l'apprenant cherche de plus en plus à apprendre de nouvelles choses sur ce qui lui est transmis. Il y a ainsi enseignement lorsque l'apprenant se trouve pris dans ce dynamisme : cette soif de connaître encore et encore. Cela veut dire que, chez Popper, un enseignement qui n'éveille pas ainsi l'apprenant n'est pas un enseignement véritable. En clair, enseigner c'est stimuler chez l'élève la curiosité permanente de connaître, d'apprendre en le rendant autonome. Cependant, cette autonomie de l'apprenant ne signifie pas un effacement de l'enseignant. Celui-ci joue au contraire un rôle fondamental, consistant à guider l'élève comme nous venons de le voir. Par exemple, l'élève ne peut accéder à la connaissance objective en faisant par lui-même les expériences de Lavoisier. Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) est un célèbre chimiste français du XVIIIe siècle considérée comme le père de la chimie moderne à partir de nombreuses expériences qu'il a réalisées, notamment sur la combustion du soufre et du phosphore à l'aide d'appareils (la balance, la caisse pneumatique, le gazomètre)[58]. Pour réaliser ces expériences, l'élève a nécessairement besoin d'être guidé par l'enseignant, du moins au début. C'est ainsi que, dans son article « Popper à Vienne, L'éducatrice et son témoin », Campagnolo écrit :

> « Popper vise à rendre l'élève actif : l'*Arbeitsschule* s'impose. L'ambition de celle-ci n'est ni trop haute, ni illusoire, si elle a cette visée et sait comprendre ses fondements théoriques de manière exacte. Il ne faut donc pas croire que l'on rendra, même en suivant au mieux la

[57] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte, Ecrits de jeunesse*, Paris, Rue d'Ulm, Edition de 2019, p.56.
[58] Michel Serres (dir), *Eléments d'histoire des sciences* (1989), Paris, Bordas, 2003, p.546, 548-549.

> pédagogie de la réforme, les élèves aptes à tout (re)produire d'eux-mêmes sans leur apporter de l'extérieur savoir […]. L'écolier doit être guidé, la confiance doit être raisonnée. En soutenant cette relation, puis en la parcourant en sens inverse, Popper obtient que la voie sur laquelle guider l'écolier constitue aussi la voie de la découverte des connaissances [59]».

L'*Arbeitschule* renvoie à la fois au projet de réforme et à l'option pédagogique qui en découle, visant tout comme Popper, à rendre l'élève actif, autonome dans l'apprentissage par le travail individuel. Cela peut sous-entendre que l'élève doit apprendre tout par lui-même. Cependant la réflexion poppérienne précise que cela n'est pas possible, notamment dans son premier article, publié en 1925, « Sur le positionnement de l'enseignant vis-à-vis de l'école et de l'écolier [60]». Autrement dit, même dans le cadre de la pédagogie réformée, l'élève ne peut pas tout apprendre par lui-même ; il ne peut apprendre ou reproduire par lui-même les expériences de Lavoisier avec exactitude. Car il y a des subtilités que l'élève ne pourra pas surmonter tout seul. Dans ce cas l'intervention de l'enseignant est essentielle. Elle permettra à l'élève de surmonter certaines difficultés qu'il pourrait rencontrer.

Dès lors, pour Popper, l'enseignement de la science n'est pas simplement une transmission des savoirs scientifiques à l'élève. C'est avant tout un effort pour stimuler la curiosité de connaître, c'est-à-dire l'envie d'apprendre davantage des mystères de l'univers dont les théories et les concepts scientifiques rendent compte. Ainsi, enseigner la science, c'est éveiller le désir de l'élève de connaître les théories scientifiques par une participation personnelle active. C'est susciter chez l'élève la réflexion critique afin de parvenir avec l'aide de l'enseignant à la connaissance scientifique vraie [61] . Cela signifie qu'il y a vraiment enseignement scientifique lorsqu'il y a activation de la pensée critique chez l'élève par la transmission de la connaissance scientifique. Autrement dit, les théories scientifiques ou les vérités scientifiques que l'élève reçoit doivent être de nature à susciter chez ce dernier l'envie de connaître davantage, de chercher davantage de nouvelles connaissances. C'est dire que l'élève ne reçoit plus ce qu'on lui enseigne comme des acquis scientifiques définitifs, mais comme des moyens de connaître davantage. On peut donc dire que pour Popper, un enseignement scientifique véritable n'est jamais dogmatique parce que la science elle-même n'est pas dogmatique. C'est un enseignement qui rend l'élève autonome par le travail individuel sous la conduite de l'enseignant. Il reste à savoir ce qu'il en est de la conception bachelardienne de l'enseignement ?

[59] Gilles CAMPAGNOLO, « Popper à Vienne, L'éducatrice et son témoin » in Karl POPPER, *Apprentissage et découverte, Ecrits de jeunesse,* Paris, Rue d'Ulm, Edition de 2019, p.276.
[60] Karl POPPER, *Op. cit.,* p.13.
[61] Karl POPPER, *Ibid.,* p.217.

I-1-2- La conception bachelardienne de l'enseignement (des sciences)

Comme chez Karl Popper, l'enseignement au sens bachelardien ne se résume pas à la transmission des connaissances à l'élève par l'enseignant. Autrement dit, enseigner ce n'est pas simplement assener des vérités à l'élève. Il ne suffit pas de donner des leçons ou de dispenser un cours pour prétendre qu'on fait de l'enseignement. C'est quelque chose de plus complexe que le simple fait de transmettre une connaissance. Ainsi, Bachelard conçoit l'enseignement comme une relation dialectique entre l'enseignant et l'élève autour du savoir. Pour lui, la dialectique n'est pas une opération oscillatoire entre deux extrêmes statiques, comme c'est le cas dans la dialectique ancienne (notamment Platon et Hegel). La dialectique bachelardienne renvoie plutôt à un mouvement où les deux extrêmes changent alternativement leurs positions. Il s'agit d'une activité consistant à osciller entre deux pôles qui s'enrichissent réciproquement. C'est une dialectique dynamique. C'est ainsi que Bachelard va concevoir l'enseignement avant tout comme une activité d'apprentissage où l'enseignant et l'élève sont dans une interaction constante. Cette relation consiste à faire en sorte que l'élève acquiert la connaissance objective. Or le fait de faire acquérir les connaissances à l'élève se distingue d'une simple transmission des connaissances, car la transmission des connaissances se fait le plus souvent dans une seule direction, de l'enseignant vers l'élève (dans la transmission l'élève est simplement perçu comme un récepteur ou un vase à remplir). Ce dernier n'est jamais perçu comme pouvant aussi transmettre des connaissances à l'enseignant, comme c'est le cas dans l'enseignement dialectique. Ainsi, faire acquérir des connaissances suppose une mobilisation effective de l'enseignant et de l'élève de telle sorte que l'élève participe activement dans l'acquisition de ce qui lui est transmis. Dans le *Rationalisme appliqué* Bachelard écrit :

> « L'homme adonné à la culture scientifique est un éternel écolier. *L'école* est le modèle le plus élevé de la vie sociale. Rester un écolier doit être le vœu secret d'un maître […]. La dialectique du maître et du disciple s'inverse souvent. Dans un laboratoire, un jeune chercheur peut prendre une connaissance si poussée d'une technique ou d'une thèse qu'il est sur ce point le maître de son maître. Il y a là les éléments d'une pédagogie dialoguée dont on ne soupçonne ni la puissance ni la nouveauté si l'on ne prend pas part active à la cité scientifique[62]».

Cette affirmation bachelardienne (publiée pour la première fois en 1949 dans son œuvre de maturité) s'inscrit dans le prolongement de sa réflexion pédagogique, amorcée dans ses textes de jeunesse tel que l'*Essai sur la connaissance approché* (1927). On peut préciser que la « dialectique du maître et du disciple » est une expression que Bachelard emprunte à Hegel dans sa *Phénoménologie de l'esprit*. Cependant il change le terme d'esclave par celui de disciple pour éviter sans doute le caractère conflictuel de l'expression hégélienne, mais aussi pour se situer dans le contexte de la connaissance et de l'apprentissage. Tout comme Hegel, Bachelard affirme

[62] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué* (1949), Paris, Puf, 1970, p.23.

ici que la relation entre le maître et le disciple se retourne souvent, c'est-à-dire que le disciple devient l'enseignant et le maître l'enseigné. Il s'agit ici d'une « pédagogie dialoguée » qui stipule que le maître doit toujours se mettre en situation d'écolier vis-à-vis de son disciple. Le disciple peut apprendre des choses au maître tout comme dans la recherche scientifique. Dans *Le rationalisme appliqué,* Bachelard rejette clairement la raison absolue ou le rationalisme fermé, au profit d'un rationalisme dialectique appliqué à la matière. Du point de vue pédagogique, cela sous-entend que dans le rationalisme absolu (traditionnel) le maître occupe une place transcendantale inflexible : il ne peut être enseigné par son disciple. Alors que dans le rationalisme appliqué le maître peut apprendre par son disciple, car l'« école », entendue comme activité d'apprentissage rigoureuse, se fait de manière permanente. Un maître, malgré l'« instinct conservatif » pour reprendre cette expression bachelardienne, ne doit pas cesser d'apprendre, ou de s'instruire. Il doit être animé par l'esprit d'écolier, par l'envie de toujours apprendre de nouvelles choses même par son élève ou son disciple.

Ainsi, Bachelard veut dire que l'enseignement est essentiellement une activité dialectique, une activité de formation et de transformation de l'esprit de l'élève ou de l'apprenant par la transmission du savoir. Former l'esprit consiste à développer chez l'élève certaines attitudes, certaines compétences intellectuelles et pratiques. C'est faire en sorte que l'élève acquiert certaines aptitudes. Par exemple, développer la capacité de l'élève à critiquer, à bien raisonner. Par contre, transformer l'élève c'est lui faire passer d'un état de culture *n* à un état de culture *n+1*, c'est lui faire changer de culture ou de connaissance, de passer d'un état de connaissance vulgaire à un état de connaissance objective et rationnelle. L'enseignement ne consiste pas à amener l'élève à acquérir simplement une culture expérimentale, mais à changer de culture expérimentale. Il s'agit de libérer l'esprit de l'élève des fausses idées ou connaissances acquises dans l'expérience sensible. C'est ainsi que sur la poussée d'Archimède, l'élève a déjà acquis quelques connaissances dans la vie quotidienne, il sait que lorsqu'on enfonce un corps flottant dans l'eau, il résiste. Ainsi, il attribue la résistance à l'eau, dit Bachelard. Ce qui empêche de lui faire comprendre dans toute sa simplicité mathématique que l'eau et le corps flottant obéissent à la même loi[63]. Cela montre que l'enseignement consiste à déconstruire les fausses idées et à construire un savoir nouveau avec la participation active de l'élève lui-même. Enseigner, c'est conduire l'élève vers la connaissance objective des choses (l'élève fait certaines tâches par lui-même ; l'enseignant le guide, l'aide simplement, fixe les tâches et intervient quand l'élève rencontre des obstacles).

[63] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique* (1938), Paris, Vrin, 1999, p.18.

De ce fait, enseigner au sens bachelardien, c'est donner à l'élève la possibilité de progresser intellectuellement, de faire évoluer sa pensée de manière critique par une sorte de psychanalyse de la connaissance objective consistant à déceler les premières perceptions de l'élève sur une notion à enseigner[64]. Ces perceptions relèvent du réalisme naïf qui se fonde sur l'expérience première. Cela veut dire qu'il y a véritablement enseignement quand s'établit une relation dynamique et fructueuse entre le professeur, l'élève et le savoir : l'élève saisi le sens de ce qui lui est transmis. Ce qui conduit, de ce fait, à la construction d'un savoir nouveau de telle sorte que l'élève soit capable de faire certaines choses par exemple critiquer. De son côté l'enseignant parvient à rectifier son savoir et à apprendre quelque chose de nouveau dans ce rapport à l'élève et au savoir. Il y a donc enseignement quand une rectification effective s'effectue à la fois chez l'enseignant et chez l'élève, quand l'éveille critique de l'élève est effective. C'est-à-dire quand l'élève parvient à critiquer le savoir qui lui est transmis, quand il pose des questions qui poussent à approfondir davantage le contenu enseigné. Dans ce cas le but de l'enseignement n'est pas tant de transmettre le savoir mais de former et transformer l'esprit de l'élève, de développer en lui certaines attitudes et aptitudes, etc. De ce fait, l'enseignant joue le rôle d'un guide, d'un formateur et surtout d'un transformateur qui pousse l'élève vers la connaissance objective et la correction de sa propre pensée[65].

L'enseignement des sciences, au sens bachelardien, peut tout d'abord être perçu comme une activité éducative consistant à former l'esprit scientifique chez l'élève et à lui faire changer de culture expérimentale. Autrement dit enseigner la science c'est avant tout faire en sorte que l'élève acquiert l'esprit scientifique, c'est-à-dire qu'il apprenne à penser conformément à l'activité scientifique effective. Il s'agit, en clair, de développer l'esprit critique chez l'élève, de faire en sorte qu'il soit capable d'autocritique et de remise en cause du savoir qui lui est transmis : déceler les limites ou des insuffisances de ce qu'on lui enseigne, d'avoir des attitudes scientifiques. Cela signifie donc apprendre à l'élève l'esprit scientifique comme on peut apprendre par exemple l'esprit littéraire, philosophique, etc. On pourrait dire qu'enseigner la science c'est amener l'élève à calculer, démontrer, observer, expérimenter mais aussi à penser, réfléchir, critiquer et construire des hypothèses. Ensuite, l'enseignement de la science vise à faire changer de culture expérimentale à l'élève. C'est-à-dire lui faire passer d'une connaissance commune ou vulgaire sur la science à une connaissance objective et véritable sur la science. Ainsi, enseigner la science, c'est opérer une démarcation claire dans l'esprit de l'élève entre cette connaissance vulgaire acquise souvent dans la vie quotidienne ou parfois même dans la

[64] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p. 39.
[65] Gaston BACHELARD, *Op. cit.*, p.209.

pratique de l'éducation, car un élève de troisième peut croire que la science se caractérise essentiellement par les opérations de calcul et de démonstration. Cette représentation de la science, l'élève l'a apprise dans ses cours antérieurs de science, ce qui constitue un véritable obstacle à l'acquisition de la culture scientifique véritable. C'est pourquoi, enseigner la science, au sens bachelardien, c'est donner aux élèves la possibilité de changer de culture expérimentale tel que nous l'avons vu dans l'exemple du principe d'Archimède[66]. Enfin, l'enseignement de la science consiste à faire en sorte que les notions ou les concepts scientifiques soient véritablement compris. De ce fait, comprendre la science, les savoirs scientifiques est le but visé par un enseignement véritable de la science. Il ne s'agit pas simplement de transmettre un certain savoir scientifique ou de donner des cours de science, encore faudrait-il que ce savoir ou ces cours soient compris par les élèves. En clair, la finalité fondamentale de l'enseignement de la science est donc de rendre la science compréhensible, accessible intellectuellement à l'élève de telle sorte qu'il en acquiert une bonne représentation.

En résumé, pour Bachelard et Popper, l'enseignement des sciences peut être perçu comme une activité de formation et de transformation de l'esprit par l'apprentissage des savoirs scientifiques dans le contexte scolaire. Cette activité consiste essentiellement à transmettre une culture scientifique dynamique, former l'esprit scientifique et d'initier à la véritable démarche scientifique. Telle est la perspective que vise l'enseignement de la science chez ces deux auteurs. Cela débouche en définitive sur une caractérisation épistémologique du professeur de science. Ce dernier est souvent perçu comme se distinguant par l'emploi de la méthode expérimentale, le calcul, la démonstration et l'observation. Or, pour l'épistémologie critique, la méthode expérimentale et l'observation sont loin d'être des éléments suffisants pour décrire fidèlement la tâche du professeur.

I - 2 – Le statut épistémologique du professeur de science

En s'appuyant sur l'épistémologie critique, il ressort que le bon enseignant est celui qui promeut un enseignement dynamique des sciences. Un tel professeur se distingue par quelques caractéristiques, à savoir les critères de compréhension, de critique (ou d'autocritique) d'autonomie, etc. Le critère de compréhension stipule que l'enseignement d'une notion ou d'une idée scientifique a pour finalité la saisie par l'élève ou l'apprenant de cette idée enseignée. Car on peut enseigner sans que la chose enseignée soit comprise par l'élève, sans que l'élève parvienne à saisir le sens de ce qui lui est enseigné. Ce n'est pas parce qu'on transmet un savoir ou qu'on déclame un discours, même de manière dialectique que la compréhension est garantie chez

[66] Gaston BACHELARD, *Op. cit*, p.18.

l'interlocuteur (l'élève). L'explication non plus ne garantit pas que l'idée expliquée ait été comprise, dans la mesure où l'élève peut ne pas saisir ce qui est en jeu dans l'explication, c'est-à-dire la direction ou le but de ce qui lui est enseigné. En effet toute explication a un objectif, une finalité à atteindre, or l'élève peut ne pas accéder à ce but visé. Par exemple, l'explication de la notion de masse peut avoir pour but d'amener l'apprenant à comprendre que la masse est la quantité de matière d'un corps (au repos). Cependant cette définition peut ne pas être comprise par l'élève à cause de la non-compréhension du sens des notions de quantité et de matière qui composent cette définition de la masse. C'est dans cette optique que Bachelard montre dans *La Formation de l'esprit scientifique* que les élèves ne comprennent pas que l'expérience réalisée en classe a pour fonction d'étayer la thèse qui est présentée de manière théorique par le professeur[67]. Autrement dit malgré les explications du professeur sur l'expérience réalisée, les élèves sont seulement impressionnés par l'aspect sensible de l'expérience. Leur attention ne se porte pas sur l'essentiel à apprendre. La tâche professeur est alors de focaliser l'attention des élèves sur l'essentiel à apprendre, c'est-à-dire sur le sens et la finalité de l'idée enseignée. De même, conformément à l'épistémologie réfutationniste, le sens de la notion enseignée renvoie au rapport adéquat entre le problème et les solutions que renferme cette notion. On peut dire que pour Popper comprendre la notion enseignée, c'est simplement saisir ce pourquoi cette notion existe, à savoir les problèmes qu'elle pose et les solutions envisagées. A cet égard, le véritable enseignant de science est celui qui fait en sorte que les élèves parviennent à saisir le problème et les solutions concernant la notion enseignée. C'est dans ce sens que Bachelard affirme dans *Le rationalisme appliqué* :

> « Le professeur sera celui qui fait comprendre, - et dans la culture plus poussée où déjà le disciple a compris – il sera celui qui fait mieux comprendre. Comment d'ailleurs le professeur pourra-t-il avoir écho de cette compréhension ? Cela ne pourra se faire que par l'application de l'idée comprise, en se référant à des exemples qui diffèrent de l'exemple enseigné […]. En fait, dans une éducation de rationalisme appliqué, de rationalisme en action de culture, le maître se présente comme un négateur des apparences, comme un frein à des convictions rapides. Il doit rendre médiat ce que la perception donne immédiatement. D'une manière générale, il doit engager l'élève dans la lutte des idées et du fait, en lui faisant remarquer l'inadéquation primitive entre l'idée et le fait[68]».

A travers cette affirmation Bachelard met en lumière le rôle du professeur dans le cadre de l'enseignement de la science. Ce rôle consiste essentiellement à amener l'élève à saisir ou à mieux saisir le sens des idées scientifiques enseignées. Quand Bachelard parle ici d'une « éducation de rationalisme appliqué », il fait référence à un enseignement ou à un apprentissage dialectique qui consiste en une influence mutuelle entre le maître et le disciple ou entre l'enseignant et l'élève. Cependant il insiste sur le fait que le rôle de l'enseignant ne se limite pas

[67] Gaston BACHELARD, *Op. cit.*, p.39.
[68] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué* (1949), Paris, Puf, 1970, p.19-21. .

simplement à faire comprendre à l'élève une idée scientifique mais surtout de détruire les idées fausses, les manières de penser de l'élève qui peuvent constituer des freins à la compréhension de l'idée enseignée. On voit ici que Bachelard fait un prolongement précis de la réflexion sur les obstacles pédagogiques qu'il a menée dans son livre *La formation de l'esprit scientifique* (publié 11 ans avant *Le rationalisme appliqué* de 1949) dans lequel il affirme que l'enseignant de science a pour rôle de surmonter tout ce qui empêche l'élève d'accéder à la compréhension de l'idée scientifique enseignée. Bachelard veut dire que l'enseignant de science a une tâche épistémologique. Celle qui consiste à être un « négateur des apparences », c'est-à-dire des idées fausses, trompeuses ; de frein aux jugements rapides, hâtives, etc. Le professeur permet de déjouer les obstacles, de les surmonter afin que l'élève accède à la véritable compréhension des idées scientifiques. A cet égard on peut dire que le fait de faire connaître les idées scientifiques en les citant, même avec une grande maîtrise, n'est pas suffisant ; il faut surtout amener l'apprenant à surmonter les entraves à la connaissance. Le véritable enseignant de science est donc un « négateur des apparences » pour reprendre cette expression de Bachelard.

De plus, pour Bachelard et Popper, la science se détermine essentiellement par la critique, de même le véritable professeur de science se distingue par la capacité à susciter la critique chez l'apprenant en même temps qu'il s'autocritique lui-même. S'autocritiquer c'est le pouvoir et la possibilité de se remettre en cause afin d'améliorer sa manière d'enseigner. C'est se questionner pour identifier ses propres limites, notamment ce qui fait obstacle à la connaissance scientifique. Il s'agit d'une autocritique qui s'exerce continuellement au cours de la vie professorale. Cela veut dire que le bon professeur de science se questionne constamment parce que cela lui permet d'éclairer son propre savoir, ses propres connaissances scientifiques afin de les actualiser. Du côté de l'élève, la stimulation à la critique consiste essentiellement à la pratique des exercices de réflexion, de remise en cause, puisque la science n'est pas un savoir dogmatique. Autrement dit, le professeur doit transmettre à l'élève un savoir qui suscite sa capacité à discuter le savoir enseigné. C'est dire que l'élève ne prend pas le savoir enseigné comme un absolu, mais comme quelque chose qui peut faire l'objet d'une amélioration. En clair, le véritable enseignant de la science est cet enseignant critique à l'égard de lui-même et du savoir qu'il enseigne et qui contribue à faire en sorte que les élèves ne se contentent pas de « consommer » l'idée enseignée comme des vérités définitives, mais les critiquent aussi. Un tel enseignant ne se caractérise pas par une attitude autoritaire, celle qui consiste à transmettre à l'élève un savoir dogmatique que l'élève reçoit passivement comme « parole d'évangile », par contre il se caractérise par la recherche non pas d'une adhésion de l'élève mais une réaction de celui-ci. Susciter la critique chez l'élève c'est chercher à stimuler la pensée critique de ce dernier, c'est-à-dire faire en sorte que l'élève se questionne premièrement.

Par conséquent l'émergence de la pensée critique, dans un cours de science, est la marque du véritable professeur de science. L'enjeu de la critique consiste donc à pousser le professeur et l'élève vers une saisie profonde de l'idée scientifique à apprendre, c'est-à-dire comprendre le sens véritable de ce qui est enseigné.

Dès lors, on peut dire que Bachelard et Popper développent une vision analogue de l'enseignement de la science, celle qui consiste à développer l'esprit critique de l'élève. Cette vision a le mérite de développer un nouveau sens de l'enseignement de la science par rapport aux conceptions classiques de celui-ci. Autrement dit par le rapprochement de la conception bachelardienne et de la conception poppérienne découle l'idée selon laquelle le véritable sens de l'enseignement de la science consiste avant tout à développer l'esprit scientifique chez les apprenants et d'établir une adéquation entre la science en train de se faire et la science enseignée. A cet égard, on peut affirmer que le sens de l'enseignement chez nos deux auteurs est plus riche que celui des conceptions classiques, dans la mesure où Bachelard et Popper visent à rendre l'enseignement dynamique (et non statique comme c'est le cas avec les conceptions classiques de l'enseignement de la science). Ce qu'on comprend ici, à travers l'association de la conception bachelardienne et de la conception poppérienne, c'est que l'enseignement de la science est avant tout une opération de formation de l'esprit scientifique et non une opération de transmission des savoirs scientifiques, parce que la transmission des savoirs qui peut être considérée comme cumulative traduit une image fausse de la science, alors que la formation de l'esprit scientifique conduit à une vision plus adéquate de l'activité scientifique.

Par exemple, sur la notion de masse on peut transmettre toutes les connaissances possibles à l'élève sans que ce dernier ne les comprenne. Et pourtant le professeur dira qu'il a quand même enseigné, par le simple fait qu'il a transmis, à l'élève ces connaissances. Or la dialectique de l'explication et de la compréhension n'est pas toujours adéquate, dans la mesure où il peut y avoir entre les deux des éléments qui peuvent entraver la compréhension même si l'explication est parfaite. C'est pourquoi nous convenons avec Bachelard et Popper que la formation de l'esprit scientifique est l'élément qui détermine le plus un véritable enseignement de la science au lieu de la transmission de savoirs comme c'est même encore le cas de nos jours où l'aspect réflexif des apprenants n'est pas privilégié dans l'enseignement de la science pour paraphraser Dominique Lecourt (en 2001)[69].

I - 3 – Deux approches pédagogiques différentes

Il est vrai que Bachelard et Popper pensent que l'enseignement de la science a pour finalité de former l'esprit scientifique chez l'élève et de lui transmettre une culture scientifique

[69] Dominique LECOURT, *La philosophie des sciences*, (2001), Paris, Puf, 2018, p.4.

véritable. Toutefois, ils divergent quant à la manière de définir la possibilité d'atteindre ces objectifs. Cela renvoie respectivement à une approche logique et à une approche psychologique. Selon l'approche logique de Popper, il s'agit de mettre l'accent sur la dimension formelle de l'enseignement, c'est-à-dire les énoncés, les hypothèses, les concepts, les théories et la démarche d'apprentissage. Ici, enseigner la science ou pour le dire autrement former l'esprit scientifique chez l'élève, c'est avant tout mettre en œuvre des énoncés, des concepts, des hypothèses scientifiques. C'est dire que l'enseignement de la science se définit d'abord par les différents concepts et énoncés qui sont mobilisés. C'est le contenu de ces concepts qui définit véritablement ce qu'on enseigne en science. On peut alors dire, sans trahir sa pensée, que pour Popper l'enseignement de la science concerne avant tout l'aspect formel de la science, c'est-à-dire le contenu des notions, des concepts, des énoncés scientifiques :

> « Les sciences empiriques sont des systèmes de théories […]. Les théories scientifiques sont des énoncés universels. Comme toutes les représentations linguistiques, elles sont des systèmes de signes ou de symboles. Je ne pense donc pas qu'il soit utile d'exprimer la différence entre théories universelles et énoncés singuliers en disant que ces derniers sont 'concret' alors que les théories de simples formules ou schémas symboliques ; en effet l'on peut dire exactement la même chose des énoncés 'concrets' eux-mêmes [70]»

Cette affirmation poppérienne de *La logique de la découverte scientifique,* présente la conception logique poppérienne de la science empirique. Pour Popper la science se définit d'abord par les théories, les énoncés, les concepts, les explications scientifiques. Ainsi, il s'inscrit dans la perspective justificationniste (seul importe en épistémologie le contexte de justification et non le contexte de découverte) proche des positivistes logiques. Par conséquent, apprendre la science c'est avant tout s'inscrire dans une approche logique, c'est-à-dire mettre l'accent sur l'aspect formel de la science.

A l'inverse, l'approche psychologique de Bachelard se focalise sur le sujet, autrement dit sur les représentations, les idées, les conceptions, les modes de raisonnements, les manières de penser de l'apprenant, mais aussi de l'enseignant. Autrement dit la formation de l'esprit scientifique concerne aussi l'enseignant, dans la mesure où ce dernier peut aussi avoir des convictions personnelles, des représentations personnelles de la science qui peuvent être des entraves à la bonne compréhension d'une notion par l'élève. C'est dans ce sens que Bachelard aborde la question de l'obstacle pédagogique dans une perspective essentiellement psychologique :

> « Quand on cherche les conditions psychologiques des progrès de la science, on arrive bientôt à cette conviction que c'est en termes d'obstacles qu'il faut poser le problème de la connaissance scientifique […]. La connaissance du réel est une lumière qui projette toujours quelque part des ombres. Elle n'est jamais immédiate et pleine […]. Dans l'éducation, la notion d'obstacle pédagogique est également méconnue. J'ai souvent été frappé du fait que les professeurs de sciences, plus encore que les autres si c'est possible, ne comprennent

[70] Karl POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, 1934, Paris, Payot, 1973, p.57.

> pas qu'on ne comprenne pas. Peu nombreux sont ceux qui ont creusé la psychologie de l'erreur, de l'ignorance et de l'irréflexion [71] »

Bachelard met ici en lumière l'aspect psychologique de l'enseignement de la science. Cela se traduit essentiellement par les entraves à la connaissance enseignée. Il affirme l'idée selon laquelle les enseignants de sciences ont une méconnaissance des obstacles pédagogiques, c'est-à-dire tout ce qui empêche l'élève d'accéder la véritable connaissance scientifique parce que les professeurs de sciences « ne comprennent pas qu'on ne comprenne pas ». A travers cette expression Bachelard veut dire que les professeurs ne cherchent pas à comprendre sur le plan psychologique les raisons des échecs des élèves. Les professeurs se limitent à l'aspect logique des savoirs scientifiques enseignés lorsqu'ils sont face aux échecs des élèves. Cette critique bachelardienne des professeurs s'inscrit dans le contexte de la définition de l'obstacle épistémologique dans l'enseignement de la science. Autrement dit, dans la citation donnée ci-dessus, Bachelard accuse la pédagogie traditionnelle d'avoir fait l'impasse sur cette notion d'obstacle. À cet égard, il prétend renouveler la pédagogie en faisant connaître cette notion auprès des professeurs de sciences, mais aussi auprès des philosophes qui constituent sans doute son premier public. La connaître c'est déjà faire un pas vers la résolution des échecs des élèves. A cet égard, on peut dire avec Bachelard qu'enseigner la science c'est avant tout tenir compte des opérations de pensée, c'est-à-dire les idées, les représentations que l'apprenant peut avoir sur telle ou telle notion scientifique ou tel concept scientifique.

Par exemple, sur la chute des corps, l'élève pense que les corps lourds tombent plus vite que les corps légers. Dans ce cas pour mieux enseigner le phénomène de la chute des corps, il est primordial de tenir compte de ces représentations initiales de l'élève. Cela signifie que l'enseignement d'une notion scientifique ne doit pas seulement être logique, c'est-à-dire focalisé seulement sur le savoir à enseigner, mais il doit aussi prendre en compte les modes de penser de l'apprenant.

Selon nous, enseigner adéquatement la science exige nécessairement d'associer l'approche logique et l'approche psychologique, car elles définissent respectivement des aspects complémentaires de l'enseignement de la science. Autrement dit mieux enseigner la science c'est tenir compte à la fois du contexte de justification et du contexte de découverte : le développement des théories scientifique ne se fait pas uniquement par l'activité strictement scientifique, il y a des facteurs extérieurs qui interviennent aussi. Du point de vue pédagogique, cela implique que l'enseignement de la science doit s'appuyer aussi sur des éléments qui ne sont pas strictement scientifiques en vue d'un apprentissage adéquat de la science. Il peut s'agir de tenir compte de l'aspect psychologique de l'apprentissage tel que Bachelard nous le fait comprendre

[71] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, (1938), Paris, Vrin, 1999, p.13-18.

puisqu'en science le contexte de découverte a une valeur heuristique : le processus par lequel la communauté scientifique est parvenue à une vérité éclaire la psychologie de la pensée scientifique, c'est-à-dire le processus individuel d'acquisition d'une vérité. A cet égard, l'enseignement de la science ne peut que s'inscrire dans cette optique comme la science elle-même. Cette définition nous montre que pour enseigner la science, il est aussi nécessaire de tenir compte de l'aspect psychologique des notions enseignées, c'est-à-dire les opérations de pensée qui sont mobilisées chez l'élève pour saisir la notion enseignée. Nous verrons dans la suite de notre analyse que chaque notion scientifique à enseigner implique des opérations de pensée qui lui sont propre et que chaque élève a sa propre manière d'appréhender le concept enseigné[72]. En conséquence, enseigner un concept scientifique d'après l'approche logique et l'approche psychologique c'est tenir compte aussi de la manière dont l'élève s'approprie et peut s'approprier ce concept.

II – DE LA DEFINITION DE LA SCIENCE EMPIRIQUE : L'USAGE DU CONCEPT

Les rapports entre Bachelard et Popper, sur le plan épistémologique, peuvent s'éclairer par leurs manières d'utiliser le concept de science. Ces emplois permettent-ils de déterminer dans une certaine mesure la signification adéquate de la science ?

II - 1 – L'usage général et régional du concept de science

Dans la pensée bachelardienne et la pensée poppérienne, on distingue un usage général et un usage régional du concept de science. L'usage général renvoie à l'emploi du vocable « la science ». Cela concerne une conception globale qui renvoie à des recherches que l'on qualifie de scientifiques. Cette conception générale est le résultat de l'apparition de la science moderne avec Galilée[73]. Dans *Etudes galiléennes*, l'historien et philosophe des sciences Alexandre Koyré montre que Galilée opère une révolution scientifique au XVIIe siècle[74]. Celle-ci se distingue par la mathématisation de la physique et par l'usage des instruments expérimentaux pour comprendre le monde. Ainsi, de façon courante, quand on parle de la science, on fait allusion à cette conception galiléenne de l'activité scientifique. Il s'agit d'une séparation nette entre ce qu'on appelle la science et les autres champs de savoir comme la philosophie, l'histoire, la religion, etc. Ainsi perçue, la science désigne l'étude démonstrative et objective de la nature, dans l'optique d'expliquer et de décrire les phénomènes naturels, d'expliquer comment les choses se produisent avec « l'intervention d'instruments ». De ce fait, la science est un savoir

[72] *Cf.* notamment le chapitre 8 de notre étude.

[73] Isabelle STENGERS, « Les affaires Galilée *», Eléments d'histoire des sciences*, (1989), dir Michelle Serres, Paris, Bordas, 2003, p.346.

[74] René DESCARTES est aussi considéré comme un père de cette révolution scientifique du XVII siècle notamment avec son mécanisme.
On peut consulter aussi Alexandre KOYRÉ dans *Etudes d'histoire de la pensée scientifique*, Paris, Gallimard, 1973, p.197.

vrai, certain et objectif, fondé en raison et par la démonstration des éléments qui existe effectivement dans le monde. Par conséquent, pour Bachelard et Popper la science désigne certes un savoir vrai, rationnel, mais c'est avant tout un champ d'étude, donc une activité de recherche : l'étude rationnelle de la nature. Lorsque Popper et Bachelard emploient l'expression « la science », ils font d'abord référence à une activité de recherche qui a pour but de décrire et d'expliquer les phénomènes de la nature de manière rationnelle : la rationalité renvoie ici à la convocation des preuves, c'est-à-dire des éléments qui existent dans la nature pour rendre compte de la réalité des choses. On constate qu'il s'agit d'un réalisme, mais d'un réalisme non naïf. Dans cette optique, la science est un vaste champ d'étude et un savoir qui englobe aussi le champ des humanités et des recherches qui portent sur le social et l'humain. Il ne s'agit pas pour Bachelard de faire référence à cette idée très vaste du concept de science. En revanche, Popper défend l'unité des sciences. Ce qui peut sous-entendre une référence à cette idée vaste du concept de science. Mais en réalité, il s'agit plutôt des sciences empiriques. En cela il rejoint Bachelard dans un usage général du concept de science empirique. Revenons sur l'emploi général du concept de science par nos deux auteurs.

Bachelard et Popper ne traitent pas de la science en tant que ce vaste champ d'étude ou de recherche. Ils traitent plutôt de la science empirique. Depuis l'époque de Bachelard et de Popper et même avant (au XIXe siècle, où les sciences humaines et sociales vont véritablement faire leur apparition comme de véritables sciences suite à leur émancipation de la tutelle de la philosophie qui était considérée jusqu'alors comme la mère de toute science. D'ailleurs aujourd'hui subsiste encore chez certaines personnes cette idée que la philosophie est la mère de toute science) le terme de science englobe un vaste champ d'étude, de recherche avec l'inclusion des disciplines comme l'anthropologie, la géographie, l'histoire, la psychologie, la sociologie, etc. : la science désigne aussi les sciences humaines et sociales (SHS).

Cependant, la science dont Bachelard et Popper traitent, est essentiellement la science empirique et même physique (qui sert de modèle de scientificité, notamment la théorie de la relativité et la mécanique quantique), c'est-à-dire l'étude de la nature à partir de théories et de l'expérience : la physique est même une science mathématisée de la nature ou mathématico-expérimentale. L'expérience désigne ici non l'expérience sensible ou le monde empirique, mais l'expérimentation, c'est-à-dire l'« intervention volontaire et contrôlée sur le cours des événements naturels » en faisant l'usage d'instruments sophistiqués (construites par l'homme). Les mathématiques sont un langage qui consiste à formaliser la nature (mettre la nature en formule), afin de mieux l'expliquer et de décrire la réalité empirique. La science empirique est l'étude des objets physiques animés ou inanimés en faisant intervenir méthodiquement des instruments

sophistiqués et l'usage des mathématiques pour décrire, comprendre et expliquer ces objets par des lois, des principes universels de la nature. C'est dans ce sens que Karl Popper affirme :

> « Le système que l'on appelle 'la science empirique' est censé représenter un seul monde : 'le monde réel' ou le 'monde de notre expérience'. Afin de préciser cette idée, nous pouvons distinguer trois exigences auxquelles devra satisfaire théoriquement notre système empirique. Il devra, tout d'abord, être synthétique, de manière à pouvoir représenter un monde possible, non contradictoire. En deuxième lieu, il devra satisfaire au critère de démarcation […], c'est-à-dire qu'il ne devra pas être métaphysique mais devra représenter un monde de l'expérience possible. En troisième lieu, il devra constituer un système qui se distingue de quelques manières des autres systèmes du même type dans la mesure où il est le seul à représenter notre monde de l'expérience[75]».

L'usage du terme synthétique par Popper, dans sa *Logique de la découverte scientifique* publié en 1934, rappelle les positivistes logiques qui à la suite de Kant ont fait de ce terme un élément déterminant de leur philosophie pour distinguer les énoncés de la science et les énoncés de la non-science (même si à l'opposé de Kant, ils considèrent que le synthétique *a priori* n'existe pas). Synthétique désigne l'*a posteriori* (après observation, après expérience, après les faits : ce qui se rapporte à l'expérience, au monde réel). Synthétique s'oppose à analytique, qui renvoie à l'*a priori* (avant l'expérience). Popper est donc d'accord, avec les positivistes logiques, que le langage de la science empirique est essentiellement synthétique au sens où il fait référence à des choses qui existent effectivement dans le monde réel, le monde sensible. Mais Popper se démarque des positivistes logiques en ce qui concerne la recherche d'un critère fiable pouvant distinguer la science empirique d'autres systèmes comme la métaphysique. En d'autres termes, Popper définit la science empirique comme un système théorique, c'est-à-dire un ensemble structuré de concepts, d'énoncés, d'hypothèses, de théories, de méthodes, d'expériences, d'observations, de lois, de formules qui se caractérise par le fait qu'il porte sur le monde expérimental, sur le réel, à savoir le monde des phénomènes, le monde de notre expérience, ou le monde des objets physiques : le monde matériel. C'est ainsi que les théories empiriques sont des théories scientifiques.

De ce fait la science empirique se caractérise par trois critères essentiels à savoir le synthétique, le non-métaphysique et les tests expérimentaux. Par synthétique, on entend ce qui a trait au réel empirique de telle sorte que les énoncés de la science empirique ne sont pas contradictoires, car ils portent sur le monde réel. Ils font référence à des choses qui existent possiblement dans l'expérience sensible. Ensuite, la science empirique se distingue par un caractère non métaphysique, c'est-à-dire qu'elle ne traite pas des objets imaginaires ni des objets qui sont hors de l'espace et du temps, mais plutôt des choses qui possiblement existent dans le monde empirique, autrement dit des choses qui ont la faculté de pouvoir exister dans l'expérience. On peut citer par exemple la notion d'antimatière considérée par des savants

[75] Karl R. POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Payot, Paris, 1973, p.35-36.

comme une matière différente de la matière ordinaire et qui existerait effectivement dans le monde réel (physique). L'antimatière est certes un concept postérieur à la publication de *La logique de la découverte scientifique* de 1934, mais il illustre parfaitement l'idée poppérienne selon laquelle le réel étudié par la science ne se limite pas à ce qui est palpable. Enfin, la science empirique se caractérise par le fait que ses théories sont soumises à des tests expérimentaux. Autrement dit la science empirique se distingue par le fait qu'elle est le seul système théorique capable de rendre compte de la réalité empirique parmi d'autres systèmes qui peuvent exister.

Popper exprime ici une certaine définition théorique et générale du concept de science qui peut s'appliquer à toute science empirique particulière comme la physique ou la biologie. Tout système empirique doit obligatoirement satisfaire aux exigences citées ci-dessus. Si ces exigences ne sont pas satisfaites par un système alors il ne peut être un système empirique (une science empirique). Dès lors on peut dire que chez Popper la science empirique est un système de théories. Ces théories se distinguent par le fait qu'elles sont soumises à l'épreuve de l'expérience, c'est-à-dire la faculté des théories d'être testées à partir des données de l'expérience (des informations qui existent réellement dans l'espace et le temps). La science empirique est l'étude de la nature par des théories qui sont soumises « à l'épreuve de l'expérience par l'observation et l'expérimentation [76]». Ce que Popper montre ici c'est que la science empirique ne se définit pas nécessairement par l'expérimentation (usage des instruments) et l'observation, mais plutôt par le contrôle expérimental en tant qu'il renvoie au monde réel et par le fait que les théories empiriques sont mises à l'épreuve du réel.

De même l'usage général que fait Bachelard du concept de science traduit, dans une certaine mesure, sa conception de la science empirique. Dans *Epistémologie*, il écrit :

> « La science, croyait-on, était réelle par ses objets, hypothétique par les liaisons établies entre les objets […]. Le nouveau physicien a donc renversé la perspective de l'hypothèse patiemment dessinée par Vaihinger. Ce sont maintenant les objets qui sont représentés par des métaphores, c'est leur organisation qui fait figure de réalité. Autrement dit, ce qui est hypothétique maintenant, c'est notre phénomène ; car notre prise immédiate sur le réel ne joue que comme une donnée confuse, provisoire, conventionnelle, et cette prise phénoménologique réclame inventaire et classement. Par contre, c'est la réflexion qui donnera un sens au phénomène initial en suggérant une suite organique de recherches, une perspective rationnelle d'expériences. Nous ne pouvons avoir *a priori* aucune confiance en l'instruction que le donné immédiat prétend nous fournir […]. La connaissance scientifique est toujours la réforme d'une illusion [77]»

La science empirique, du moins dans sa version contemporaine, ne se distingue pas par la description des objets de l'expérience immédiate, mais par la création de ses objets, c'est-à-dire par l'activité théorico-empirique de construction des objets étudiés, qui donne à la science sa véritable essence scientifique. Bachelard présente cette conception de la science dans un article

[76] Karl R. POPPER, *Op. cit*, p.23.
[77] Gaston BACHELARD, « Noumène et microphysique », in *Epistémologie*, textes choisis par Dominique Lecourt, (1971), Paris, Puf, 2011, p.11-12.

datant de 1931-1932 sous le titre « Noumène et microphysique » publié dans la revue *Recherches philosophiques*, avant la publication deux ans plus tard (1934) de son œuvre majeure *Le nouvel esprit scientifique*. Cela s'inscrit dans un contexte où la mécanique quantique est en plein essor. Entrainant ainsi une nouvelle manière de faire et de concevoir la science physique. Jusque dans la deuxième moitié du XIXe siècle (avant la publication de la Relativité en 1905[78]) la nature de la science était déterminée par le statut phénoménal de l'objet, l'objet tel qu'il est observé dans l'expérience immédiate. Dans sa *Philosophie du 'comme si'* (1911), le néo-kantien philosophe allemand Hans Vaihinger (1852-1933) pensait que les représentations fictionnelles servaient à accéder à la réalité[79]. Les concepts de force, d'atome, de matière sont des fictions inventées pour saisir le réel empirique. Autrement dit ces concepts sont faux, seuls les objets empiriques sont réels. Cela montre que pour Vaihinger la science consiste essentiellement en l'observation des phénomènes immédiats. Or la science nouvelle (celle déterminée par la Relativité et la mécanique quantique), d'après Bachelard, montre que les phénomènes immédiats sont moins réels que les concepts de force, d'atome, de matière, d'espace, etc. C'est dire que la science se distingue par le fait qu'elle n'étudie pas la réalité empirique brute, mais une réalité factice, construite. Il dira plus tard dans *La formation de l'esprit scientifique* (1938) : « Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit [80]». Autrement dit l'objet scientifique est construit, il n'existe pas dans le monde physique. La matière brute n'est pas l'objet étudié par la science, les concepts de force, d'énergie sont bien plus instructifs, nous apprennent plus sur le réel que l'observation des objets tels que la terre, les arbres, l'eau, la lumière, etc.

Pour Bachelard, la science est avant tout une activité rationnelle de construction (de la réalité scientifique) et de réformation (de la connaissance). En effet, la science se distingue, selon lui, par le fait qu'elle crée ses objets, (invente des concepts, des théories qui sont de véritables outils servant à connaître le réel). La science ne se caractérise pas en tant qu'activité de description des phénomènes immédiats, mais comme étant essentiellement une activité de production des phénomènes puis qu'elle n'étudie pas le réel empirique brut mais une réalité construite, produite par la science elle-même. Bachelard illustre très bien cette conception de la science dans *L'activité rationaliste de la physique contemporaine* (1951), en affirmant : « l'énergétisme du XXe siècle […] n'est pas une simple description des phénomènes ; il met en lumière la production des phénomènes [81]». L'énergétisme ou énergétique était soutenue par

[78] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique* (1938), Paris, Vrin, 1999, p.7.
[79] FONTENEAU Françoise, « La philosophie du comme si Die Philosophie des Als ob », *La Cause freudienne*, 2009/1 (N° 71), p. 207-213. DOI : 10.3917/lcdd.071.0207. URL : https://www.cairn.info/revue-la-cause-freudienne-2009-1-page-207.htm Consultation actualisée le 23/09/2024
[80] Gaston BACHELARD, *Op cit*, 1999, p.14.
[81] Gaston BACHELARD, *L'activité rationaliste de la physique contemporaine* (1951), Paris, Puf, 1965, p.139.

Ostwald, Duhem et même Poincaré au début de sa carrière. Bachelard critique cette doctrine en soulignant la création de nouveaux phénomènes énergétiques qui n'existent pas à l'état brut dans le monde, et ces derniers sont étudiés par la science. C'est le cas des termes spectraux (« valeurs numériques de l'état de l'énergie de l'atome ») qu'on ne voit pas dans le monde à l'œil nu, mais qui sont produit rationnellement. On pourrait les considérer comme abstraits ou fictionnels, alors qu'ils sont bel et bien réels et expriment la réalité. Le terme spectral est un objet construit et réel, car il désigne le « concret énergétique ». Nous pouvons même dire que le terme spectral en tant que valeur numérique est un phénomène énergétique concret. Cela montre que la science est d'abord avant tout une activité rationaliste de production théorique des phénomènes concrets.

Une lecture approfondie de la pensée bachelardienne montre que la construction rationaliste n'est que le premier niveau distinctif de la science empirique selon Bachelard. Celui-ci est complété par un deuxième niveau, à savoir la réformation. On entend par là la rectification d'une illusion ou d'une erreur contenue dans la connaissance antérieure. Sans cette rectification la science serait simplement un savoir cumulatif. Or selon Bachelard la science est science parce qu'elle rectifie les connaissances mal faites, elle renverse les connaissances immobiles, elle s'autocritique dans le sens du progrès. C'est dans ce sens que Bachelard affirme dans *Le nouvel esprit scientifique* que « l'esprit scientifique est essentiellement une rectification du savoir, un élargissement des cadres de la connaissance. Il juge son passé historique en le condamnant. Sa structure est la conscience de ses fautes historiques [82]». L'activité rationaliste de la science consiste aussi à corriger l'erreur en établissant une dialectique entre les connaissances antérieures et les nouvelles connaissances. Cette rectification de l'erreur exprime le caractère évolutionniste de la science en complétant ou en en détruisant des recherches souvent entamées antérieurement.

La définition bachelardienne de la science (telle qu'elle vient d'être exposée ici) exprime, selon nous, un rejet certain des conceptions classiques (rationalistes et empiristes) de la science. On peut même dire que Bachelard applique les enseignements qu'il tire de sa propre enquête sur la nature de la science empirique, notamment l'idée selon laquelle la science est une activité de réforme de la connaissance et de la pensée : corriger les erreurs contenues dans le savoir antérieur[83]. En effet, l'auteur de *La formation de l'esprit scientifique* a su très bien montrer que le rationalisme classique se trompe en voulant comprendre la science de l'extérieur à partir d'une raison absolue. Ce qui conduit à une fausse représentation de la science empirique par opposition à la manière dont elle fonctionne effectivement. L'empirisme classique, quant à

[82] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique* (1934), Paris, Puf, 2003, p.177.
[83] Gaston BACHELARD, *Ibid*., p.178.

lui, fait le mouvement inverse, mais il tombe dans les mêmes travers en partant de l'expérience ou de l'observation immédiate comme le point de départ qui donne à la science sa véritable essence scientifique. Or la conception bachelardienne dépasse ces conceptions classiques en décrivant la science comme étant une activité de construction des phénomènes et de réformation de la connaissance : la science est à la fois théorique et empirique.

La définition bachelardienne de la science converge avec celle de Popper vers une conception dynamique de la science empirique, à savoir l'idée selon laquelle la science est une activité exigeante de critique et un savoir discontinu (non cumulatif). Pour Bachelard la production de nouvelles connaissances ou de nouvelles théories scientifiques se fait sur la base de l'examen critique des anciennes théories. C'est-à-dire qu'on part toujours d'un ancien savoir pour construire un nouveau savoir par la correction de l'erreur contenu dans l'ancien savoir[84]. Dans *Conjectures et réfutations*, Popper constate comme Bachelard que l'élaboration des théories et le progrès scientifique ne partent jamais de zéro[85]. Il montre qu'il y a toujours un « savoir constitué », un savoir de base sur lequel naît la recherche en le critiquant. La pensée bachelardienne présente la critique ou l'examen critique sur deux niveaux. D'abord la critique s'effectue dans le travail effectif des scientifiques où tout savoir produit est soumis au jugement des « travailleurs de la preuve ». Dans *Le rationalisme appliqué*, Bachelard écrit : « si nous examinons la culture scientifique actuelle, la notion de valeur épistémologique est nette et l'on ne peut se tromper sur le caractère de l'union des esprits dans la vérité [86] ». La science contemporaine, avec ses avancées scientifiques, montre clairement que la production scientifique n'est pas simplement le travail d'un scientifique isolé dans son laboratoire, mais un travail collectif de discussion critique d'une théorie ou d'une connaissance produite. D'autre part la critique renvoie au mouvement de rupture épistémologique, c'est-à-dire le fait que les nouvelles connaissances renversent les anciennes connaissances scientifiques. C'est le mouvement historique discontinu de la science. Chaque nouvelle connaissance scientifique remet en cause ou corrige une erreur, illusion de l'ancien savoir. Pour Popper l'examen critique est aussi à la base de l'activité scientifique. Il s'agit d'une démarche consistant à éliminer l'erreur[87]. Autrement dit la science se caractérise par son activité d'élimination de l'erreur contenue dans l'une des théories du champ disciplinaire concerné. La science est science parce qu'elle est une activité où les théories sont continuellement critiquées dans le but de corriger les erreurs et de sélectionner la meilleure théorie.

[84] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique* (1938), Paris, Vrin, 1999, p.13-14.
[85] Karl Popper, *Conjectures et réfutations* (1963) Paris, Paris, 1985, p.351-352.
[86] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué* (1949), Paris, Puf, 1970, p.59.
[87] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.63-64.

Nous pouvons affirmer que Bachelard et Popper conçoivent la science comme une activité essentiellement critique. Mais celle-ci s'exerce de manière différente chez nos deux auteurs. Dans la pensée bachelardienne la critique s'exerce à la fois sur le sujet et sur la connaissance qu'il produit, tandis que la critique poppérienne s'exerce que sur l'aspect formel de la science, c'est-à-dire sur les idées, les concepts, les théories, les méthodes et les problèmes scientifiques. Cette divergence est certainement due à la singularité de leurs approches de la science. Popper se rallie à une définition formelle de la science, alors que Bachelard se situe plutôt dans une démarche historique et psychanalytique. Toutefois, en examinant attentivement ces désaccords, il ressort que ces divergences ne sont que d'ordre formel, c'est-à-dire qu'elles n'ont rien d'essentiel. Sur le fond, l'activité critique de la science vise à corriger l'erreur. Ce qui conduit à une conception dynamique voire discontinuiste de la science empirique : la science n'est pas un savoir cumulatif. Au-delà de l'emploi général du concept de science, Bachelard et Popper en font aussi un usage régional. Autrement dit, quand ils emploient le vocable de « science », ils font référence aux différentes sciences expérimentales ou empiriques : la physique, la chimie, la biologie, mais aussi aux sciences formelles comme les mathématiques (l'algèbre, la géométrie, la statistique, etc.). Quels sont les champs d'étude de ces différentes sciences selon Bachelard et Popper ? Que nous apprennent ces différentes sciences sur notre connaissance du monde et sur la nature de la science elle-même ? On peut alors dire que lorsque Bachelard et Popper emploient respectivement le terme de « science » empirique en générale, il s'agit en réalité d'une caractérisation d'une science empirique particulière, notamment la physique, la chimie, la biologie. Cela se comprend notamment par leur intérêt commun pour certaines théories scientifiques contemporaines (la relativité et la mécanique quantique).

II - 2 - Réflexion sur des théories scientifiques contemporaines

Non seulement Bachelard et Popper font un usage analogue du concept de science, mais ils s'intéressent particulièrement aux nouvelles théories scientifiques que sont la relativité et la mécanique quantique. Pourquoi une telle référence aux théories scientifiques contemporaines ? Que nous enseignent ces théories d'un point de vue pédagogique ?

II-2-1- La théorie einsteinienne : une conception non cumulative de la science

Bachelard et Popper s'intéressent à la théorie de la relativité d'Einstein pour plusieurs raisons d'ordre épistémologique et pédagogique. Sur le plan pédagogique, la théorie de la relativité donne des enseignements intéressants sur la nature profonde de la science. Ensuite, elle renseigne sur la théorie de la connaissance en général. En effet, l'intérêt poppérien pour la théorie de la relativité einsteinienne est manifeste dès le début de son œuvre. Popper l'exprime clairement dans un récit autobiographique, lors d'une conférence qu'il avait donnée en 1953

devant un public de philosophes à Cambridge (Angleterre)[88]. Cette théorie est, sans doute, selon Popper, l'une des meilleures caractérisations de la science empirique. La théorie d'Einstein enseigne que la science empirique ou la science de la nature n'est pas foncièrement cumulative, c'est-à-dire qu'elle ne consiste pas à additionner les connaissances nouvelles aux connaissances anciennes. C'est dire que la recherche scientifique consiste à produire des connaissances objectives, à expliquer les phénomènes naturels, non pas en se basant premièrement sur l'expérience immédiate ou l'observation naïve, mais en s'appuyant sur un savoir existant et par des « expériences de pensée ». Le savoir existant signifie que toute théorie scientifique a un passé, c'est-à-dire qu'elle ne part jamais de rien, il y a un certain savoir empirique existant dont la fonction est d'être supplanté par une nouvelle théorie plus satisfaisante. C'est dans un tel contexte que naît toute théorie scientifique. En l'occurrence, celle de la relativité einsteinienne, car elle dépasse et contredit la mécanique classique notamment les théories de Galilée, de Newton et de Maxwell. Dans *Conjectures et réfutations,* Popper écrit :

> « Il est aisé de montrer à l'aide d'exemples historiques que le critère que nous avons proposé est effectivement celui qui prévaut dans le progrès de la science. Les théories de Kepler et de Galilée se sont trouvées unifiées et supplantées par celle de Newton, qui était logiquement plus fortes et se prêtait davantage à être testée, et il en est de même pour la théorie de Maxwell par rapport à celles de Fresnel et de Faraday. La théorie newtonienne et celle de Maxwell ont été, à leur tour, unifiées et dépassées par celle d'Einstein. Dans chacun de ces cas, le progrès s'est fait en faveur d'une théorie plus informative et, partant, moins probable logiquement : d'une théorie susceptible d'être plus sévèrement testée parce qu'elle formulait des prédictions plus aisées à réfuter[89]»

Ce que Popper veut dire ici, dans *Conjectures et réfutations* (1963), c'est que le critère de vérifiabilité proposé par les positivistes logiques ne prévaut pas en science, mais c'est au contraire son critère, c'est-à-dire la falsifiabilité (nous allons revenir plus en détail sur ce terme dans la deuxième partie), qui est effective dans l'évolution de la science. Autrement dit ce qu'il montre c'est que la solution du positivisme logique au problème de Kant (le problème de la démarcation entre la science et la non-science), est une fausse solution, car les grandes théories scientifiques ont toujours été supplantées par d'autres théories plus informatives. C'est le cas de la théorie de la relativité, considérée comme le modèle par excellence de ce genre de théorie, qui dépasse les théories antérieures. En clair, la théorie de la relativité d'Einstein montre que la science ce n'est pas seulement le laboratoire, ni l'observation et l'expérimentation comme on nous le fait souvent croire[90] ; la science c'est aussi en grande partie des « expériences de pensée ». Sinon, comment comprendre que la plus grande théorie scientifique du XXe siècle a été élaborée non sur la base des observations empiriques, mais sur la base de la pure réflexion ? Une expérience de pensée est un scénario intuitif visant à résoudre un problème par la pensée. C'est donc, par la

[88] Karl POPPER, *Conjectures et réfutations* (1963), Paris, Payot, 1985, p.60-61.
[89] Karl POPPER, *Ibid.*, p.326.
[90] Karl POPPER, *Ibid.*, p.320.

réflexion qu'Einstein élabore sa théorie, c'est-à-dire qu'il part d'un développement d'idées, et non de l'observation et de l'expérimentation des événements naturels ou des objets concrets. Il est vrai qu'Einstein part de tout le savoir constitué en Physique, sans doute, notamment de l'expérience de Michelson et Morley qui tentait de prouver l'existence de l'éther de lumière en 1887. En réalité, le résultat négatif de l'expérience confirmait avant son heure la future théorie révolutionnaire qu'Einstein élabore de façon théorique.

La relativité fut conçue en 1905, mais c'est en 1919 qu'elle fut véritablement confirmée par l'observation d'Eddington : il s'agissait de l'observation de l'éclipse solaire dans le golfe de Guinée qui mit en lumière une étoile située derrière le soleil. Cette étoile était visible parce que la lumière émise par elle était déviée par le champ gravitationnel du Soleil comme le prévoyait théoriquement la théorie d'Einstein[91]. C'est donc, après coup que l'observation expérimentale est intervenue dans la théorie einsteinienne : au début de la théorie il n'y avait que des idées, la réalité empirique concrète est intervenue après coup dans l'optique de contrôler la théorie, et ce fut le cas[92]. Pour Popper la relativité montre que la science empirique renvoie avant tout à la recherche théorique des meilleures descriptions et explications des phénomènes naturels pouvant être infirmées par l'expérience. En d'autres termes, pour Popper la théorie d'Einstein est l'exemple fondamental d'une théorie dite scientifique par démarcation avec des théories non scientifiques. C'est dans ce sens que dans *Karl Popper ou l'éthique de la science* Jacques Batieno dit :

> « De fait, l'influence de la physique d'Einstein sur l'épistémologie de Popper est de la même ampleur que l'influence de la physique de Newton sur la théorie de la connaissance de Kant. Ainsi l'intérêt, sur le plan de l'histoire des sciences, qui est reconnu à la mécanique d'Einstein, est de la même proportion que l'intérêt, en termes d'histoire de la philosophie, que l'on doit reconnaître, si ce n'est déjà fait, à l'épistémologie de Popper […]. Par conséquent, ce qu'il retiendra de la théorie de la relativité, c'est avant tout l'idée générale suivante : elle inaugure une nouvelle ère dans le domaine des sciences de la nature […]. Une théorie scientifique est d'abord et avant tout une construction à l'image de l'hypothèse. Einstein est un pur théoricien de la physique qui considère que la connaissance (en tout cas les théories scientifiques) ne saurait être issues de l'expérience [93]».

A travers ces propos tirés de son ouvrage *Karl Popper ou le rationalisme de la science* (2012), Batieno montre qu'Einstein a clairement inspiré Popper. Autrement dit, l'épistémologie poppérienne s'est élaborée en s'appuyer sur la théorie de la relativité d'Einstein. Ainsi, Batieno fait un parallèle d'influence entre Newton-Kant et Einstein-Popper en montrant que la conception poppérienne de la science s'inspire de la théorie de la relativité comme la conception kantienne de la connaissance s'inspire de la mécanique newtonienne. Ce parallèle expose deux conceptions épistémologiques de la science qui s'opposent. En effet, le rapport Newton-Kant exprime

[91] Isabelle DESIT-RICHARD, *L'histoire de la Physique en clair*, Paris, Ellipses, 2009, p.9.
[92] Karl POPPER, *Op cit.*, p.63.
[93] Jacques BATIENO, *Karl Popper ou l'éthique de la science*, Paris, Dianoia, 2012, p.58-59.

la conception empirique selon laquelle la science se fonde sur l'observation des phénomènes alors que la relation entre la relativité d'Einstein et la falsifiabilité de Popper traduit la conception rationaliste selon laquelle la construction des hypothèses est au fondement de la science et non l'observation immédiate. Cela permet de comprendre que les théories philosophiques ou épistémologiques sur la science empirique peuvent être inspirées des théories scientifiques, comme c'est le cas entre la théorie de la relativité et l'épistémologie falsificationniste de Popper. La relativité a eu un impact (peut-être profond) sur Popper, sur sa manière de construire sa théorie épistémologique. Quand Popper publie son livre majeur en 1934, Einstein a déjà pratiquement achevé ses travaux sur la relativité. Einstein affirme être d'accord avec Popper sur l'idée que les hypothèses sont au fondement d'une théorie scientifique. Popper l'affirme dans son autobiographie *La quête inachevée*[94]. De ce fait, on peut penser avec Batieno que la pensée de Popper trouve en la relativité une certaine confirmation du caractère falsifiable de la science. Du point de vue pédagogique, on peut dire que Popper se réfère à la théorie de la relativité pour illustrer le caractère réformateur de sa pédagogie. Cette référence à la théorie d'Einstein est une manière de critiquer et de rejeter l'apprentissage par induction tel que nous le verrons dans le chapitre 2. A cet égard, on peut se demander si la référence de Popper à la relativité est similaire à celle de Bachelard ?

Pour Bachelard la théorie de la relativité einsteinienne permet de comprendre que la science empirique n'est pas déterministe ou empiriste, c'est-à-dire qu'elle ne se fonde pas sur l'observation immédiate, par conséquent elle ne produit pas des vérités définitives ou absolues. En effet, avant la relativité, on croyait que la description de l'univers faite par la science newtonienne était la seule recevable. On n'imaginait pas qu'il pouvait y avoir d'autres descriptions que cette science classique. Or, l'apparition de la relativité a apporté une nouvelle image de la science conduisant à une remise en cause de l'image de la science que traduisait la théorie newtonienne : la science n'est pas vraie de toute éternité, car ce qu'on croit savoir à une époque peut se révéler plus tard une description moins bonne de la nature. Cela veut dire que la science n'est pas le gage de l'exactitude absolue (l'exactitude signifie ici décrire la réalité telle quelle) parce que la nature est hétérogène, c'est-à-dire qu'elle a plusieurs dimensions, plusieurs aspects qui ne peuvent être saisis en un bloc par une seule théorie absolue. Ainsi nos théories, en tant que tentatives d'explication des événements naturels, ne portent que sur un aspect de cette réalité hétérogène. Chaque tentative pour comprendre la nature ne peut que se rapprocher de la totalité de la nature sans jamais accéder à représenter l'ensemble des phénomènes dans une seule théorie. Quand on pense avoir atteint l'explication exacte, qu'on connaît bien tel phénomène, il faut toujours se demander ce qu'on ne sait pas encore sur ce phénomène. Ce que nous

[94] Karl POPPER, *La quête inachevée*, 1974, Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.179-180.

dit telle théorie scientifique de tel phénomène n'est qu'une vue momentanée ou limitée, c'est-à-dire qu'elle fait connaître le phénomène à un certain niveau, mais des recherches postérieures pourraient découvrir autres choses qu'on ne croyait pas connaître. À cet effet, regarder la science comme se définissant par le déterminisme ou l'exactitude n'est pas conforme à la marche réelle de la science. Et c'est ce que la théorie einsteinienne permet de comprendre, notamment à travers cette affirmation de Bachelard :

> « En troisième lieu, nous fixerons très exactement l'ère du nouvel esprit scientifique en 1905, au moment où la Relativité einsteinienne vient déformer des concepts primordiaux que l'on croyait à jamais immobile. A partir de cette date, la raison multiplie ses objections, elle associe et réapparente les notions fondamentales, elle essaie les abstractions audacieuses. Des pensées, dont une seule suffirait à illustrer un siècle, apparaissent en vingt-cinq ans, signe d'une maturité spirituelle étonnante [95]»

Bachelard expose ici la Relativité d'Einstein comme l'avènement d'une nouvelle science, d'une nouvelle manière de faire la science, d'une nouvelle conception de la science par contraste avec la science antérieure, à savoir la science newtonienne ou d'inspiration newtonienne. Cet avènement est une véritable révolution scientifique ou rupture épistémologique avec la façon dont la science était perçue, une démarcation avec le système clos de Newton. Il s'agit d'une rectification des cadres conceptuels classiques. 1905 est l'année où Einstein publie pour la première fois la relativité sous la forme de la relativité restreinte dans son article « Sur l'électrodynamique des corps en mouvement », selon Bachelard, cette année marque le début d'un nouveau monde scientifique dynamique et la fin d'un monde scientifique dogmatique caractérisé par la science newtonienne. Quand Bachelard parle ici « des concepts primordiaux que l'on croyait à jamais immobile », il s'agit des concepts d'espace, de temps et de matière. On pensait qu'ils étaient absolus (définitifs). Par conséquent, la science empirique (la physique) était achevée avec Newton. Or la publication de la relativité a remis en cause cette conception.

Cela suppose que la science est comme une course d'endurance à l'infini où on croit atteindre la ligne d'arrivée mais en réalité, elle s'éloigneà chaque fois qu'on se rapproche d'elle. Le malheur serait de s'arrêter à mi-chemin comme le font ceux qui croient que la science c'est l'exactitude ou le déterminisme. Si Einstein avait pensé comme Kant que la science était absolument exacte, il n'aurait jamais élaboré la relativité, car il ne se serait pas questionné au-delà de ce que montre la théorie newtonienne. C'est dire que la science empirique est plutôt dynamique, c'est-à-dire qu'elle est en perpétuel réaménagement de ses fondements suite à des nouvelles découvertes qui constituent des dépassements des anciennes découvertes, comme c'est le cas entre la théorie de newtonienne et la théorie einsteinienne[96]. Ici on pourrait être tenté de penser que Bachelard rejette la science de Newton (et même celles d'un Galilée ou d'un Kepler)

[95] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, 1938, Paris, Vrin, 1993, p.7.
[96]Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, 1934, Paris, Quadrige/Puf, 2020, p.62.

comme n'étant pas caractéristiques de la science empirique. Ce qui serait de notre avis une grave erreur. Nous pensons que pour Bachelard la théorie einsteinienne et toutes les autres grandes théories du passé sont bel et bien des théories scientifiques. L'importance de la théorie de la relativité c'est qu'elle vient mettre en lumière une autre facette de la science qui demeurait tacite pendant la longue domination de la science newtonienne qui tire ses fondements de la philosophie empirique ou de l'inductivisme de Bacon.

A cet égard, on peut dire que Bachelard et Popper sont tout à fait d'accord sur les conséquences épistémologiques de la théorie d'Einstein, à savoir le fait que, par sa profondeur, elle apporte une autre conception de la science, contrairement à celle développée par la théorie de Newton. La science empirique n'est pas déterministe, mais dynamique et intuitive. Et le fait qu'elle permet d'éclairer le problème de la théorie de la connaissance : la question de la détermination des conditions de l'accessibilité à la connaissance objective (les rapports entre le sujet et l'objet). Kant à travers sa révolution copernicienne, disait que « nous ne connaissons *a priori* des choses que ce que nous y mettons nous-mêmes [97]». Autrement dit, les lois de la nature ne sont qu'une sorte de correspondance des lois de la pensée. C'est dire que c'est le sujet qui met dans la nature ce qu'il veut connaître. Les objets sont passifs. Cette conception montre que la nature n'a aucun impact sur le sujet connaissant. Cependant les phénoménologues conçoivent l'acquisition de la connaissance objective par influence de l'objet sur le sujet. Cette conception a le mérite de donner une valeur à l'objet. Mais, elle ne fait pas mieux que le kantisme en ce sens qu'elle donne une valeur absolue à l'objet. Cependant, avec la théorie de la relativité d'Einstein, notamment avec les interprétations poppériennes et bachelardienne par opposition aux interprétations néo-kantiennes et positiviste, le problème de la théorie de la connaissance s'éclaire autrement, c'est-à-dire qu'il sort de cette dichotomie entre le kantisme et la phénoménologie. Comme nous venons de le voir, pour Bachelard, la relativité est une théorie révolutionnaire, car elle bouleverse toutes les conceptions qu'on avait sur la nature, l'objet de la connaissance et sur le sujet lui-même. La théorie d'Einstein montre que l'objet est doté d'une réalité propre à lui. Celle-ci ne peut être appréhendée que dans un rapport actif avec le sujet connaissant. Ce dernier agit sur la nature avec des instruments intellectuels ou expérimentaux dans l'optique de connaître la nature propre des phénomènes naturels.

Du point de vue pédagogique, cela implique un certain caractère dynamique de l'enseignement. C'est dire que l'enseignant doit toujours conduire l'apprenant vers la découverte de nouvelles connaissances. Cela veut dire que l'enseignement de la science doit toujours être actualisé par rapport à la science en train de se faire. C'est ce que l'on peut aussi comprendre dans la réflexion poppérienne, puisque pour Popper la théorie de la relativité montre que c'est

[97] Emmanuel KANT, *Critique de la raison pure* (1787), Paris, Puf, 2015, p.19.

par nos théories que nous cherchons à connaître la réalité. Mais la réalité par sa nature propre peut contredire nos théories, de même que ces dernières peuvent faire reculer considérablement notre ignorance sur le monde de notre expérience. C'est ainsi que la théorie de la relativité fait vraiment reculer notre ignorance sur la nature, mais en même temps elle n'est pas à l'abri d'une possible réfutation. En clair, on connaît objectivement, dans la mesure où on agit sur les phénomènes tout en les laissant s'exprimer, c'est-à-dire qu'on intervient avec nos concepts tout en étant ouvert à saisir ce que nos concepts ne nous disent pas nécessairement. Donc pour Bachelard et Popper la théorie de la relativité enseigne que la science empirique se caractérise par le dépassement des anciennes théories par les nouvelles et non par l'accumulation des observations ou des expériences. Ainsi, dans une perspective pédagogique, on peut dire que Bachelard et Popper réfléchissent sur la relativité pour montrer que la science enseignée doit toujours être actualisée. Et l'enseignement doit transmettre une image adéquate de la science aux apprenants. Si dans la pensée bachelardienne et la pensée poppérienne la référence à la théorie de la relativité einsteinienne exprime une image et un apprentissage non dogmatique de la science, alors qu'en est-il de leurs références à la mécanique quantique ?

II-2-2- La mécanique quantique : une conception non déterministe de la science

Bachelard et Popper s'intéressent également à la mécanique quantique parce que cette théorie essentielle de la science contemporaine permet de définir aussi la science autrement que la science ancienne (la mécanique quantique ou la théorie quantique est une théorie physique qui étudie le monde de l'infiniment petit à savoir le mouvement des particules élémentaires.[98]). Pour Bachelard la mécanique quantique montre que la science empirique n'étudie pas simplement les objets physiques ou sensibles tels qu'ils sont perçus par nos sens. Autrement dit, la science cherche aussi à décrire la réalité empirique dans sa dimension microscopique. Ainsi, faire de la science c'est chercher à aller au-delà de ce qu'on voit, ce que l'on sent. La mécanique quantique réfute l'idée selon laquelle la science est réaliste parce qu'elle étudie les objets physiques sensibles (perceptibles par les sens). Or, dans l'article de Bachelard « Noumène et microphysique » datant de 1931-1932 [99], le réalisme scientifique au regard de la théorie quantique est un réalisme de l'infiniment petit. Il reviendra plus tard sur la question notamment dans *Le nouvel esprit scientifique* en 1934. En effet le réalisme qui transcende les aspects phénoménaux de la matière pour la saisir dans ce qui fait sa constitution fondamentale. A cet égard, la science consiste à expliquer les événements de la nature au-delà de leurs apparences physiques, c'est-

[98] *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* (2006) de Dominique Lecourt, Paris, Puf, 2014, p.917.
[99] Gaston BACHELARD, « Noumènes et microphysique » (1931-1932), *Etude*s Paris, 1970, p.12.

à-dire expliquer le monde caché, à savoir le noumène. Cela veut dire que l'explication scientifique d'un phénomène fait intervenir en réalité des éléments, non visibles à l'œil nu, qui rendent compte de ce phénomène. Par exemple, rendre compte de la nature de l'eau, c'est saisir les molécules qui composent l'eau. Or, ces molécules ne sont pas visibles à l'œil nu. Du point de vue pédagogique, la réflexion bachelardienne implique que l'enseignement de la science ne peut se contenter de transmettre ou de répandre une conception macroscopique de la science comme c'est souvent le cas dans les cours de science. Il s'agit en quelque sorte de maintenir la science dans un processus d'actualisation permanente.

De même, Popper montre que la mécanique quantique a fait découvrir une nouvelle conception de la science : la science empirique est foncièrement indéterministe. En effet, avant l'apparition de cette théorie, on pensait que la science pouvait décrire avec exactitude les phénomènes. Cependant, l'arrivé de la théorie quantique a remis en cause cette conception de la science, dans la mesure où elle a montré que les objets microscopiques qui composent la matière ne sont pas saisissables avec exactitude. Même pour une science évoluée comme la physique, il est difficile de décrire avec précision certains phénomènes naturels. Cette possibilité invalide de fait l'idée que la science décrit de façon exacte la réalité (le monde est prédéterminé, alors tout événement du monde peut être prédit avec précision)[100]. En clair, l'interprétation poppérienne de la mécanique quantique permet de comprendre d'une part le caractère non déterministe des théories scientifiques même dans le contexte de la mécanique classique, d'autre part elle permet de voir que la réalité qu'elle décrit au niveau quantique est indéterministe[101]. Cela traduit clairement la conception ontologique de l'épistémologie poppérienne qui décrit la structure du monde comme étant dynamique. Renée Bouveresse affirme : « La méthodologie poppérienne débouche ici sur une ontologie[102]». Par sa conséquence ontologique, l'approche poppérienne se démarque des positivistes logiques. Autrement dit, l'analyse poppérienne des méthodes des sciences empiriques conduit aussi à rendre compte d'une certaine conception du monde. Celle-ci est étroitement liée à la conception dynamique de la science de Popper : la science n'est pas définitive alors que la nature ou le monde est indéterministe.

En résumé Bachelard et Popper, à travers leurs interprétations de la mécanique quantique, montrent que la science n'est pas déterministe[103], mais approximative au sens des probabilités, elle se rapproche simplement de la vérité. C'est dans ce sens que Popper dit : « aucun prédicteur scientifique – qu'il s'agisse d'un homme de science ou d'une machine à calculer –

[100] Karl POPPER, *L'univers irrésolu, plaidoyer pour l'indéterminisme*, 1982, Paris, Hermann, 1984, p.5.
[101] Renée BOUVERESSE, *Karl Popper ou le rationalisme critique*, Paris, J.Vrin, seconde édition, 1998, p.118.
[102] Renée BOUVERESSE, *Op. cit.*, p.11.
[103] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, 1934, Paris, Puf, 2003, p.126.

ne peut prédire, par des méthodes scientifiques, ses propres résultats futurs [104]». Autrement dit, les théories ne permettent pas d'anticiper sur le progrès lui-même, c'est-à-dire qu'en science, on ne peut pas connaître avec certitude que les résultats d'une recherche seront une transformation vers un mieux. Les attentes peuvent ou pas être confirmées, car l'expérience ou la nature peut toujours contredire la prédiction avancée. D'autre part, la réalité physique est elle-même imprévisible puisqu'il y a toujours une part d'inconnu qui ne rentre pas dans la portée de la prédiction au moment où elle est faite. C'est ainsi que l'expérience empirique d'Eddington avait mille et une chances d'infirmer les résultats théoriques de la relativité d'Einstein. Malgré leurs convergences, les conceptions bachelardienne et poppérienne renferment aussi quelques divergences au niveau épistémologique et au niveau pédagogique, notamment sur la question du sens de l'enseignement de la science.

II-3- Des approches épistémologiques distinctes : un même idéal

Sur le plan épistémologique les différences entre Bachelard et Popper portent notamment sur leurs approches du concept de science, le rapport à la psychanalyse et sur la connaissance commune. Sur le premier point, Bachelard et Popper ont deux approches différentes du concept de science, c'est-à-dire qu'ils n'abordent pas la science de la même manière. Bachelard fait une approche historique alors que Popper fait une approche logique de la science. En effet, l'approche historique consiste à décrire la science dans son évolution discontinue. Cette approche montre que la science ou les théories scientifiques se développent non pas dans une accumulation des connaissances ou un prolongement des connaissances anciennes par les nouvelles mais par des ruptures. Autrement dit le développement de la science se fait dans le sens des « coupures », des aménagements et des réaménagements des pensées scientifiques. Cela veut dire que les nouvelles pensées scientifiques ne sont pas nécessairement des prolongements des anciennes pensées, mais au contraire elles peuvent contredire celles-ci. C'est dans ce sens que Bachelard fait une démarcation entre la chimie classique et la nouvelle chimie :

> « Rappelons l'organisation électronique des divers éléments de la chimie et essayons de noter le subtil passage du plan réaliste au plan de la mathématique probabilitaire. Peu à peu, on avait été amené à interpréter l'ordre de Mendéléeff comme le signe de la richesse des éléments chimiques en électrons. Avant l'intervention de la doctrine des quanta, cette explication générale du système des éléments était le triomphe du réalisme. C'était la présence réelle des électrons dans l'atome qui fournissait la racine de l'explication. Peu à peu, on en vint à adjoindre, comme le motif d'explication la place des électrons, et d'après la structure des couronnes d'électrons qu'on se fit une idée de la distribution des éléments dans les divers périodes du tableau de Mendéléeff […]. Qu'on saisisse bien la subtilisation soudaine du réalisme. Ici, le nombre devient un attribut, un prédicat de la substance. Quatre nombres quantiques suffiront à donner l'individualité à l'électron [105] »

[104] Karl POPPER, *Misère de l'historisme*, 1956, Paris, Plon, p.3.
[105] Gaston Bachelard, *Le nouvel esprit scientifique*, 1934, Paris, Quadrige/Puf, 2020. p.82.

A travers ces propos, Bachelard montre que dans la chimie classique la caractérisation des éléments chimiques se faisait par le réalisme. Ce qui expliquait l'élément chimique comme l'électron c'était sa présence dans l'atome. Or avec l'apparition de la physique quantique l'élément chimique ne s'explique plus par sa présence mais par les mathématiques. Ce sont les nombres qui rendent compte de l'électron. C'est le nombre qui rend l'électron singulier et non plus sa présence dans l'atome. Cette affirmation de Bachelard, tirée de *Le nouvel esprit scientifique,* s'inscrit dans le contexte de justification de l'effort d'abstraction qui caractérise la nouvelle pensée scientifique. Autrement dit l'explication d'un concept scientifique change nécessairement dès lors qu'il y a de nouvelles avancées. De ce fait, la science telle qu'elle est perçue à l'époque contemporaine n'est pas la science telle qu'elle est perçue à l'époque moderne (à cette époque la science était perçue comme étudiant essentiellement les objets macroscopiques, ainsi les concepts scientifiques étaient considérés comme des choses absolues, c'est-à-dire qu'ils étaient considérés comme décrivant correctement la nature. Or, avec l'apparition des nouvelles théories comme la relativité ou la mécanique quantique, cette conception de la science va s'écrouler, c'est-à-dire qu'il n'était plus tenable de considérer les concepts scientifiques comme étant définitifs). A cet égard, l'approche historique donne une certaine définition de la science : la science n'est pas forcément un savoir stable, au contraire c'est un savoir qui est soumis à une remise en cause permanente. C'est-à-dire que les nouvelles théories viennent souvent contredire les anciennes. L'histoire effective de la science est pleine de ces remises en cause. Ainsi la science explique les phénomènes toujours dans la perspective où les anciennes descriptions sont en quelque sorte remises en cause. Cela veut dire que la construction de la connaissance scientifique se fait toujours dans le sens d'un retranchement. On retranche dans la connaissance ancienne ce qui est de l'ordre d'une description non satisfaisante de la nature. Sans ces retranchements gnoséologiques la science pourrait cesser de progresser. L'approche historique montre que la science ce n'est pas simplement l'étude des phénomènes visibles, c'est aussi l'étude de phénomènes non visibles, ceux que nous ne connaissons pas encore, mais qui existent probablement dans le monde[106].

En revanche, l'approche logique que développe Popper est une analyse de la démarche scientifique conduisant à des découvertes intéressantes[107]. Il s'agit de décrire comment la science empirique procède par l'analyse des méthodes et des théories scientifiques. Cela consiste en définitive à définir les critères de validité de la science empirique. C'est par l'analyse des méthodes et des théories scientifiques que l'approche logique parvient à définir le concept de science empirique. Cette approche montre que la science empirique se caractérise par la

[106] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique,* (1938), Paris, Vrin, 1999, p.34.
[107] Karl POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Payot, Paris, 1973, p.23.

méthode critique. Cette méthode consiste à élaborer des théories qui portent sur le monde, à les soumettre à la critique et les mettre à l'épreuve de l'expérience. En clair les théories des sciences empiriques peuvent être remises en cause par l'expérience. Par conséquent, la science apparait comme un savoir en sursis, toujours exposé à un changement brusque que pourrait entrainer la découverte de nouvelles explications plus satisfaisantes. C'est dans ce sens que Popper dit que le but de la science est de rechercher les explications satisfaisantes de la réalité physique :

> « Si la science consiste, comme je l'ai proposé, à trouver des explications satisfaisantes, seuls les réalistes sont en mesure de la comprendre. Car une explication n'est satisfaisante que s'il n'est pas *ad hoc*, et cette idée – l'idée de confirmation indépendante – ne peut guère être compris en l'absence de l'idée de découverte, de progression vers des niveaux d'explication de plus en plus profond – autrement dit, de l'idée qu'il y a quelque chose à découvrir et à soumettre à un examen critique [108]»

Popper affirme ces propos dans *Le réalisme et la science* qui fait partie du « Postscriptum à *La logique de la découverte scientifique* ». Il vient expliciter sa pensée, notamment dans le contexte de la critique de l'empirisme logique. Afin de montrer que le critère de la falsifiabilité, sa solution au problème de Kant, n'est pas un critère logique, mais vise au contraire à confirmer ou à préserver le caractère empirique de la science. La réalité physique étudiée par la science n'est pas essentielle, c'est-à-dire le véritable monde définitif qui se trouve derrière les apparences. Les réalistes sont ceux qui considèrent que les théories scientifiques sont de véritables tentatives de description du monde réel. Et ce monde a des niveaux ou des aspects que les théories décrivent ou tentent de rendre compte par des explications satisfaisantes. Popper rejette ici les conceptions instrumentalistes, essentialistes et même néo-positivistes de la science empirique. En effet, pour Popper les réalistes sont seuls capables de comprendre que la science a pour finalité de trouver des explications satisfaisantes, dans la mesure où les réalistes sont seuls capables de comprendre qu'une explication satisfaisante n'est une pas explication circulaire ou une explication qui vise à sauver la théorie de la réfutation.

On peut même dire que ce sont la solution et le problème qui déterminent véritablement si l'explication est satisfaisante ou pas, puisque c'est toujours à partir de ces éléments préalables que l'on soumet l'explication à la critique. C'est la critique ou l'examen critique qui détermine en définitive si l'explication est satisfaisante ou pas, dans la mesure où la critique mettra en lumière le caractère non *ad hoc* et circulaire de la théorie par rapport à la solution et le problème. On peut donc dire que l'approche logique poppérienne dont il s'agit ici n'est pas une approche purement logique mais une approche logico-empirique parce qu'elle renferme à la fois une dimension logique et une dimension empirique qui se manifestent respectivement par l'analyse de la structure formelle de la science et par l'intervention d'autres éléments extérieurs à cette

[108] Karl POPPER, *Le réalisme et la science*, (1983), Paris, Hermann, 1990, p.164.

structure. Ce sont ces deux éléments qui garantissent le caractère empirique des théories. Cependant il est nécessaire d'éviter l'erreur qui consistera à considérer les explications satisfaisantes comme étant absolues. En réalité Popper lui-même ne les considère pas ainsi. Au regard de la philosophie, on peut affirmer que les explications satisfaisantes sont aussi soumises à la réfutabilité permanente. Autrement dit la recherche des explications satisfaisantes est un processus de remplacement perpétuel où les anciennes explications, devenues infructueuses, sont remplacées par de nouvelles explications plus profondes. Sachant que ces explications renvoient simplement aux descriptions qui portent sur le monde réel. Donc l'approche logique décrit la science telle qu'elle se déroule véritablement dans le monde réel. Le contenu des explications scientifiques n'est pas de simples objets linguistiques, mais des objets théoriques qui existent véritablement dans le monde. La science étudie la réalité empirique effective.

Conclusion

Comment mieux enseigner la science ? La réponse à cette question dépend de la définition même de la science. Cela ne consiste pas simplement en un exposé des différences et des similitudes entre Bachelard et Popper. On pourrait par exemple citer de différents problèmes à la fois au niveau épistémologique et au niveau pédagogique : la valeur de l'induction en science et en pédagogie, le statut de la psychanalyse, la connaissance commune et la connaissance scientifique etc. Nul doute qu'ils ne font pas partie de la même tradition philosophique (respectivement francophone et anglo-saxonne). De même leurs façons de concevoir la science sont différentes : Bachelard s'inscrit dans une approche historique et psychologique (psychanalyse), alors que l'approche poppérienne est plutôt logique (formelle). Mais nous ne voudrions pas être enfermé dans un recensement ou une simple description des points de désaccord et de convergence entre les deux auteurs. Il est plus instructif de s'intéresser à la manière dont ils construisent parallèlement un discours pédagogique dans la perspective d'un enseignement efficace et fécond de la science, tributaire de leurs conceptions de la science.

Dans *Le nouvel esprit scientifique,* publié en 1934, Bachelard affiche clairement sa démarcation avec certaines conceptions classiques (empiriste, positiviste et rationaliste) de la science. En général, il refuse l'idée selon laquelle la science se distingue par l'observation immédiate (des objets empiriques du monde) et par l'accumulation des connaissances considérées, selon lui, comme de véritables entraves à une compréhension de ce qu'est véritablement la science en tant qu'activité de construction déterminée par la critique. La lecture particulièrement historique et psychologique de Bachelard montre que la science est avant tout une activité

exigeante de critique et non une masse de connaissances cumulatives. Avec la publication la même année que Bachelard en 1934 de *La logique de la découverte scientifique*, Popper s'inscrit clairement dans la perspective d'élaboration d'une conception dynamique de la science. Comme Bachelard, il rejette sévèrement la conception de la science qui découle de l'empirisme (classique et logique). Selon lui, la science et les théories scientifiques sont essentiellement construites par réfutation. Cela illustre bien le caractère critique de la science. Toutefois, ce rapprochement entre les deux auteurs peut paraître curieux, dans la mesure où ils n'avaient pas de proximité en tant que telle. Ils ne se citent pas explicitement dans leurs ouvrages, même si Bachelard avait fait un compte rendu de *La logique de la découverte*, et si Popper en parle lors d'une conférence. A notre connaissance, c'est le seul réel contact entre les deux philosophes. Mais une lecture approfondie de leurs œuvres respectives nous a permis d'identifier une certaine proximité épistémologique quant à la définition de la science (qui passe aussi par une discussion commune avec certains auteurs tels que Pierre Duhem) et l'élaboration d'un discours pédagogique. Un discours en opposition direct avec les discours pédagogiques traditionnels en vigueur à leur époque.

En concevant la science comme une activité essentiellement critique, Bachelard rejette sans tergiverser la manière empiriste et positiviste de concevoir l'enseignement la science, dans la mesure où cet empirisme pédagogique ne permettait pas de transmettre à l'élève une meilleure vision de la science empirique et de parvenir à une véritable compréhension de la nature des théories scientifiques. Dans son article « Noumène et microphysique », Bachelard montre que cette étrange pédagogie consistant à « attacher l'esprit [de l'apprenant] au concret » faisait de l'observation immédiate la meilleure manière d'enseigner et d'apprendre les savoirs scientifiques. Or l'observation et la répétition débouchent sur la mémorisation des savoirs alors que la science ne se définit pas comme une somme de savoirs accumulés à apprendre par cœur. Elle est au contraire une activité d'examen critique et de construction des théories à apprendre de manière réflexive par une participation active de l'élève dans un rapport dialectique avec l'enseignant. Ainsi, enseigner efficacement et fructueusement les sciences, c'est faire acquérir les attitudes critiques de raisonnement, d'explication, de construction des savoirs scientifiques. Contre l'autonomisation aveugle de l'élève, l'apprentissage par cœur et la répétition de l'enseignement traditionnel (la *Lernschule*), Popper pose l'importance de l'activité réflexive critique dans l'apprentissage de la science puisque dans sa conception de la science l'activité de l'esprit occupe une plus grande place que l'expérimentation et l'observation. Cette activité consiste pour l'essentiel en un examen critique des hypothèses scientifiques ; dans le cadre de l'enseignement elle prend la forme d'un processus d'élimination des explications non satisfaisantes concernant le problème enseigné. On le voit, Popper s'inscrit ici dans la même logique que

Bachelard : définir un enseignement efficace et fécond de la science déterminé par la critique et non par l'observation qui conduit à l'apprentissage par cœur et par répétition.

Selon nous, la meilleure manière d'enseigner la science serait de procéder de façon critique comme l'affirment effectivement Bachelard et Popper. Mais il s'agit nécessairement d'une critique bidimensionnelle, complète, c'est-à-dire une critique qui se manifeste simultanément au niveau logique (formelle) et au niveau psychologique et historique, car l'aspect formel de l'activité de la science et l'aspect historico-psychologique sont pris en compte, puisque comprendre la science, c'est à la fois tenir compte du contexte de justification et du contexte de découverte. Or l'enseignement des sciences se structure toujours autour des épistémologies classiques (empiriste et rationaliste) dépassées, voire périmées pour reprendre ce terme de Bachelard. C'est pourquoi, il est légitime d'insister sur les critiques judicieuses et percutantes que Bachelard et Popper adressent communément à l'empirisme et au rationalisme classiques.

CHAPITRE II : CRITIQUE DE L'EMPIRISME CLASSIQUE ET DE LA PEDAGOGIE EMPIRISTE

Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons vu que l'enseignement de la science s'appuie sur des réflexions ou des doctrines épistémologiques. Certaines ont fait l'objet de multiples remises en cause par le nouvel esprit épistémologique à partir des années 1920-1930, incarné de façon presque radicale par la pensée de Bachelard et celle de Popper. Dès le début de son œuvre Bachelard constate que le modèle empiriste prévaut dans l'enseignement de la science, c'est-à-dire que les savoirs scientifiques sont enseignés dans une logique empiriste : l'observation et l'expérience sont davantage privilégiées que la réflexion ou la théorisation[109]. Cela s'est fait au fil des réformes scolaires, surtout celle de 1902. Pour l'empirisme toutes nos connaissances viennent de l'expérience (le monde sensible tel qu'il se donne à nos sens). Par conséquent, l'apprentissage de la science doit se faire aussi par l'expérience ou de manière concrète. Popper fait remarquer que l'empirisme sous-tendait pour l'essentiel l'enseignement des sciences. L'apprentissage par induction y était consacré. Or selon l'auteur de *La logique de la découverte scientifique*, le modèle inductif caractérise l'apprentissage empiriste de la science ; il s'agit pour l'essentiel d'un enseignement par répétition ou par un apprentissage par cœur qui se fonde sur la primauté des observations et de l'expérience sensible. Peut-on alors considérer l'empirisme traditionnel comme un fondement solide de l'apprentissage des savoirs scientifiques ? La pédagogie empiriste est-elle la meilleure manière d'apprendre et de faire apprendre les connaissances scientifiques ?

L'étude de la relation entre Bachelard et Popper prend ici la forme d'une critique de l'empirisme classique et surtout de la pédagogie qui en découle. En concevant la science comme une activité essentiellement critique, les deux auteurs rejettent simultanément l'empirisme traditionnel et la pédagogie empiriste. L'empirisme, en raison de ses conséquences erronées sur la nature de la science, n'est pas un fondement certain pour l'enseignement de la science. Comment alors se déploie la critique bachelardienne et poppérienne de l'empirisme classique ? Que révèle-t-elle ? Toute tentative visant à fonder l'enseignement de sciences sur l'empirisme traditionnel est-elle vouée à l'échec ?

[109] On fait allusion à la formulation des hypothèses. En s'appuyant sur Newton, on tient pour suspect tout apprentissage par la formulation des hypothèses était suspect, voire banni, car il était considérée comme non conforme à l'image de la science qui prévalait pratiquement du XVIIe siècle jusqu'à la première moitié du XXe siècle, malgré la révolution einsteinienne. De nos jours, même si, cette image représentation de la science n'est plus dominante. En revanche, dans l'enseignement le modèle empiriste subsiste encore sous certaines formes.

En analysant l'épistémologie de l'empirisme classique via la critique de Bachelard et de Popper, nous montrerons que cette doctrine ne peut servir de fondement théorique solide à la pédagogie de la science, ou plus précisément à l'enseignement de la science empirique. Nous verrons que les critiques que nos deux auteurs adressent à la vision classique de la science se répercutent aussi sur la pédagogie empiriste classique.

I– BACHELARD ET POPPER CONTRE L'EMPIRISME CLASSIQUE

I-1- La critique poppérienne de l'empirisme classique

Popper conçoit l'empirisme comme une forme d'épistémologie qui privilégie l'induction. L'empirisme est ainsi lié à l'inductivisme naïf. Pour des besoins de clarification, nous tenterons de faire une démarcation nette entre les deux termes, avant de voir en quoi ils sont liés dans la critique poppérienne. À quoi renvoient respectivement l'empirisme classique et l'inductivisme naïf ? En effet, pour Popper l'empirisme classique est la théorie de la connaissance qui soutient la thèse selon laquelle nos connaissances viennent de l'expérience, autrement dit la connaissance que nous avons des objets provient premièrement du monde empirique tel qu'il se donne à nous. Nous connaissons les phénomènes parce que nous les percevons. L'empirisme a une dimension logique et une dimension psychologique. Au niveau logique, il s'agit de la validité de nos énoncés ou de nos jugements portant sur la réalité. Quant à la dimension psychologique, elle renvoie à nos perceptions sur les objets. C'est ainsi que Popper affirme :

> « [Contrairement au rationalisme classique], l'empirisme [est] le point de vue opposé. Sa thèse fondamentale est que l'on peut décider qu'*a postériori,* c'est-à-dire par expérience de la vérité ou de la fausseté d'un énoncé portant sur la réalité. De cette thèse fondamentale, l'empirisme classique tire des conséquences inductivistes : il croit pouvoir conclure que les lois de la nature doivent être dérivées de l'expérience, c'est-à-dire induites [110]».

A travers cette affirmation Popper veut dire que c'est seulement le monde concret, le divers empirique, l'espace et le temps, le monde de nos sensations qui tranche si nos jugements portant sur la réalité sont vrais ou faux. Pour l'empirisme classique, c'est l'expérience qui dit si nos énoncés d'expérience ou d'observation sont conformes à la réalité. Cela signifie que nos connaissances portant sur le monde ou la nature se justifient seulement par l'expérience. C'est dans cette optique que Popper dit : « l'expression *a postériori* indique un fondement déterminé de la valeur de validité, à savoir le contrôle empirique, la vérification par l'expérience[111]». Cela

[110] Karl POPPER, *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, Paris, Hermann, 1999, p.33.
[111]Karl POPPER, *Ibid*., p.36.

veut dire que l'expérience est l'instance qui valide nos connaissances empiriques. Une connaissance est vraiment une connaissance si et seulement si elle a été justifiée par l'expérience, c'est-à-dire s'il a été prouvé qu'elle désigne effectivement quelque chose qui existe dans le monde réel. Selon Popper, cette thèse fondamentale de l'empirisme classique a des implications inductivistes : les empiristes considèrent que nos connaissances sont tirées de l'expérience de manière inductive[112].

De ce fait, les lois de la nature découlent de l'expérience, c'est-à-dire de l'ensemble des phénomènes particuliers observés. Les lois de la nature qui sont des énoncés universels sont tirées de l'observation d'un certain nombre d'événements particuliers qui se produisent avec récurrence. Pour formuler les lois de la nature, on observe des phénomènes singuliers qui se répètent. Si cette répétition est récurrente, alors on établit sous forme de loi universelle qui les gouverne. Par exemple, la formulation que la combustion d'un hydrocarbure avec l'oxygène produit de l'eau et du monoxyde de carbone découle d'une observation récurrente : lorsqu'on observe un certain nombre de corps appelés hydrocarbure brûlant avec du O_2, il se produit à chaque fois du dioxyde de carbone (CO_2) et de l'eau (H_2O). C'est donc grâce à cette observation récurrente qu'on a pu établir le principe de la combustion de l'oxygène avec un hydrocarbure. C'est pourquoi, partant de ce genre d'exemple, l'empirisme classique considère que nous acquérons nos connaissances de l'expérience par le moyen de l'induction.

D'après cette philosophie, la science empirique se caractérise par l'expérience immédiate et elle procède par induction en tant qu'observation des évènements particuliers récurrents. Il ressort que la conception empiriste de la science consiste à dire que ce qui caractérise la science empirique, c'est le fait qu'elle se fonde sur l'expérience inductive. Et les théories découlent exclusivement de phénomènes particuliers observables dans le monde réel. Les lois scientifiques, par exemple celles de la physique, dérivent de l'expérience, c'est-à-dire du monde concret tel qu'il se donne à nous par le moyen de l'observation sensorielle. Cela signifie que l'observation est le point de départ des connaissances scientifiques. Cette conception empiriste de la science se veut moins spéculative. A cet égard, l'inductivisme naïf soutient la thèse selon laquelle nous acquérons nos connaissances, uniquement par des approches inductives. Et par « inductive », on entend « une inférence si elle passe d'énoncés singuliers (parfois appelés aussi énoncés particuliers), tels que des comptes rendus d'observations ou d'expériences, à des énoncés universels, telles des hypothèses ou des théories [113]». Ce que Popper veut dire ici c'est que pour les partisans de l'inductivisme naïf, les énoncés scientifiques universels sont tirés des énoncés singuliers provenant de l'observation ou de l'expérience : les hypothèses scientifiques

[112] Karl POPPER, *Op cit.*, p.33
[113] Karl R POPPER, *Ibid.*, p.23.

découlent exclusivement de l'observation des faits ou des données de l'expérience sensible. En science, pour connaître, le savant fait un certain nombre d'observations qui produisent des données empiriques à partir desquels on établit des hypothèses ou des théories qui expliquent un phénomène. C'est pourquoi pour les inductivistes naïfs la science se fonde sur l'observation ou l'expérience. Selon eux, la vérité des hypothèses, qui sont des énoncés universels, est connue par l'expérience ou par l'observation[114]. Ce sont les données empiriques qui permettent de dire que telle théorie scientifique est vraie. C'est à partir d'observations répétées qu'on conclut que telle hypothèse ou théorie est conforme ou pas à la réalité.

L'empirisme classique et l'inductivisme naïf montrent que la connaissance scientifique est tirée de l'expérience sensible par l'inférence inductive. C'est justement cette thèse centrale que Popper rejette radicalement.

Popper estime que la conception de la science qui découle de l'empirisme classique et de l'inductivisme naïf est totalement erronée. C'est ainsi qu'il affirme : « selon une vue largement répandue [notamment par les positivistes logiques] combattue d'ailleurs dans ce livre, on peut caractériser les sciences empiriques par le fait qu'elles utilisent des ''méthodes'' dites inductives [115]». Popper critique la thèse empirico-inductive selon laquelle ce qui caractérise la science empirique, c'est la démarche inductive ou l'inférence inductive telle que nous venons de la décrire. Selon l'auteur de *Conjectures et réfutations*, cette conception de la science qui se base sur l'inférence inductive et l'expérience sensible est une fausse conception de la science. Car l'inférence inductive peut conduire à des conclusions fausses, à des incohérences logiques et à une régression à l'infini. En effet, l'inférence inductive peut conduire à des con- clusions fausses, dans la mesure où le grand nombre d'évènements singuliers observés ne jus- tifient pas nécessairement que la conclusion qui en sortira soit effectivement vraie. Cette con- clusion peut ne pas être en conformité avec les évènements singuliers qui prétendent l'établir. C'est-à-dire que la conclusion établie peut être en inadéquation avec les faits particuliers ob- servés. C'est dans cette optique que Popper affirme :

> « Il est courant d'appeler 'inductive' une inférence si elle passe d'énoncés singuliers (parfois appelés aussi énoncés particuliers), tels des compte rendus d'observations ou d''expériences, à des énoncés universels, telles des hypothèses ou des théories. Or il est loin d'être évident, d'un point de vue logique, que nous soyons justifiés d'inférer des énoncés universels à partir des énoncés singuliers aussi nombreux soient-ils ; toute conclusion tirée de cette manière peut, en effet, se trouver fausse : peu importe le grand nombre de cygnes blancs que nous puissions avoir observés, il ne justifie pas la conclusion que tous les cygnes sont blancs [116]».

[114] Karl R POPPER, *Op cit*., p.24.
[115] Karl R POPPER, *Ibid*., p.23.
[116] Karl R POPPER, *Ibid.*, p.23.

Ces propos de Popper illustrent bien la conclusion potentiellement fausse que peut impliquer l'inférence inductive. Dans ce cas, s'appuyer sur cette inférence, c'est dire que la science peut conduire inévitablement à des choses fausses. Or, on sait que la science recherche la vérité. D'où il est presqu'impossible de justifier, c'est-à-dire de prouver la vérité d'une loi ou d'une théorie scientifique à partir de quelques observations, peu importe leur grand nombre, parce qu'il est impossible empiriquement de vérifier cette loi dans tous les cas particuliers auxquels elle renvoie, même les cas qu'on ne connaît pas encore. En d'autres termes, la vérification de tous les cas particuliers est une chose impossible. Par exemple l'affirmation « tous les cygnes sont blancs » représente d'abord une loi du point de vue empiriste. Cette affirmation serait vraie parce que tous les cygnes qui ont été empiriquement observés, en Europe jusqu'au XVIIe siècle, sont blancs ; on conclut donc que tous les cygnes sont blancs. Or, c'est là une erreur, nous dit Popper, car le fait de n'avoir jamais observé un cygne autre que blanc ne signifie pas que tous les cygnes sont nécessairement blancs, puisqu'il peut exister quelque part un cygne noir qu'on n'a jamais observé, mais qui existe véritablement dans l'espace et le temps, à un endroit autre que là ou est l'observateur. A cet égard, l'affirmation que tous les cygnes sont blancs est potentiellement fausse. L'inférence inductive ne peut que conduire à une conclusion fausse. Par conséquent, c'est une fausse conception épistémologique de faire reposer la science sur les approches inductives.

D'autre part, la conception empirico-inductiviste de la science est erronée, selon Popper, parce que l'inférence inductive peut aussi conduire à des incohérences logiques. En effet, le principe d'induction est un énoncé servant à faire des inférences inductives, c'est-à-dire un énoncé sous la forme d'un axiome à l'aide duquel on dérive d'autres énoncés ayant une valeur universelle. A cet égard, le principe d'induction, tel qu'il est décrit ici, est considéré comme un énoncé qui est d'emblée vrai, c'est-à-dire que sa vérité est donnée immédiatement parce qu'il est tiré de l'expérience. Or, c'est là précisément la difficulté que pointe Popper de justifier logiquement les inférences inductives à partir du principe d'induction, car c'est un énoncé d'expérience ou d'observation dont la vérité n'est pas connue d'avance. Par conséquent, il demande d'abord à être justifié avant de fonder d'autres énoncés à caractère universel comme les lois ou les théories scientifiques. C'est dans ce sens que Popper affirme :

> « Pourtant, si nous désirons de trouver un moyen de justifier les inférences inductives nous devons, avant toute chose, essayer d'établir un principe d'induction. Ce dernier est un énoncé à l'aide duquel nous pourrions faire des inférences inductives dans une forme logique. Aux yeux des défenseurs de la logique inductive un principe de ce genre est d'une extrême importance pour la méthode scientifique : 'ce principe', dit Reichenbach, 'détermine la vérité des théories scientifiques. L'éliminer de la science ne signifierait rien de moins que priver celle-ci de son pouvoir de décider de la vérité ou de la fausseté des théories'. Or ce principe d'induction ne peut être une vérité purement logique comme l'est une tautologie ou un énoncé analytique. En effet, s'il y avait quelque chose comme un principe d'induction purement logique, il n'y aurait pas de problème lié à l'induction car dans ce

> cas toutes les inférences inductives devraient être considérées comme des transformations purement logiques ou tautologiques, tout comme les inférences pratiquées dans la logique déductive [117]»

A travers cette affirmation, l'auteur de *La logique de la découverte scientifique* veut dire que le principe d'induction n'est pas un énoncé tautologique ni analytique. Il n'est donc pas une pure vérité logique. Sa vérité en soi n'est pas donnée par la logique mais par l'expérience. Dans ce cas, le principe d'induction est un énoncé synthétique « dont la négation n'est pas contradictoire mais bien logiquement possible », poursuit Popper. Cela veut dire que le contraire de l'énoncé synthétique est valide du point de vue de la logique. Alors qu'empiriquement cela n'est pas possible. Ce qui signifie que le principe d'induction n'est pas fiable pour fonder la science empirique du point de vue logique parce qu'il n'est pas une vérité purement logique, mais un énoncé synthétique qui se fonde sur l'expérience. Par conséquent, toute tentative à vouloir fonder les théories scientifiques échouent, dans la mesure où l'énoncé synthétique de base, c'est-à-dire le principe d'induction, doit d'abord être justifié. Et cette justification entraîne véritablement des incohérences logiques insurmontables si on maintient à tout prix le fait de vouloir induire les théories scientifiques à partir des énoncés singuliers, à savoirs des comptes rendus d'expériences empiriques La seconde incohérence logique qu'entraîne le principe d'induction c'est la régression à l'infini qu'implique sa justification.

En effet, il faut à chaque fois trouver un principe d'induction supérieur qui sert à faire des inférences inductives. Et la recherche d'un principe d'induction supérieur à partir de l'expérience conduit nécessairement à la recherche d'un autre principe plus général parce que ce principe supérieur doit aussi être justifié à son tour, car la science ne se fonde pas sur des énoncés non justifiés. A chaque fois qu'on a un principe d'induction considéré comme supérieur, il faut qu'il soit justifié, et ainsi de suite. Voilà pourquoi la justification du principe d'induction ne peut qu'entraîner une régression à l'infini, ou pour le dire plus exactement une justification à l'infini. L'incohérence logique réside donc dans cette justification à l'infini d'un énoncé synthétique alors qu'il est censé impliquer des inférences inductives. Il est aussi incohérent de vouloir considérer à la fois le principe d'induction comme un énoncé servant à faire des inférences inductives et comme un énoncé synthétique fondé sur l'expérience. Dès lors, le principe d'induction doit nécessairement être justifié au fur et à mesure, avant de pouvoir faire des inférences inductives. Dans *La logique de la découverte scientifique*, Popper écrit : « la tentative visant à fonder le principe d'induction sur l'expérience échoue donc, puisque celle-ci doit conduire à une régression à l'infini [118]». Autrement dit, la justification du principe d'induction par l'expérience n'est pas possible, c'est-à-dire qu'on n'arrive pas réellement à faire

[117] Karl R POPPER, *Op. cit.*, p.24.
[118] Karl R POPPER, *Ibid.*, p.25.

cette justification, parce que cela conduit à rechercher à chaque fois un nouveau principe d'induction supérieur. Et si on parvenait à trouver un tel principe, on se rendrait compte que ce dernier demande aussi à être justifié, tout simplement parce qu'il se fonde sur l'expérience. Cela veut dire qu'il est impossible par conséquent de justifier le principe d'induction sur la base de l'expérience, dans la mesure où cette justification entraînerait une régression à l'infini. *A priori* si l'on regarde bien, ce n'est pas un problème en soi que le principe d'induction conduise à une régression à l'infini. Mais le problème surgit quand on veut le fonder sur l'expérience. De ce fait, soit on le considère tout simplement comme une vérité purement logique, et il perd *de facto* son caractère empirique. Soit on le considère à la manière des empiristes inductivistes comme un énoncé d'expérience ou d'observation, ce qui entraine inévitablement une sorte de justification à l'infini du principe d'induction. Selon Popper la conception empirico-inductiviste de la science est erronée, car le principe d'induction entraine une justification à l'infini, tout comme l'inférence inductive peut entrainer des conclusions fausses. En d'autres termes, l'idée que les théories et les lois scientifiques sont tirées des comptes rendus d'expérience est fausse d'après Popper, dans la mesure où elle se fonde sur le principe inductif ou l'inférence inductive. Les énoncés scientifiques de base ne se justifient pas à l'infini de manière régressive. Popper pense que la science ne fonctionne pas comme le croient les empirico-inductivistes. La critique de Popper de la conception empirico-inductiviste de la science rencontre à plusieurs égards celle de Bachelard. Même si elles divergent sur la question de l'induction, elles se rejoignent sur l'essentiel.

I-2- La critique bachelardienne de l'empirisme classique

Tout comme Popper, Bachelard rejette l'empirisme classique. Il part du constat qu'à l'ère du nouvel esprit scientifique les épistémologies traditionnelles, à savoir l'empirisme classique et le rationalisme classique, continuent leur polémique. Pour Bachelard ces épistémologies traditionnelles sont incapables de décrire le nouvel état de la science, parce qu'elles font usage des catégories descriptives classiques, qui ne tiennent pas compte du caractère dynamique de la science contemporaine. Par conséquent, la conception de la science décrite par l'empirisme classique n'est pas adéquate, c'est-à-dire qu'elle n'est pas conforme à la nature effective de la science nouvelle. Reste à savoir comment Bachelard conçoit l'empirisme classique. Pour lui, il s'agit d'une philosophie qui met l'expérience, c'est-à-dire le monde concret, au le fondement de nos connaissances rationnelles. Cela veut dire que pour les empiristes, d'après Bachelard, la connaissance découle du contact de nos sens avec les objets qui existent dans notre environnement. Ainsi, connaître au sens empiriste c'est avant tout prendre les phénomènes immédiats pour des objets de la connaissance, c'est-à-dire pratiquer l'observation

première. C'est l'observation répétitive qui produit une connaissance relative aux phénomènes. Sans observation préalable, il n'y a pas de connaissance véritable. Quant au réalisme, d'après Bachelard, c'est la doctrine philosophique qui affirme que la réalité est dotée d'une existence absolue, c'est-à-dire qu'elle existe indépendamment du sujet connaissant. La réalité a une existence propre. Elle est une chose en soi :

> « Comme nous proposons d'étudier surtout la philosophie des sciences physiques, c'est la réalisation du rationnel dans l'expérience physique qu'il nous faudra dégager. Cette réalisation qui correspond à un réalisme technique nous paraît un des traits distinctifs de l'esprit scientifique contemporain, bien différent à cet égard de l'esprit scientifique des siècles derniers, bien éloigné de l'agnosticisme positiviste ou des tolérances pragmatique, sans rapport enfin avec le réalisme philosophique traditionnelle. En effet, il s'agit d'un réalisme de seconde position, d'un réalisme en réaction contre la réalité usuelle, en polémique contre l'immédiat, d'un réalisme fait de raison réalisée, de raison expérimentée. Le réel qui lui correspond n'est pas rejeté dans le domaine de la chose en soi inconnaissable. Il a une tout autre richesse nouménale. Alors que la chose en soi est un noumène par exclusion des valeurs phénoménales, il nous semble bien que le réel scientifique est fait d'une contexture nouménale propre à indiquer les axes de l'expérimentation [119]»

A travers ces propos, Bachelard affirme l'idée selon laquelle le nouvel esprit scientifique ou la science contemporaine se caractérise aussi par le réalisme technique, lequel se démarque du réalisme traditionnel de la philosophie qui pose la chose en soi comme étant inconnaissable. D'une part, Bachelard critique le réalisme kantien qui présente la réalité nouménale comme étant hors de la portée du sujet. D'autre part, Bachelard critique un certain réalisme scientifique qui pose la réalité dans le règne de l'observation immédiate. Cela n'est pas un réalisme scientifique. Cependant, selon lui, le réalisme véritablement scientifique pose la réalité comme étant nouménale, c'est-à-dire une réalité qui transcende les apparences immédiates. Le sujet connaissant accède à cette réalité avec l'usage des instruments, de telle sorte qu'il y a une véritable fusion entre l'objet décrit et l'instrument technique utilisé. Ainsi, de cette affirmation bachelardienne citée ci-dessus, il ressort que, selon l'empirisme classique, il n'y a pas de rapport d'influence mutuelle entre le Monde et l'Esprit. Ou du moins le seul rapport réside dans l'observation du Monde par l'Esprit. L'effort qui est demandé au sujet connaissant c'est d'aller à la recherche de cette réalité en soi et d'en rendre compte telle qu'elle existe, sans la dénaturer. Le sujet connaissant n'a aucune influence sur elle. Ainsi, la réalité est découverte et non construite. De ce fait, nous ne pouvons connaître que ce qui est observable dans le monde empirique. Pour Bachelard ce réalisme de la philosophie traditionnelle est un réalisme naïf, parce qu'il se focalise sur l'objet immédiat[120]. C'est un réalisme de première position, puisqu'il se base sur la première vue du phénomène.

De cette philosophie empirico-réaliste découle une certaine conception empiriste et réaliste de la science que Bachelard récuse, à savoir que la science se fonde sur l'expérience ou

[119] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, 1934, Paris, Puf /Quadrige, p.9.
[120] Gaston BACHELARD, *Ibid..*, p.8.

l'observation immédiate. Les lois ou les théories scientifiques sont réelles parce qu'elles rendent compte de la réalité existante indépendamment du sujet connaissant. La science étudie les objets qui découlent de l'expérience première[121], c'est-à-dire les phénomènes physiques tels qu'ils se donnent à nos sens. La conception empirico-réaliste de la science consiste à dire que la science étudie la réalité immédiate, c'est-à-dire les phénomènes naturels tels qu'ils sont produits dans l'expérience. Autrement dit, les théories scientifiques ou les doctrines scientifiques décrivent le monde réel immédiat. Par exemple, la mécanique newtonienne parle des choses qui existent réellement dans le monde empirique, ce sont des choses qu'on peut effectivement expérimenter. Cependant, l'auteur de *La formation de l'esprit scientifique* pense que cette conception de la science n'est pas conforme à la nature effective de la science, notamment la science contemporaine. Pour Bachelard l'empirisme classique et le réalisme naïf de la philosophie traditionnelle décrivent une fausse image de la science, dans la mesure où ces doctrines présentent l'objectivité scientifique comme étant une émanation exclusive de l'objet immédiat. Cela implique que le savant n'agit pas sur les phénomènes, c'est-à-dire qu'il ne fait pas intervenir ses impressions personnelles dans la production de la connaissance scientifique. Les descriptions premières qu'il fait du monde sont totalement neutres. La seule chose qui lui est demandée c'est de décrire fidèlement la réalité sans rien y ajouter. Décrire le monde tel qu'il est, tel qu'il apparaît à nos sens. Et la démarche consiste à partir du réel pour aller vers le rationnel, de l'expérience vers la raison. Pour décrire le monde, le savant commence par faire des observations au sujet des objets immédiats afin de parvenir à en faire ressortir une théorie ou une hypothèse scientifique. Or dit Bachelard :

> « Déjà l'observation a besoin d'un *corps* de précautions qui conduisent à réfléchir avant de regarder, qui réforment du moins la première vision, de sorte que ce n'est jamais la première observation qui est la bonne. L'observation scientifique est toujours une observation polémique ; elle confirme ou infirme une thèse antérieure, un schéma préalable, un plan d'observation ; elle montre en démontrant ; elle hiérarchise les apparences ; elle transcende l'immédiat ; elle reconstruit le réel après avoir reconstruit ses schémas. Naturellement, dès qu'on passe de l'observation à l'expérimentation, le caractère polémique de la connaissance devient plus net encore. Alors il faut que le phénomène soit trié, filtré, épuré, coulé dans le moule des instruments, produits sur le plan des instruments. Or les instruments ne sont que des théories matérialisées. Il en sort des phénomènes qui portent de toutes parts la marque du théorique. [122]».

Bachelard veut dire que les empiristes réalistes se trompent en faisant précéder l'observation à la théorie ou à la réflexion (entendue ici comme la simple construction critique des hypothèses), car l'observation n'est en réalité jamais dénuée de théories. Il y a toujours une certaine hypothèse qui oriente l'observation. La pure observation, toute neutre, n'existe pas, si l'on se limite à ces propos de Bachelard. La seconde raison pour laquelle la conception empirico-

[121] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique,* 1938, Paris, Vrin, 2004, p.21.
[122] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, 1934, Paris, Puf /Quadrige, p.16. Souligné dans le texte.

réaliste de la science est erronée selon Bachelard, c'est le fait qu'elle considère l'expérience comme la seule garantie de la preuve scientifique. Cela signifie que la preuve scientifique dépend exclusivement de la réalité immédiate. C'est cette réalité qui donne à la preuve sa véritable consistance. Sans la réalité immédiate il n'y aurait pas de preuve scientifique. Le réel scientifique est décrit seulement par l'intuition réaliste et empirique, le monde n'est ainsi saisi que par une seule intuition, une seule philosophie.

Cependant, Bachelard montre qu'une seule intuition descriptive ne peut servir de fondement pour constituer la preuve scientifique. Car les objets scientifiques ne sont pas un tout homogène. Ils renferment plusieurs aspects qu'il convient de prendre en compte dans leur description. C'est pourquoi Bachelard dit : « ainsi, dès qu'on médite l'action scientifique, on s'aperçoit que le réalisme et le rationalisme échangent sans fin leurs conseils. Ni l'un ni l'autre isolément ne suffit à constituer la preuve scientifique [123]». Le réalisme et le rationalisme ne peuvent pas tout seuls servir à produire la preuve scientifique, parce qu'ils ne décrivent qu'un aspect de la réalité ou du monde dans leurs singularités. A cet égard, le réalisme a nécessairement besoin du rationalisme et *vice versa* pour constituer la preuve scientifique. Par conséquent, le réalisme ne décrit pas correctement la nature de la science lorsqu'il se fonde exclusivement sur l'expérience pour constituer la preuve scientifique puisqu'il décrit seulement une partie du réel. Or la preuve scientifique est complexe.

En résumé, Bachelard et Popper ont en commun la critique de l'empirisme classique et ses avatars, l'inductivisme naïf et le réalisme classique de la philosophie traditionnelle. Au-delà des raisons différentes de cette critique (Bachelard pense que l'empirisme est erroné parce qu'il se fonde sur l'expérience immédiate, alors que chez Popper c'est parce que l'empirisme s'appuie sur la démarche inductive), il y a au moins une raison qui les rapproche, à savoir que la conception empiriste de la science est erronée parce qu'elle met l'observation au point de départ de la connaissance scientifique. Ainsi, de cette critique de l'empirisme traditionnel découle la critique de la pédagogie empiriste classique. Cette critique a pour fonction de montrer que l'empirisme n'est pas un véritable fondement pour l'enseignement de la science.

II- LA CRITIQUE DE LA PEDAGOGIE EMPIRISTE TRADITIONNELLE

La pédagogie empiriste classique se caractérise par l'idée selon laquelle l'enseignement se fait à partir de l'expérience ou de l'observation, c'est-à-dire à partir des éléments concrets de l'environnement immédiat de l'élève : commencer par des manipulations, des expériences ou des expérimentations au détriment de la réflexion. Pour enseigner une notion scientifique, le professeur de science commencera, par exemple, par faire des expériences en classe, par amener

[123] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, 1934, Paris, Puf /Quadrige, p.13.

les élèves à pratiquer, à faire des observations concrètes (même si elles sont seulement faites dans et à partir des manuels scolaires de sciences). Ainsi, le mot d'ordre de la pédagogie empiriste, comme le dit Jean-Yves Cariou, est : ne jamais mettre d'hypothèses au début de l'enseignement d'une notion scientifique[124]. Outre les philosophes empiristes depuis Aristote, Newton est le scientifique de référence de la pédagogie empiriste. On le voit bien, cette pédagogie privilégie l'observation empirique au détriment du raisonnement, de la raison ou de la critique réflexive de l'apprenant. Ce qu'on met en avant chez l'élève c'est sa capacité à observer, à regarder attentivement les expériences ou les manipulations qui sont faites en classe. C'est ainsi qu'il va acquérir le savoir qui lui est transmis, car la connaissance scientifique découle aussi de l'expérience sensible.

La meilleure manière d'enseigner la science serait de procéder conformément à la démarche empirique telle qu'elle vient d'être illustrée ici, dans la mesure où cette démarche apparaît comme l'approche même de la science empirique selon Bachelard et Popper. Cependant, ils critiquent sévèrement cette pédagogie empiriste. A l'époque où les deux auteurs élaborent leurs pensées, la pédagogie empiriste était en vigueur. Dans le contexte bachelardien, cette pédagogie se caractérisait par la leçon de chose[125], alors que dans celui de Popper, il s'agissait de la *Lernschule*[126]. « La leçon de chose » et la « *lernschule* » sont deux manières d'apprendre la science de façon empirique, qui étaient dominante respectivement à l'époque de Bachelard et à celle de Popper.

II-1- La critique bachelardienne de la pédagogie empiriste traditionnelle

Pour Bachelard, enseigner la science, en privilégiant uniquement l'expérience au détriment de la raison, est une manière de transmettre les connaissances scientifiques et de former l'esprit scientifique qui n'est pas conforme à la nature même de la science. Cela s'explique par deux raisons. L'une est d'ordre méthodologique et l'autre d'ordre psychologique.

Au niveau méthodologique, la démarche empiriste n'est pas adéquate à l'enseignement de la science, parce qu'elle met l'observation immédiate des éléments concrets comme le point de départ de l'acquisition de la connaissance scientifique chez l'élève. Ainsi, pour comprendre une notion scientifique l'élève doit d'abord observer des situations pratiques ou faire des manipulations concrètes. De ce fait, l'observation conduit à la compréhension. On fait de l'observation première le principe même de la compréhension de la notion enseignée. Si on n'observe

[124] Jean Yves CARIOU« Histoire des démarche en science et épistémologie scolaire », *RDST*, n°3, 2011, p.93.
[125] Nicole HULIN, « Enseignement des sciences» *In* Dominique LECOURT, *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Quadrige/Puf, 2014, p.408-413.
[126] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte. Ecrits de jeunesse*, (2008), Paris, Edition Rue d'Ulm, 2019, p.167.

pas premièrement, alors on ne peut comprendre. Or Bachelard montre qu'il y a un véritable décalage entre la compréhension et l'expérience. Observer une expérience réalisée en classe ne signifie pas qu'on comprend véritablement ce qui est en jeux. C'est pourquoi Bachelard rejette la pédagogie empiriste classique. Dans son article « Noumène et microphysique », il écrit : « attachez les jeunes esprits au concret, au fait. Voir pour comprendre, tel est l'idéal de cette étrange pédagogie. Tant pis, si la pensée va ensuite du phénomène mal vu à l'expérience mal faite [127]». La formule «attachez l'esprit au concret », signifie qu'il faut faire découler de l'expérience les connaissances scientifiques qu'il faut transmettre à l'apprenant. L'expression « voir pour comprendre » suppose qu'il faut d'abord observer la notion enseignée (son contenu) pour saisir son sens. Sans l'observation préalable des situations expérimentales ou des expériences concrètes, la compréhension de la notion scientifique enseignée n'est pas possible, dans la mesure où seule l'observation répétitive imprime dans l'esprit de l'élève les connaissances que l'on souhaite lui transmettre.

Pour Bachelard, les orientations générales de la pédagogie empiriste ne cadrent pas avec l'activité critique de la science, dans la mesure où l'observation du phénomène étudié peut être mal faite par l'élève. Ce qui pourrait entraîner chez ce dernier une mauvaise compréhension du fait de ce qui est en jeux bien qu'il ait fait l'observation. On peut donc observer sans véritablement comprendre ce qu'on observe. Cela veut dire que la compréhension implique autre chose que la simple observation. A cet égard, la pédagogie empiriste en se fondant seulement sur l'expérience première est une pédagogie de la facilité[128], qui ne veut pas s'embarrasser des complications, des difficultés de la non-compréhension chez l'élève. Si l'élève ne comprend pas, alors c'est de sa faute parce qu'il ne sait pas observer ou n'a pas bien observé ou pratiqué, c'est-à-dire qu'il n'a pas respecté le protocole défini par l'enseignant. La méthode est toujours correcte. C'est l'élève qui a un problème. L'enseignant n'a pas à se remettre en cause, seul l'élève doit le faire. En excluant ainsi la dimension rationnelle dans l'enseignement d'une notion scientifique, la pédagogie empiriste s'empêche de saisir et de prendre en compte d'autres éléments qui favorisent aussi la compréhension d'une notion scientifique, par exemple des éléments qui relèveraient plus du contexte de découverte.

Quant au niveau psychologique, la pédagogie empiriste n'est pas conforme à l'enseignement des sciences, parce qu'elle développe une théorie erronée de l'esprit, c'est-à-dire une conception de l'élève qui ne cadre pas avec la nature du sujet connaissant, à savoir l'idée selon laquelle l'esprit est dénué de connaissance. Cela veut dire que l'esprit de l'apprenant est vierge, qu'il n'a aucune connaissance préalable sur la science comme le pensent les empiristes. En

[127] Gaston BACHELARD, « Noumène et microphysique », *Etudes*, 1970, Vrin, Paris, 2002, p.12.
[128] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.23.

effet, le processus de la connaissance, du point de vue empiriste, se déroule de la manière suivante : le sujet observe le monde, et les données sensibles observées viennent se greffer dans son esprit. C'est ainsi qu'on arrive à déchiffrer les phénomènes naturels. Cela signifie simplement qu'à l'origine l'esprit du sujet connaissant est vide, ne contient aucune donnée du monde. C'est au contact du monde par le moyen de l'observation immédiate que l'esprit acquiert les données empiriques.

De même lorsqu'il vient à l'apprentissage de la science, l'esprit de l'élève n'a aucune connaissance (même dans le cas d'une culture scolaire évoluée). Les prérequis n'ont pas une grande valeur épistémologique, parce que l'élève est considéré comme n'ayant aucune connaissance de ce qu'on va lui transmettre. Cette considération illustre simplement le fait que l'élève est un vase à remplir. Ainsi, la pédagogie empiriste estime qu'il faut remplir l'esprit de l'élève des connaissances scientifiques, par la force de la répétition et de l'observation. Cependant, pour l'auteur du *Rationalisme appliqué*, le sujet connaissant, un savant par exemple, n'est pas une page vierge[129]. C'est-à-dire qu'il ne va pas à la recherche des mystères du monde sans des connaissances initiales. L'histoire des sciences montre bien que les grandes théories scientifiques ont été toujours élaborées en partant d'un certain savoir déjà constitué. C'est dans ce sens que Bachelard dit : « quand il se présente à la culture scientifique, l'esprit n'est jamais jeune [130]». Et encore :

> « Les professeurs de science imaginent que l'esprit commence comme une leçon, qu'on peut refaire une culture nonchalante en redoublant une classe et n'ont pas réfléchi au fait que l'adolescent arrive dans la classe de Physique avec des connaissances empiriques déjà constituées, il s'agit alors non pas d'acquérir une culture expérimentale, mais bien de changer de culture expérimentale, de renverser les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne. Un seul exemple : l'équilibre des corps flottants fait l'objet d'une intuition familière qui est un tissu d'erreurs[131]».

En effet, Bachelard montre que l'élève, c'est-à-dire tout apprenant à qui on enseigne la science, connait déjà certaines choses empiriques. Or, l'élève interagit avec l'enseignant, alors que le vase n'interagit pas avec celui qui le remplit. En définitive, Bachelard rejette la pédagogie empiriste, parce qu'elle s'appuie sur l'expérience première (l'observation immédiate) et elle considère l'élève comme un vase à remplir. De ce fait l'enseignement empiriste contribue davantage à développer une fausse image de la science auprès des élèves telle qu'elle s'est développée dansl'empirisme classique et ses avatars : l'inductivisme, le réalisme et le positivisme[132]. Qu'en est-il de la critique poppérienne de la pédagogie empiriste ? Est-elle identique à celle de Bachelard ?

---

[129] Cette question est plus largement développée dans le chapitre 9, section II
[130] Gaston BACHELARD, *Op. cit.*, p.14.
[131] Gaston BACHELARD, *Ibid*., p.18.
[132] Voir notre chapitre II, section III-1.

II-2- La critique poppérienne de la pédagogie empiriste classique

Tout comme Bachelard, Popper critique aussi la pédagogie empiriste au motif qu'elle n'est pas une pédagogie adéquate pour enseigner la science empirique parce qu'elle se fonde sur le mythe de l'induction, c'est-à-dire sur la supposée démarche inductive. Ainsi, la critique poppérienne de la pédagogie empiriste consiste essentiellement en une critique de la pédagogie inductive ou simplement de l'apprentissage de la science par induction, car l'induction est, selon Popper, le principe fondamental de la pédagogie empiriste traditionnelle.

En effet, pour l'empirisme classique nous acquérons nos connaissances de l'expérience par le moyen de l'induction, c'est-à-dire « grâce à la répétition d'observations [133]». De cette thèse fondamentale de l'empirisme classique découle la conception empiriste de l'apprentissage à savoir que « tout apprentissage procède de l'expérience [134]». La pédagogie empiriste, selon Popper, stipule que la meilleure manière d'apprendre, c'est-à-dire d'acquérir des connaissances, c'est de procéder par des répétitions d'observations. C'est de cette manière que la science empirique peut véritablement être apprise, car les observations produisent dans notre esprit des données empiriques qui découlent de l'expérience sensible. Ce sont des données qui constituent la connaissance qui nous vient de l'expérience. Pour Popper, le modèle inductiviste de l'apprentissage ou la pédagogie empiriste classique est une forme d'apprentissage erronée. C'est-à-dire que l'apprentissage par induction ou par répétition d'observations ne permet pas d'apprendre véritablement, au sens où apprendre c'est découvrir quelque chose de nouveau. Dans *Le réalisme et la science* Popper écrit:

> « La doctrine inductiviste, selon laquelle tout apprentissage est de type routinier et même l'accroissement de nos connaissances est le résultat d'une formation d'habitudes par des mécanismes répétitifs, se révèle donc erronée. La répétition en tant que telle ne saurait éveiller notre attention ; bien au contraire, elle tend à transformer nos anticipations en attentes inconscientes (on peut ne pas entendre le tic-tac de la pendule et cependant l' 'entendre' s'arrêter). Si l'on prise tant l'idée selon laquelle notre savoir s'accroît inductivement grâce à des processus de répétition, c'est sans doute du fait de la confusion qui est faite entre les sens 1 et 2 du concept d'apprentissage [135]».

A travers cette affirmation, Popper veut dire que la thèse de la pédagogie empiriste classique consiste à dire que la meilleure manière d'apprendre et d'augmenter notre connaissance, c'est de procéder par la formation d'habitudes, c'est-à-dire par la répétition mécanique d'observations. Selon lui, cette thèse est fausse, dans la mesure où ce type d'apprentissage par « répétition stricto sensu » n'apprend rien de nouveau et en réalité ne permet pas d'accroître nos connaissances. Le rôle de la répétition mécanique est seulement de faire en sorte qu'on s'habitue,

[133] Karl POPPER, *Le réalisme et la science*, 1980, Paris, Hermann, 1990, p.54.
[134] Karl POPPER, *Ibid*., p.59.
[135] Karl POPPER, *Ibid.*, p.63.

qu'on s'accoutume à quelque chose qui existe déjà. Il s'agit de focaliser notre esprit sur des choses qui ont été découvertes auparavant. Cette focalisation fait en sorte que ces choses nous soient de moins en moins étranges, qu'elles nous paraissent de plus en plus claires. C'est dans ce sens que Popper fait intervenir l'exemple du piano comme mode d'apprentissage par pure répétition mécanique[136].

Celui qui apprend « à jouer un morceau précis au piano » ne découvre pas un nouveau doigté en faisant les exercices, au contraire ces exercices ou pratiques constantes visent à accoutumer l'élève à des doigtés qui existent déjà. Intuitivement, cette personne ne cherche pas à inventer un nouveau doigté. La routine de l'exercice familiarise ici le joueur du piano aux doigtés existants. Popper le dit en ces termes :

> « Ainsi, la fonction de la répétition mécanique – des 'exercices' ou de l'apprentissage par cœur – n'est pas de découvrir quelque chose de nouveau, mais de familiariser avec quelque chose qui a été précédemment découvert. Il ne s'agit pas de nous faire prendre conscience d'un problème nouveau (fonction qui est celle de la répétition lorsque nous mettons plusieurs fois à l'épreuve une solution retenue à l'essai), mais au contraire d'éliminer autant que faire se peut tout élément de conscience de notre exécution [137]».

La découverte de nouvelles choses qui ne sont pas dans la portée de ce qui existe déjà, n'est pas la fonction ou le but visé par la répétition mécanique. Cette dernière enferme l'esprit dans un cadre et l'empêche ainsi d'en sortir pour aller à la recherche d'autre chose en dehors de ce cadre. Cet enfermement de l'esprit dans un cadre rigide est la principale raison pour laquelle la répétition mécanique ne peut conduire à l'accroissement de la connaissance. Sauf si on sort de ce cadre. En d'autres termes, la répétition mécanique fait en sorte qu'on ne puisse plus faire attention, c'est-à-dire avoir un regard conscient sur certains gestes qu'on effectue. Cela implique que l'on ne réfléchit plus à l'exécution de ces gestes. Par conséquent, on ne pose pas un regard critique sur ces gestes. Ce qui empêche ainsi toute réflexion visant à les améliorer autrement que par des mouvements répétitifs.

Dans ce cas, même le problème originel disparaît sous l'effet de la répétition mécanique ou des exercices répétitifs. Cela veut dire qu'à force de répétition, on ne se focalise plus sur le problème de départ. Il est simplement oublié. Lorsqu'on est à bicyclette, les mouvements mécaniques du pédalage sont le plus souvent oubliés, au profit d'une focalisation sur « les problèmes de circulation », par exemple. A première vue, on pourrait dire qu'il y a là une preuve que la répétition peut faire émerger de nouveaux problèmes par rapport au problème originel. Mais, à y regarder de près, on voit bien que Popper ne nie pas ce fait. En revanche, ce qu'il récuse c'est surtout le caractère inconscient de l'exécution de gestes mécaniques. Et c'est vraiment là où se trouve le problème, car cela montre qu'on ne peut rien changer à cette pratique

[136] Karl POPPER, *Op cit.*, p.62.
[137] Karl POPPER, *Ibid.*, p.62-63.

mécanique. On fait comme on a toujours fait. C'est une routine acquise qui annihile tout activité critique, tout jugement critique.

On ne peut pas apprendre une nouvelle manière de faire quelques parce que la routine empêche de penser à quelque chose de nouveau, à moins de sortir de cette routine ou d'exécuter ces gestes consciemment. Les supposés problèmes qui émergent du problème originel s'inscrivent dans le cadre de la répétition mécanique dans lequel est enfermé l'esprit. Il ne s'agit pas de la découverte de nouveaux problèmes qui ne sont pas inscrits dans ce cadre ; les problèmes de circulation sont déjà inscrits dans l'apprentissage mécanique de monter à bicyclette : « la répétition ne conduit à aucune découverte, ni même à aucune aptitude nouvelle[138]». Dans ce cas, il est impossible d'accroître notre connaissance par la méthode inductive ou empiriste de l'apprentissage par répétition d'observation. C'est pourquoi la pédagogie empiriste ne peut que se focaliser sur les mêmes procédés d'apprentissage et sur les mêmes contenus à enseigner. Face à des difficultés d'apprentissage, par exemple quand un élève n'arrive pas à comprendre une notion enseignée, l'enseignant n'est jamais remis en cause. L'élève est le seul responsable de cette difficulté. Le professeur ne se demande pas si sa manière d'enseigner peut en être l'origine[139]. Dans cette optique, la pédagogie empiriste ne peut faire accroître la connaissance de l'élève, car elle focalise son esprit dans un cadre pédagogique qui bloque sa pensée et l'empêche de connaître davantage, parce que l'élève ne peut sortir de ce cadre. En conséquence, pour Popper la pédagogie empiriste classique ou l'apprentissage par induction ne peut être un type d'apprentissage ou d'enseignement de la science véritable, dans la mesure où elle repose sur la répétition mécanique.

Or la science suppose la découverte permanente de nouvelles choses, de nouveaux problèmes. En résumé la critique poppérienne manifeste une convergence avec la critique bachelardienne en ce qui concerne la caractérisation des limites de la pédagogie empiristes, notamment l'observation première et la répétition comme principes d'apprentissage et d'enseignement. Or ces principes, qui découlent l'épistémologie empiriste classique, conduisent à un endormissement de la pensée, c'est-à-dire empêchent toute réflexion critique et toute découverte de quelque chose de nouveau par la correction des fausses idées. Pour mieux éclairer cette critique, rappelons quelques éléments de l'empirisme et de la vision classique de la science.

[138] Karl POPPER, *Le réalisme et la science*, 1980, Paris, Hermann, 1990, p.63.

[139] Bachelard avait déjà insisté sur le fait que la démarche de l'enseignant peut être un obstacle épistémologique : « je n'ai jamais vu un enseignant changer de méthode d'enseignement ». Par cette affirmation Bachelard veut monter que les difficultés d'apprentissages peuvent être dues à la manière figée voire dogmatique d'enseigner la science. Cela signifie qu'il est nécessaire de se focaliser aussi sur l'enseignant en cas de difficultés d'apprentissage.

III – AUX SOURCES DE L'EMPIRISME PEDAGOGIQUE

III-1- La conception empiriste de la science

A l'époque de Bachelard et de Popper et même à notre époque dans les milieux scientifiques comme dans la pratique de l'éducation scientifique circulait une certaine image empiriste de la science. Elle est étroitement liée à l'avènement la philosophique empiriste naissant au XVIIe siècle. La conception empiriste de la science découle de la doctrine philosophique de l'empirisme. Cette philosophie interroge le fondement et les moyens de la connaissance humaine. Elle vise à répondre à la question de savoir d'où viennent nos connaissances. Dans *L'empirisme anglais,* Renée Bouveresse écrit : « le mot 'empirisme' dérivé du grec *empeira,* traduit du latin par *experientia,* expérience, paraît venir selon Eucken de la philosophie kantienne [140]». Si d'après Eucken, la paternité du mot empirisme est attribuée à Kant, puisque ce serait lui le premier à formuler concrètement ce mot tel qu'on le connait aujourd'hui, il n'en demeure pas moins que l'identification d'un mouvement de pensée qualifié d'empiriste peut remonter jusqu'à Aristote, en passant par sa forme classique systématisée dans la philosophie de la connaissance anglaise du XVIIe siècle. Les auteurs de cette époque ne qualifient pas eux-mêmes leurs philosophies d'empiristes, c'est bien la postérité qui le fera sous l'influence de Kant. A part son impact considérable en philosophie de la connaissance en générale, cette doctrine va aussi avoir un écho favorable dans les sciences, et même dans l'enseignement des savoirs scientifiques.

L'empirisme est une philosophie à la fois gnoséologique et fondationniste, car elle donne une analyse générale de la connaissance humaine en vue de déterminer ses fondements. Or cette question du fondement de nos connaissances est liée à celle de la méthodologie, c'est-à-dire de la méthode qu'il faudrait mettre en œuvre pour acquérir la connaissance. Contrairement au rationalisme, l'empirisme accorde le primat au monde sensible dans la production de la connaissance humaine[141]. Pour l'empirisme, ce que nous connaissons des choses découle de l'expérience. C'est elle le fondement et la source légitime de nos connaissances. Ainsi, la vraie connaissance c'est celle qui provient du monde empirique tel qu'il se donne à nos sens. Dans ses multiples facettes : « l'empirisme soutient la thèse selon laquelle c'est l'expérience plutôt que la raison qui est la source de la connaissance [142]». A cet égard, toute idée qui ne naît pas de l'expérience sensible est immédiatement disqualifiée du champ de la véritable connaissance. C'est le

[140] Renée BOUVERESSE, *L'empirisme Anglais*, Paris, PUF, 1997, p.3.
[141] Le problème de la connaissance humaine a été polarisé dès ses débuts entre les rationalistes d'un côté et les empiristes de l'autre côté, de nos jours cette situation reste presqu'inchangé. Même si on peut voir des empiristes et des rationalistes d'un autre genre.
[142] Renée BOUVERESSE, *Ibid.*, p.3.

cas des idées innées et du pouvoir de l'esprit par l'entremise de la raison à élaborer une connaissance pure sans lien avec le monde sensible.

Dans un empirisme radical, même les idées innées seraient le fruit de l'expérience, dans la mesure où c'est au contact du monde sensible que l'esprit peut s'imaginer des choses qui n'ont pas forcément un lien direct avec l'expérience. Cela sous-entend que l'imagination n'est pas neutre. Elle est toujours liée au monde sensible. L'empirisme écarte toute forme de spéculation métaphysique dans l'élaboration de la connaissance au profit de l'expérience, seul point de départ de toutes nos connaissances : « en elle se fonde toute notre connaissance et trouve en dernière instance sa source [143]». Les idées qui sont dans l'esprit trouvent leur source non pas dans une raison spéculative qui légitimerait les idées innées (ou *a priori*), mais elles découlent de l'expérience, seule source légitime de toute notre connaissance. Dans la philosophie empiriste, l'expérience a un sens bien particulier. Le terme ne renvoie pas immédiatement à l'expérience scientifique, ni au vécu d'un évènement quelconque (spirituel ou pratique) ni à l'existence quotidienne ou au fait de vivre quelque chose de singulier. Ici, l'expérience renvoie à tout ce qui est empirique, c'est-à-dire ce qui « est pure sensible, non réfléchi, voire mécanique [144]». Dans cette perspective, l'expérience renvoie avant tout au monde sensible, déterminé par le temps et l'espace. Ce monde sensible est le réservoir des phénomènes tel qu'ils se donnent à nos sens.

Ainsi, les empiristes conçoivent l'expérience sensible en deux types d'expérience, à savoir l'expérience externe et l'expérience interne. La première désigne le monde empirique extérieur à l'esprit humain, tel qu'il est immédiatement perceptible par nos sens. C'est ce que nous voyons, sentons, écoutons, touchons. C'est là que l'on accède à des données sensibles primitives. C'est le domaine de la sensation. Quant à la seconde, c'est le domaine de la réflexion à l'intérieur de l'esprit au sens où il s'agit d'examiner les données sensibles primitives par l'entendement. Il s'agit des opérations de l'esprit sur les données sensibles reçues des sens. Dans *Essai sur l'entendement humain* Locke écrit: « l'autre source donc l'expérience tire de quoi garnir l'entendement d'idées, c'est la perception interne des opérations de l'esprit lui-même tandis qu'il s'applique aux idées acquises [145]». En d'autres termes, les idées contenues dans l'esprit viennent d'une part du contact direct des sens avec les phénomènes à travers l'observation externe, d'autre part par l'observation interne (la perception) que l'esprit fait de ces données sensibles acquises par les sens. On voit donc que l'expérience sensible des empiristes a à

[143] John LOCKE, *Essai sur l'entendement humain*, (1689) Paris, Vrin, 2001, Trad. J-M Vienne, Livre II, chap. I, para 2, p.164.
[144] *Encyclopédie philosophique, les notions philosophiques I*, Paris, PUF, 1990, p.777.
[145] John LOCKE, *Ibid.*, p.165.

la fois une dimension purement empirique (la sensation) et une dimension intellectuelle (la réflexion : entant qu'activité de l'entendement). Alors, comment connaissons-nous ?

La réponse de la philosophie empiriste est claire : à la base de l'élaboration de la connaissance il y a l'expérience sensible, voire le monde empirique, qui referme tous les objets de notre connaissance. Ces objets sont perçus en termes de données sensibles primitives, c'est le premier matériau sur lequel s'élabore la connaissance. L'accessibilité à ce matériau se fait par les sens à travers l'observation. Autrement dit au commencement de toute connaissance, il y a l'observation du monde physique à travers les sens. Leur rôle consiste à recevoir les données sensibles et de les intégrer dans l'esprit. Cette première phase a le mérite de produire les premières idées empiriques portant sur les phénomènes observés. Ces idées sont simples ou primitives comme le montre Locke. C'est pourquoi tout ce qu'il y a dans l'esprit vient directement de l'expérience sensible, de la sensation. La tradition empiriste, depuis ses origines (Aristote, Bacon) en passant par l'empirisme classique est d'accord avec le cadre général de cette première phase, malgré des divergences ou oppositions internes. L'une des conséquences philosophiques de cette première phase est le rejet de toute idée innée ou de toute forme de spéculation, parce que les idées (simples ou complexes) de l'âme ont pour source le sensible[146].

Selon nous, ce rejet traduit une conception de la connaissance et de la science avant tout comme activité pratique qui a pour objet l'étude des phénomènes, c'est-à-dire les choses qui existent effectivement dans le monde et qui peuvent être démontrée par l'expérimentation. Il y a ici le développement des sources épistémologiques d'une pédagogie empiriste telle qu'elle va être développée dans les siècles ultérieurs (XIXe, XXe siècles) : une pédagogie fondée sur l'expérience au sens d'observation première. Bachelard parle d'une pédagogie du concret. La pensée poppérienne suppose une pédagogie de la mécanisation de la pensée. On voit donc que la première phase de l'activité empirique implique déjà un enseignement empiriste dont Bachelard et Popper ont clairement montré les limites.

Après cette première phase, s'enclenche l'activité de l'esprit. Ce dernier est passif au sens où il ne crée pas les idées, il ne crée rien. Il agit seulement sur les données sensibles qui lui viennent de l'expérience par les sens. Une fois ces données reçues, l'esprit par l'intermédiaire de l'entendement ne peut que les sélectionner, les ranger, les combiner afin de produire les idées complexes. Tel est le rôle de l'entendement si l'on reste dans un schéma lockéen. A cette phase du processus de connaître, il s'agit « d'intellectualiser les phénomènes [147]» pour reprendre l'expression d'André Charrack. Dans cette perspective, la connaissance humaine consiste en des idées simples des impressions du monde physique et en des idées complexes

[146] Curieusement l'empirisme ne rejette pas des termes métaphysiques d'esprit et d'âme. Ce qui les intéresse c'est plutôt la conception de la connaissance et comment y parvenir.
[147] André CHARRACK, *Empirisme et théorie de la connaissance*, Paris, PUF, 2009, p.90.

que l'esprit forme en combinant les idées simples. La connaissance empirique a deux sources fondamentales, à savoir la sensation et la réflexion, et par réflexion il faut entendre simplement l'intellectualisation des phénomènes. Mais cela ne signifie pas invention de concepts qui n'ont aucune consistance empirique, car l'esprit est à l'origine une table rase, et c'est le contact avec l'expérience qui le remplit d'idées. Ainsi, de cette philosophie empiriste classique, il en ressort une certaine conception selon laquelle la science se distingue particulièrement par l'observation et la démarche inductive.

Cette conception empiriste consiste à dire que la science n'est pas spéculative ; elle est par essence une activité empirique, dans la mesure où elle prend ancrage dans l'expérience sensible, dans le monde physique. La science n'étudie pas ce qui ne relève pas de l'expérience, mais les choses concrètes, palpables, c'est-à-dire ce qui existe effectivement dans le monde. Cela veut dire que la science est fixée sur le monde physique qu'il soit animé ou inanimé. Elle interroge les phénomènes empiriques, c'est-à-dire les objets physiques : la matière. Ces objets empiriques sont immédiatement constatés dans l'expérience sensible. Ce sont les choses que nous voyons avec nos sens et que nous n'imaginons pas. A cet égard, la science et son objet ne sont pas des fictions, ils relèvent du sensible, de ce que l'on peut voir, toucher, sentir et entendre. La science ne découle pas des idées spéculatives savamment inventées par le sujet connaissant, mais elle repose sur une « base empirique », puisqu'elle vise à prouver le caractère opérationnel ou plausible de ses résultats à partir des faits empiriquement constatés. C'est dans ce sens que Lena Soler écrit dans son *Introduction à l'épistémologie* :

> « Les sciences empiriques ou sciences de l'empirie s'intéressent donc à certains aspects spécifiés de l'expérience sensible : la physique à la réalité matérielle inanimée, la biologie aux principes internes du fonctionnement des êtres vivants, la psychologie aux aspects psychiques du fonctionnement individuels humains, etc. L'objet visé par les sciences empiriques est supposé ne pas être une pure création de l'esprit humain [148]»

A travers cette affirmation, l'épistémologue contemporaine décrit une conception de la science empirique qui remonte au XVIIe siècle. En effet, dire que la science est empirique, revient à considérer qu'elle étudie les phénomènes ou les objets physiques dérivant de l'expérience sensible. Dès lors, les théories et les énoncées scientifiques sont aussi marqués par le seau de l'empirisme. C'est précisément cette conception de la science empirique qui est largement réfutée par Bachelard et Popper. En réalité, pour ces deux auteurs la science empirique ne s'appuie pas sur la réalité première sensible. Popper parle même du monde des idées, des problèmes, des théories comme étant le monde véritablement étudié par la science[149].

L'une des conséquences majeures de la conception empiriste de la science consiste à considérer les théories et énoncés scientifiques comme des outils *synthétiques* dont la finalité

[148] Lena SOLER, *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipse, 2000, p.22.
[149] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.257.

est de refléter le monde, les choses qui sont dans le monde. En effet, les théories scientifiques portent sur les choses observables dans l'expérience sensible. A cet égard, elles peuvent apporter des explications que l'on considère empiriques, parce qu'elles ne portent pas sur des fictions (des entités abstraits ou imaginaires), mais sur des faits qui découlent de l'expérience sensible ou le monde empirique tel qu'il est directement perçu par les sens. Dès lors, toute théorie scientifique repose sur une base empirique. Dans la pensée carnapienne, la base empirique apparait comme une donnée physique, ferme et invariante ; observable dans le monde physique. Nul ne peut la récuser, elle s'impose au scientifique indépendamment de la démarche qu'il met en place pour l'approcher. Il s'agit d'« un ensemble solide et à jamais irréfutable de données irréductibles avec lesquelles le scientifique doit compter [150]». La chute des corps, la révolution des astres, etc., sont des faits palpables qui ne peuvent être réfutés, car ils sont observables dans l'expérience sensible indépendamment de l'observateur. L'empirisme des théories scientifiques renvoie donc au fait qu'elles font référence à des choses qui ne sont pas inventées par l'homme, mais qui existent réellement et indépendamment de lui dans le monde physique.

Quant à l'empirisme des énoncés scientifiques, c'est le fait que les propositions des sciences relient des termes observables. C'est dire qu'ils désignent des choses empiriques qui s'imposent à tous de telle sorte que leur observation peut se faire par quiconque. Dans ce cas, un énoncé qui ne reflète pas le monde empirique, ne peut être considéré comme scientifique, parce qu'il ne repose pas sur une base empirique ferme et invariante. Les énoncés scientifiques doivent exprimer les entités empiriques qui dérivent immédiatement de l'expérience sensible, c'est-à-dire les faits qui sont directement observable dans l'espace et le temps. Pour les empiristes, les énoncés scientifiques sont *synthétiques*, dans la mesure où ils se rapportent à l'expérience. Ainsi, leur signification ne porte pas sur les mots, mais sur les liens que ces derniers entretiennent avec le monde physique ou la nature. Cette conception empiriste des énoncés scientifiques remonte au Tractatus de Wittgenstein tel que les empiristes logiques l'on interprété. En effet, Wittgenstein affirme que la proposition est le reflet du monde, qu'elle exprime les choses qui sont dans le monde tel que nous l'observons.

Les empiristes logiques notamment Carnap vont reprendre cette formule, afin de montrer que les énoncés scientifiques sont strictement de nature empirique ou synthétique puisqu'ils reposent sur une base empirique irréfutable. Par exemple « il y a un cube rouge sur la table ; tous les métaux se dilatent sous l'effet de la chaleur, etc. [151]» sont des énoncés qui ne peuvent pas être récusés au regard de leur l'observation dans l'espace et le temps. C'est pourquoi la base empirique, qui dérive de l'expérience sensible, détermine le caractère empirique des théories et

[150] Lena SOLER, *Op. cit.,* p.75.
[151] Lena SOLER, *Ibid.,* p.74.

énoncés scientifiques. Méthodologiquement, cela place l'observation comme le point de départ de la connaissance scientifique, de toute quête de la vérité. Cependant Popper a montré les limites d'une telle approche dans sa condamnation du néo-empirisme de ses contemporains du Cercle de Vienne. Une condamnation qui conduit à rejeter aussi toutes les conséquences pédagogiques qui peuvent découler des thèses de la philosophie de l'empirisme logique et d'une certaine philosophie analytique. Par ailleurs, la conception empiriste de la science implique aussi une considération empiriste des lois scientifiques. Telle est la question que nous allons maintenant examiner pour clarifier le sens de la critique de Bachelard et de Popper sur la pédagogie empiriste.

III-2- L'empirisme classique et les lois scientifiques

Pour les empiristes (classiques et logiques), les lois scientifiques dérivent de l'expérience sensible. C'est-à-dire qu'elles ne sont pas inventées par l'homme ; elles existent dans le monde indépendamment du sujet connaissant, dans la mesure où les phénomènes régis par ces lois ne sont pas créés par l'homme. En effet, le sujet connaissant découvre les lois et les principes au même titre qu'il observe les faits qui existent dans le monde extérieur. Dans ce cas, les lois scientifiques sont observables empiriquement au même titre que les données sensibles. Ainsi, le rôle du sujet consiste simplement à découvrir ces lois telles qu'elles existent dans le monde physique. Cela implique que les vérités scientifiques ne sont pas de pures constructions de l'esprit humain. On y accède par la perception des lois qui régissent les faits. L'esprit humain n'est pas créateur des lois scientifiques. Il les découvre non par spéculation, mais par une observation directe des phénomènes. C'est parce que l'on observe un certain nombre de faits récurrents avec une certaine régularité qu'on peut identifier la loi qui les commande. Ainsi, toute loi universelle est acceptée, parce qu'il y a des faits qui la justifient, sans quoi elle serait simplement considérée comme une pure spéculation. Cela signifie que les lois scientifiques sont réduites à l'expérience sensible. C'est ainsi qu'elles acquièrent un statut purement empirique et non spéculatif ou abstrait. Les lois naturelles, par exemple les lois biologiques, portent sur les faits observables et non sur des fictions ou des imaginations inventées par l'esprit humain. Dans *Eléments d'épistémologie,* Carl Hempel écrit :

> « D'une manière générale les lois biologiques sont explicables au moyen de lois physico-chimiques dans l'exacte mesure où l'on peut établir des lois de connexion appropriées. Et ce point, à son tour, ne peut se décider en recourant à des raisonnements a priori ; la réponse ne peut être trouvée que par les recherche biologiques et biophysique [152]».

[152] Carl HEMPEL, *Éléments d'épistémologie* (1966), Paris, Arman Colin, 2014, p.182.

A travers ses propos, le dernier représentant du Cercle de Vienne veut dire que les lois biologiques peuvent être réduites aux lois physico-chimiques par l'intermédiaire des lois de connexion appropriées. Celles-ci sont obtenues non pas par la pure spéculation, mais au moyen « des recherches biologiques et biophysiques » sur des objets empiriques dérivant de l'expérience sensible. En effet, ici Hempel fait l'usage de terme comme « raisonnements *a priori* » pour faire référence à la métaphysique, à des raisonnements spéculatifs qui ne sont pas fondés sur l'expérience. Il s'agit pour lui de rejeter l'idée que les lois biologiques découlent des principes généraux qui sont des idées innées. A l'inverse l'emploi du terme « biophysique » renvoie à l'expérience, à la validation expérimentale des lois biologiques. Cela signifie que les lois biologiques sont tirées de l'expérience physique. C'est pourquoi elles peuvent être dérivées des lois physico-chimiques qui, selon Hempel, sont essentiellement synthétiques. Cette réduction des lois biologiques aux lois physico-chimiques traduit l'attitude empiriste de Hempel selon laquelle les lois scientifiques reposent sur les faits. Ce qui conduit tout naturellement à une image empirico-positiviste de la science que Bachelard et Popper rejettent respectivement dans leur épistémologies historique et falsificationniste.

Conclusion

Pour conclure ce chapitre, on peut dire que la critique bachelardienne et la critique poppérienne de l'empirisme classique et de la pédagogie empiriste sont convergentes. Pour Bachelard et Popper l'empirisme classique n'est pas un fondement adéquat pour l'enseignement de la science (l'enseignement empirique comprend aussi l'enseignement logique), dans la mesure où l'observation première et l'induction sont placées au début de l'acquisition de la connaissance. Ainsi, la pédagogie empiriste classique apparaît comme une pédagogie erronée, car elle repose sur l'expérience première (l'observation immédiate) et la répétition mécanique comme moyen d'apprentissage. Enseigner la science en s'appuyant sur l'empirisme classique, c'est transmettre une fausse image de la science à l'élève ou à l'apprenant : la science empirique se distingue par la démarche inductive et tire la connaissance scientifique exclusivement de l'expérience première ou de l'observation immédiate du monde. Cette critique commune n'est pas sans divergences entre les deux auteurs. Il ne fait aucun doute que Bachelard a une sympathie pour l'induction à laquelle il donne une signification particulière, notamment dans son œuvre *La valeur inductive de la relativité*. Que Popper rejette farouchement l'induction au niveau scientifique et au niveau pédagogique. Il est également clair que leurs conceptions de la pédagogie empiriste semblent évoluer vers des conséquences épistémologiques et pédagogiques différentes. Mais pour l'essentiel, elles convergent vers une même finalité.

Nous pensons qu'il s'agit ici d'une transposition par les deux auteurs d'un problème philosophique ou du moins du traitement d'un problème majeur de la philosophie dans le champ de la pédagogie, à savoir la question des conditions d'accessibilité à la connaissance objective. C'est l'un des vieux problèmes de la pensée philosophique qui se trouve déjà chez les Anciens. La critique des pédagogies traditionnelles d'inspiration empiriste n'est rien d'autre qu'une critique indirecte des épistémologies empiriste et rationaliste classiques de la science empirique. En définitive, nous pouvons dire que cette critique bachelardienne et poppérienne montre à juste titre que la meilleure manière d'enseigner la science consiste à s'appuyer sur une épistémologie non empiriste, c'est-à-dire une épistémologie qui ne produit pas une image dogmatique et statique de la science. Cette critique bachelardienne et poppérienne révèle les prémices d'un véritable objectif épistémologique de renouveler la pédagogie de la science, essentiel pour un enseignement de la science conforme à la nature effective de l'activité scientifique. A l'opposé de l'empirisme, le rationalisme est aussi perçu comme un fondement de la science et de l'enseignement de la science. Cependant, les deux auteurs critiquent aussi le rationalisme classique et la pédagogie qui en découle. Ils récusent la conception rationaliste de la science ainsi que la manière de l'enseigner.

CHAPITRE III: CRITIQUE DU RATIONALISME CLASSIQUE ET DE LA PEDAGOGIE RATIONALISTE

Introduction

Dans les pages qui précèdent, nous avons montré que malgré leurs différences, la pensée poppérienne et la pensée bachelardienne convergent vers un rejet clair de l'empirisme classique, car cette doctrine philosophique décrit une image dogmatique de la science. Par conséquent, la pédagogie qui en découle est aussi rejetée par Bachelard et Popper puisqu'elle n'est pas adéquate à l'activité effective de la science, c'est-à-dire qu'elle définit une manière figée d'apprendre les savoirs scientifiques en se fondant essentiellement sur l'observation primordiale et le principe de répétition.

À l'inverse de l'empirisme classique (XVIIe-XVIIIe siècles, y compris l'empirisme logique du XXe siècle), se développe aussi une forme d'épistémologie issue du rationalisme classique. Mais nos deux auteurs constatent que cette doctrine n'est pas non plus satisfaisante pour une compréhension de ce qu'est véritablement la science. Elle fournit une description erronée de l'activité scientifique fondée sur la croyance en une raison absolue (immuable et universelle). Alors que la science est produite comme le dit Bachelard par l' « union des travailleurs de la preuve ». S'il est patent qu'ils rejettent la pédagogie empiriste, ce n' est pas le cas pour la pédagogie rationaliste, même s'ils mettent clairement en question le rationalisme classique.
Dans *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, Popper renvoie dos à dos le rationalisme classique et l'empirisme classique. Curieusement il ne développe pas une critique de la pédagogie rationaliste tandis qu'il le fait pour la pédagogie empiriste de façon évidente. À croire qu'il considère l'empirisme comme le seul fondement épistémologique présent dans l'enseignement de la science. De son côté, Bachelard développe un rationalisme dialectique, voire psychanalytique qu'il oppose clairement au rationalisme traditionnel. Il s'efforce même de montrer une épistémologie non cartésienne dans le dernier chapitre de son livre *Le nouvel esprit scientifique*. Mais comme Popper, il ne développe pas une critique explicite de la pédagogie rationaliste. Pourquoi une telle disparité ?

Nous verrons que le rationalisme traditionnel, en raison de ses défauts, ne peut être une alternative rigoureuse à l'empirisme classique ni à la pédagogie empiriste conformément aux critiques de Bachelard et de Popper. Dans ce cas, les implications pédagogiques qui en découlent se trouvent elles aussi sous le coup de ces critiques ? Nous entendons montrer que ce ne sont pas seulement les positions des rationalistes classiques qui sont rejetées par Bachelard et Popper, mais aussi et implicitement les implications pédagogiques qui en découlent. Telle est

la question que nous voulons examiner ici comme point crucial de la relation entre l'auteur du *Nouvel esprit scientifique* et celui de *La logique de la découverte scientifique.*

I – BACHELARD ET POPPER CONTRE LE RATIONALISME CLASSIQUE

La critique bachelardienne et poppérienne vise à montrer que le rationalisme classique ne peut exclusivement servir de fondement solide pour l'enseignement de la science. Il s'agit de voir les limites du rationalisme classique à décrire la science empirique effective et à définir comment mieux l'enseigner.

I-1- La critique poppérienne du rationalisme classique

Rappelons qu'en général le rationalisme est la doctrine philosophique qui soutient que la connaissance véritable découle de la raison, c'est-à-dire des facultés intellectuelles du sujet connaissant. Selon Popper, le rationalisme classique, c'est la doctrine qui soutient que seule la raison est le fondement de toute connaissance vraie, évidente et certaine, sans commercer avec l'expérience sensible dans le processus de la connaissance. Le rationalisme classique rejette alors le sensible (ou la sensation) au motif qu'il est cause d'égarement, de tromperie ; l'expérience sensible conduirait sûrement à l'erreur, donc il ne faut pas s'y fier. A cet égard, la déduction pure est la seule démarche fiable par laquelle l'on produit ou l'on accède à la connaissance véritable. Dans *Les deux problèmes de la théorie de la connaissance* Popper caractérise clairement le rationalisme classique :

> « Le rationalisme classique défend la conception selon laquelle il est également possible (dans certaines circonstances) de *décider* par des 'arguments rationnels', donc *a priori*, c'est-à-dire sans interroger l'expérience, de la vérité ou de la fausseté des propositions portant sur la réalité. Le rationalisme classique (par exemple Spinoza) tire des conséquences déductivistes de cette hypothèse fondamentale : ce sont avant tout les lois universelles fondamentales de la science de la nature qui sont connues rationnellement ; les autres propositions en sont dérivées par déduction[153]»

En philosophie comme en science, le rationalisme classique se distingue à partir d'une thèse fondamentale, à savoir que les principes rationnels de la connaissance ne découlent pas de la réalité empirique. C'est à partir de tels principes absolus qu'on peut trancher si nos affirmations portant sur le monde sont vraies ou fausses. Autrement dit ce n'est pas à partir de l'expérience qu'on parvient véritablement à voir si le contenu de nos énoncés est en adéquation avec le monde ou pas. Popper veut dire que le rationalisme classique considère que les lois scientifiques

[153] Karl POPPER, *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance,* Paris, Hermann, 1999, p.33.

ne dérivent pas de l'expérience, c'est-à-dire qu'elles ne peuvent pas être connues par l'expérience mais par la pure réflexion. Cette affirmation s'inscrit dans cette œuvre de jeunesse de Popper rédigée en 1930-1933. Sa publication pour la première fois en 1979, pour l'édition allemande de *Les deux problèmes de la théorie de la connaissance* ne traduit pas à proprement parler une évolution de la pensée poppérienne. En 1979, l'opposition de Popper à l'empirisme logique le situe clairement du côté des rationalistes, voire du rationalisme classique, dont les positions se rapprochent de la métaphysique traditionnelle. C'est certainement pour se démarquer de ce rationalisme qu'il reprend ici sa critique des rationalistes classiques, qu'il n'avait pas publiée dans *La logique de la découverte scientifique* en 1934. Dans ce texte de 1934, Popper se présente effectivement comme un rationaliste déterminé par la méthode critique et non par l'attitude rationnelle dogmatique des classiques comme Spinoza ou Kant[154]. Popper pense que le rationalisme classique est erroné ou du moins décrit une fausse conception de la connaissance et de la science, dans la mesure où il s'appuie sur l'apriorisme, c'est-à-dire sur des idées innées ou *a priori* qui servent de principe solide à la production de la connaissance ou de la science empirique. Ces idées ne peuvent pas être justifiées dans l'expérience sensible, parce qu'elles découlent exclusivement de la raison ou de la pure réflexion. Mais elles servent à justifier les choses qui existent dans le monde sensible. Or les idées innées ou *a priori* peuvent être arbitraires ; on peut les choisir selon sa convenance pourvu qu'elles nous servent comme on veut. Un individu qui veut par exemple prouver que le monde a une origine ultime, pourrait choisir n'importe quelle chose abstraite comme origine première du monde. La philosophie présocratique nous enseigne énormément à ce sujet[155]. A cet égard, le problème de l'apriorisme c'est qu'il ne fait pas de tri parmi les sources intellectuelles de la connaissance. Une telle conception est de nature à tout accepter pourvu que la justification se fasse. Or, la science empirique n'accepte pas tout, elle fait le tri entre les bonnes et les mauvaises sources supposées de la connaissance qu'on peut avoir sur le monde. Le principe même de la science c'est de rejeter des idées arbitraires. Voilà pourquoi Popper pense que le rationalisme classique, en s'appuyant sur l'apriorisme, ne peut fonder la connaissance véritablement rationnelle ni la science empirique.

De plus, Popper pense qu'il n'existe pas de raison absolue et de déduction pure qui soient coupées réellement du monde. Le sujet connaissant vit dans un corps qui a aussi un l'impact sur son esprit. Et on sait que le corps c'est le siège de l'expérience sensible. Une raison absolue qui ne se laisse pas aussi prescrire des informations venant du monde est un véritable leurre pour la théorie de la connaissance. Ainsi, la déduction pure, celle qui part des hypothèses

[154] Karl POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, 1934, Paris, Payot, 1973, p.13-14.
[155] Emile BREHIER, *Histoire de la philosophie*, 1930, Paris, Puf, 2017, p.37-85.

(idées qui n'ont rien avoir avec le monde) pour fonder la connaissance, n'est pas non plus acceptable du point de vue rationnel parce que le corps d'une manière ou d'une autre a toujours quelque chose à voir avec la réflexion. Par conséquent la conception rationaliste classique de la science, à savoir que les théories scientifiques sont absolues et définitives, est erronée ; la quête de la vérité scientifique est toujours un chemin parsemé d'embûches où la remise en cause permanente est le principe directeur. C'est pourquoi Popper estime que le rationalisme classique ne peut fonder la science empirique ni la connaissance rationnelle. Cette critique poppérienne a le mérite de montrer que le rationalisme classique à lui seul est insuffisant pour caractériser la science empirique[156]. Cela a des conséquences pédagogiques profondes. Cependant, qu'en est-il de la critique bachelardienne du rationalisme classique ? Est-elle similaire à celle de Popper ?

I-2- La critique bachelardienne du rationalisme classique

Tout comme Popper, l'auteur de *La philosophie du non* commence sa critique par une caractérisation claire du rationalisme classique. Pour Bachelard le rationalisme classique se caractérise par une certaine idée de la raison et de la conception de la vérité. Le rationalisme classique pose l'idée d'une raison absolue et celle d'une vérité définitive. En effet la raison est considérée comme la seule instance pouvant instaurer la connaissance rationnelle sans commerce avec l'expérience ou la réalité empirique. Il s'agit d'une raison coupée du monde réel. Cela veut dire que seule la raison (l'entendement, l'intellect, la pensée) peut exclusivement garantir la fondation de la connaissance vraie ou l'accessibilité à la vérité. De là, il ressort que la vérité constituée par la raison est une vérité définitive, elle ne peut pas être remise en cause parce qu'elle a été produite par la raison. Dans *Le rationalisme appliqué* Bachelard écrit : « nos connaissances actuelles éclairent d'une manière si vive le passé des pensées scientifiques que nous prenons toutes les lueurs pour les lumières. On croit donc à une raison constituée avant tout effort de rationalité [157]». La pensée scientifique contemporaine et la pensée scientifique des siècles derniers n'obéissent pas à la même rationalité. La pensée scientifique du passé repose sur un rationalisme fixiste, un rationalisme qui refuse toute application ou régionalisation du savoir pour reprendre les termes de Bachelard. Ainsi le rationalisme classique conduit à la conception de la science selon laquelle les vérités scientifiques sont absolues et la connaissance scientifique lorsqu'elle a été prouvée (démontrée) ne peut plus être remise en cause. Elle est vraie une fois pour toutes, elle nous renseigne sur tout ce qu'on devrait savoir sur le problème étudié. Or, selon Bachelard, la science empirique est le lieu de la quête permanente de la vérité,

[156] Karl POPPER, *Op. cit.*, p.34.
[157] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué* (1949), Paris, Puf, 1970, p.9.

où les anciennes connaissances peuvent devenir potentiellement des faussetés de demain[158]. De ce fait, les vérités scientifiques sont toujours vouées à une potentielle refonte du savoir. Par conséquence, la conception de la science qui découle du rationalisme classique n'est pas en phase avec l'activité réelle de la science, du moins de la science contemporaine. Bachelard veut dire que l'idée de vérité définitive, comme critère distinctif, est imposée de l'extérieur à la science[159]. C'est pourquoi le rationalisme classique ne peut être un bon fondement de l'enseignement des sciences, dans la mesure où il repose sur une conception de la connaissance totalement erronée, c'est-à-dire sur l'idée que seule la raison immuable (coupée du monde) pourrait nous faire connaître le monde dans toute sa splendeur. Cette idée repose d'après Bachelard sur l'hypothèse erronée de la raison comme la seule instance pouvant conduire à la connaissance vraie. Pour Bachelard il s'agit d'une raison désincarnée, close ou fermée. C'est dire qu'elle est repliée sur elle, elle ne subit aucune influence effective du monde empirique.

Cette conception de la raison absolue a des conséquences sur la manière de se représenter la science empirique. Partant du rationalisme classique, les théories scientifiques sont considérées comme des choses qui sont vraies de toute éternité, c'est-à-dire que la science dit toujours le vrai et les vérités scientifiques ne peuvent pas être remises en cause de la même manière que la raison ne peut être réfutée par les impressions sensibles ou les données empiriques, parce que seuls les principes rationnels sont stables, solides, pour fonder la vérité. Alors que les principes empiriques sont voués au changement, donc on ne peut s'y fier pour fonder la connaissance vraie. Le rationaliste classique pense qu'il faut s'appuyer sur des principes solides : seuls les principes rationnels ne sont pas voués au changement ou à la corruption du monde empirique. Par conséquent, ils peuvent sûrement conduire à la vérité des choses ou à la connaissance vraie. On peut s'appuyer sur eux pour fonder la connaissance véritable. Ainsi la science lorsqu'elle s'appuie sur des principes rationnels solides ne peut que produire une connaissance certaine sur le monde. C'est ainsi que les théories scientifiques, du point de vue rationaliste classique, ne peuvent qu'être définitives. C'est dans ce sens que Bachelard montre que la mécanique newtonienne était longtemps restée comme l'achèvement de la connaissance sur le monde[160]. On n'imaginait pas qu'une nouvelle théorie puisse la remplacer

Selon Bachelard, l'idée de vérité définitive ou immuable en science signifie que les vérités scientifiques ne seront jamais remises en cause ni aujourd'hui ni demain. Autrement dit en science lorsqu'une vérité a été attestée, prouvée, démontrée, elle ne peut plus faire l'objet d'une révision. Elle est vraie pour toujours, valable de tout temps, elle n'est pas tantôt vraie aujourd'hui tantôt fausse demain sinon, ce serait une véritable contradiction, puisque le but de la

[158] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique,* Paris, Vrin, 1999, p.13-14.
[159] Dominique LECOURT, *L'épistémologie historique de Gaston Bachelard,* Paris, Vrin, 2002, p.76.
[160] Gaston BACHELARD, *Op. cit.*, p.7.

science c'est la quête de la vérité, en cherchant à éliminer au maximum les erreurs ; bref, produire une connaissance vraie du monde. En clair, lorsqu'une connaissance scientifique est produite, on ne peut plus la critiquer parce qu'elle a été attestée par des opérations de justification solide. Par exemple, la théorie d'Einstein avant d'être acceptée est d'abord passée par des confrontations ou mises à l'épreuve. C'est à l'issue de cette opération qu'elle a été validée comme une théorie vraie, c'est-à-dire une théorie qui fonctionne correctement. Ainsi, on ne peut plus dire qu'elle est fausse ou même qu'elle contient des imperfections. Qui oserait le dire quand on voit toutes les applications effectives de cette théorie ? Cela signifie simplement que les vérités scientifiques (le caractère vrai d'une théorie) acquièrent *a postériori* un caractère immuable. Cependant Bachelard estime que cette conception de la vérité scientifique n'est pas conforme à la nature même de la science, c'est-à-dire qu'elle est erronée, car la science recherche certes la vérité mais elle n'est pas dogmatique, c'est dire qu'elle ne s'arrête pas de chercher, elle retravaille sans cesse, même ce qui a été déjà découvert ou attesté[161]. La science ne recherche pas une vérité absolue, définitive.

Pour Bachelard, lorsqu'une vérité scientifique est prouvée, cela ne signifie qu'elle n'a plus rien à nous apprendre. En effet toute vérité scientifique n'est pas fermée. Elle ouvre plutôt les possibilités de la recherche. Elle n'arrête pas la recherche. Elle dit qu'il y a encore quelque chose à connaître. Après Einstein, il y a encore beaucoup à connaître, il ne nous a pas tout dit. C'est pourquoi Bachelard parle même de « surrationalisme » dans la recherche scientifique, notamment en physique. Le surrationalisme implique l'idée que ce qu'on sait n'est pas définitif, par conséquent il y a toujours quelque chose à découvrir au-delà de ce qu'on sait. Même dans une recherche très poussée, très avancée, il y a toujours des zones d'ombres qui demeurent et qui appellent à rechercher davantage. Toutefois cette critique bachelardienne de la vérité définitive que postule le rationalisme classique ne signifie pas un nihilisme ou un relativisme négatif. Il ne nie pas le fait que la science conduit à des vérités indubitables (attestables, prouvées). Par exemple, on sait que la combustion d'un hydrocarbure avec de l'oxygène produit de l'eau et du monoxyde de carbone. Mais est-ce qu'on peut rigoureusement dire qu'on a fini une fois pour toute de comprendre cette réaction chimique ? La réponse est négative selon l'épistémologie historique, car cette formule peut encore nous apprendre des choses qu'on ne connaît pas de nos jours. On le voit, le concept de surrationalisme est donc une critique du rationalisme classique lequel conduit à une conception de la science fondée sur l'idée de vérité définitive ou absolue[162].

[161] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.16.
[162] Paul GINESTIER, *Bachelard*, Paris, Bordas, 1987, p.95.

Cette critique bachelardienne débouche tout naturellement sur une critique de la conception de la méthode scientifique du rationalisme classique. En effet, l'épistémologie traditionnelle d'inspiration rationaliste décrit la science empirique comme étant caractérisée par une méthode unique, universelle et invariable. Cela veut dire que la méthode scientifique est uniforme et infaillible. C'est-à-dire qu'elle peut s'appliquer à n'importe quel objet et n'importe quel lieu. Cependant Bachelard estime que cette conception de la méthode scientifique n'est pas conforme à la pratique effective de la science empirique, puisqu'il n'y a pas de méthode scientifique unique et infaillible ; mais seulement des stratagèmes nouveaux pour connaître[163]. Autrement dit il n'y a pas qu'une seule manière de procéder, comme le dit le rationalisme classique, pour accéder à la connaissance vraie des choses mais plutôt plusieurs chemins peuvent être empruntés. La démarche empruntée n'est pas non plus infaillible, c'est-à-dire qu'elle est vouée au changement, à l'amélioration, dans la mesure où elle peut devenir à la longue une démarche qui fait obstacle à l'acquisition de la connaissance véritable. Dans *Essai sur la connaissance approchée*, il affirme :

> « L'application d'une bonne méthode de recherche est toujours féconde au début. Cette fécondité s'atténue suivant une fonction d'allure exponentielle et asymptotiquement vers zéro. Chaque méthode est destinée à devenir désuète, puis caduque. La méthodologie scientifique est astreinte à suivre la science dans son évolution et ses progrès. On ne saurait sans compromettre l'avenir et paralyser l'esprit d'initiative, cristalliser la méthodologie dans une forme fixée [164]»

A travers Ces propos Bachelard affirme clairement sa critique de la conception méthodologique du rationalisme classique (par exemple Descartes). Certes il reconnait que la méthode cartésienne a eu son heure de gloire, mais elle est désormais périmée à l'ère du nouvel esprit scientifique (XXe siècle). Les préceptes de la méthode cartésiennes sont invariables, peu importe l'objet étudié, elle n'est pas soumise à des corrections. Au contraire son application conduit sûrement à la connaissance vraie (le plus important c'est de bien l'appliquer). En employant ici les termes mathématiques « exponentiels » et « asymptotiquement », Bachelard veut montrer le caractère décroissant, c'est-à-dire l'affaiblissement naturel de toute méthode, même celle du nouvel esprit scientifique. Les concepts d'évidence et de solidité qui structurent la méthode cartésiennes sont remplacés par des concepts de dialectique, ouverture, intégralité (au sens du rationalisme intégrale[165]). Ce rejet bachelardien d'une méthode générale stable, censée fonder le savoir vrai, s'inscrit dans le contexte de son œuvre de jeunesse (sa première thèse, 1927[166]).

---

[163] Gaston BACHELARD, *L'engagement rationaliste*, Paris, PUF, 1972, p.39.

[164] Gaston BACHELARD, *Essai sur la connaissance approchée*, (1927), p.27, cité dans les notes de *Le nouvel esprit scientifiques*, Paris, Puf, 2020, p.230-231.

[165] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué* (1949), Paris, Puf, 1970, p.132.

[166] Sa thèse principale (*l'Essai sur la connaissance approchée* par distinction avec sa thèse *complémentaire L'étude sur l'évolution d'un problème de physique*. Pour le doctorat il fallait présenter deux thèses jusque dans les années 1970)

Il ne cessera d'approfondir cette critique dans ses œuvres de maturité, notamment dans *Le rationalisme appliqué*. L'idée d'une méthode générale, identique pour tout objet, enferme l'esprit dans un cadre bien fermé et constitue ainsi un obstacle au progrès de la connaissance. La méthode cartésienne est l'antithèse du progrès scientifique, on ne peut en sortir que par « effraction ». De même dans l'enseignement, comme nous le verrons dans la deuxième partie de ce chapitre, le « rationalisme enseignant » enferme l'esprit dans un cadre méthodologique prédéfini comme le cadre *a priori* où doit s'exercer la pensée de l'élève. Sortir de ce cadre est quasi synonyme d'effraction[167].

Pour Bachelard, chaque objet de connaissance exige une certaine manière de l'approcher, c'est-à-dire de l'examiner. Les phénomènes microscopiques ne peuvent être traités de la même manière que les phénomènes macroscopiques. Même à l'intérieur de ces groupes de phénomènes, il y a encore des différences d'approche ou de procédures. Par conséquent, l'idée d'une méthode unique et infaillible est totalement erronée par rapport à la science empirique contemporaine, car la méthode rationnelle conforme à la science n'est pas construite à l'extérieur de l'activité de la science. Elle est plutôt liée à la science en train de se faire. Elle est contemporaine de l'évolution ou du progrès de la science. C'est une méthode spéciale, c'est-à-dire qui s'adapte à chaque pensée scientifique, de telle sorte qu'une méthodologie rigoureuse de la science est essentiellement hétérogène et non définie par l'homogénéité d'une pensée statique dogmatique. De ce fait l'attitude rationnelle du point de vue bachelardien ne consiste pas dans l'élaboration des cadres invariables d'une méthode universelle, mais dans la révision permanente des principes méthodologiques de la connaissance scientifique.

Selon nous, la critique bachelardienne est intéressante, dans la mesure où elle décrit avec précision les limites du rationalisme classique et sa conception de la méthode rationnelle de la science. En effet quand nous observons l'évolution de la science à travers son histoire, on se rend compte que la production des savoirs scientifiques, dans les sciences de la nature par exemple, n'est pas simplement due à l'application des principes universels inventés de l'extérieur. Il y a des principes ou des critères que la science elle-même invente : Galilée a effectivement élaboré son système à partir du moment où il n'a pas suivi dogmatiquement les principes méthodologiques d'Aristote. Si à notre époque la spécialisation est de plus en plus récurrente, ce n'est pas seulement un effet de mode. C'est une injonction épistémologique qu'impose la volonté de connaître davantage la réalité de manière plus poussée. Bachelard avait déjà prédit

[167] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.13.

ce fait à travers son concept de surrationalisme. Les exigences d'un savoir de plus en plus percutant demandent à chaque fois de revisiter les cadres méthodologiques et d'inventer de nouveaux stratagèmes aux frontières du savoir.

I-3- Rationalisme nouveau et intentions divergentes

La critique bachelardienne rejoint celle de Popper sur plusieurs points caractérisant le rationalisme classique. Qu'il s'agisse des critères rationnels *a priori*, Bachelard et Popper rejettent clairement le caractère invariable et uniforme des principes logiques, censés structurer toute connaissance objective en dehors des cadres spécifiques de l'expérience. Dans *Le rationalisme appliqué*, Bachelard montre que « l'argument logique » ou « les principes logiques » sur lesquels se fonde le cogito est « un noyau qui ne peut proliférer [168]», car la réduction de toute explication des phénomènes à la vérité du cogito empêche de véritablement connaitre ces phénomènes, dans la mesure où on ne va pas au-delà du cadre du cogito.

De même, dans *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, Popper rejette clairement la conception des principes logiques *a priori* dans sa critique du kantisme. Il affirme que « l'idée fondamentale proprement rationaliste – il y a des jugements synthétiques *a priori* – peut être disjointe de l'idée de déductivisme qui lui est associée et que ces idées ne sont pas logiquement solidaires [169]», parler de jugement synthétique *a priori*, c'est comme parler des jugements d'expérience qui ne découlent pas de l'expérience, ce qui serait une véritable contradiction logique. Popper rejoint ici la critique du positivisme logique de Kant. Qu'il s'agisse de la raison immuable et universelle, les deux auteurs montrent parallèlement que la raison désincarnée, c'est-à-dire coupé du monde empirique, est un leurre, en ce sens que le pouvoir de la raison est constitutif, ou du moins est relatif au contexte ou au milieu dans lequel s'exerce la raison. Les circonstances et la spécificité de chaque objet exigent des stratégies spécifiques et nouvelles, et non l'application des critères extérieurs. Qu'il s'agisse encore de la conception de la méthode du rationalisme classique.

Mais le point crucial du rapprochement entre la pensée bachelardienne et la pensée poppérienne est la définition d'un nouveau rationalisme totalement différent, voire opposé au rationalisme classique. Autrement dit les critiques bachelardienne et poppérienne tendent vers la définition d'un rationalisme dynamique. La critique de Popper débouche sur le rationalisme critique. Celle de Bachelard conduit à l'élaboration d'un rationalisme dialectique. Il s'agit de deux versions du rationalisme dynamique qui renvoie à une synthèse ou dépassement entre le

[168] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué* (1949), Paris, Puf, 1970, p.131-132.
[169] Karl POPPER, *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance,* Paris, Hermann, 1999, p.38.

rationalisme et l'empirisme : cette synthèse est une sorte d'influence réciproque entre la raison et l'expérience. C'est ainsi que Bachelard affirme : « il ne s'agit donc plus, pour juger de la pensée scientifique, de s'appuyer sur un rationalisme formel, abstrait, universel. Il faut attendre un rationalisme concret, solidaire d'expériences toujours particulières et précises. Il faut aussi que ce rationalisme soit suffisamment ouvert pour recevoir de l'expérience des déterminations nouvelles [170]». Dans ce nouveau rationalisme, il n'y a pas une position dominante de la raison, au contraire elle échange à chaque fois sa position avec l'expérience. La raison informe l'expérience, et l'expérience informe la raison. Dans *Les deux problèmes de la théorie de la connaissance,* Popper emboîte pour ainsi dire le pas à Bachelard en affirmant clairement : « la théorie déductiviste-empiriste de la connaissance soutenue ici peut être considérée comme une synthèse des deux théories classiques : une synthèse d'élément du rationalisme et de l'empirisme [171]». Il s'agit d'un rationalisme intermédiaire (entre deux pôles ou extrêmes) qui se distingue par le fait que l'activité de l'esprit occupe une place significative dans la construction des hypothèses ou des théories, mais leur vérité ou leur fausseté est déterminée en définitive par l'expérience et non par des principes logiques ou des « jugements synthétiques *a priori* ».

Toutefois ce rapprochement ne saurait faire oublier les divergentes qui existent entre les deux auteurs, entre leurs critiques respectives du rationalisme classique. On voit clairement qu'ils n'ont pas les mêmes motivations ni les mêmes intentions. Dès son œuvre de jeunesse, Popper vise à éradiquer l'inductivisme de la théorie de connaissance dans une dimension logique. C'est pourquoi sa cible est principalement Kant. En critiquant Kant, Popper rejette à la fois le rationalisme classique dogmatique et l'empirisme classique, tout comme l'empirisme logique. On a même envie dire qu'il penche vers le rationalisme, devenu suspect depuis l'avènement de la philosophie de la signification du positivisme logique. Tandis que Bachelard n'est pas motivé par une réhabilitation de la raison. Ce qui l'intéresse c'est de donner à la science la philosophie qu'elle mérite, une philosophie conforme à l'activité effective de la pensée scientifique contemporaine. Il constate très tôt que la construction de la connaissance se fait dans un dialogue permanent entre des critères rationnels et des critères empiriques. Conscient de ce fait, il publie en 1929 un livre intitulé *La valeur inductive de la relativité,* comme une réponse polémique à *La Déduction relativiste* de Meyerson paru quatre ans plus tôt. En clair, l'approche inductiviste de Bachelard conduit à une conception du processus de la connaissance opposée à celle de Popper. Pour Bachelard l'activité empiriste de l'esprit est équivalente à celle de la raison. Alors que pour Popper la connaissance s'élabore toujours dans un mouvement qui part de l'activité rationnelle vers l'activité empirique de l'esprit.

[170] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué* (1949), Paris, Puf, 1970, p.4.
[171] Karl POPPER, *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance,* Paris, Hermann, 1999, p.33.

Selon nous, Bachelard et Popper, malgré leur volonté à faire une synthèse entre le rationalisme et l'empirisme, demeurent en définitive des rationalistes affirmés. L'empirisme ou les éléments empiristes sont secondaires. L'expérience intervient toujours dans un second temps. On peut donc dire qu'ils admettent l'empirisme sans une véritable conviction ou du moins pour refuser tout dogmatisme. Toutefois leur critique du rationalisme classique montre que cette théorie de la connaissance ne peut servir de fondement solide pour un enseignement efficace et fécond des sciences empiriques en raison de ses nombreuses limites quant à la définition d'une conception véritable de la science. Autrement dit, le rationalisme dynamique (le rationalisme critique et le rationalisme dialectique) apparait ici comme le véritable fondement épistémologique de la pédagogie de la science, dans la mesure où il décrit une conception de la science conforme à l'activité effective de la science empirique.

En résumé, la critique bachelardienne du rationalisme classique a le mérite de montrer que la raison absolue n'existe pas en réalité, que la vérité scientifique n'est pas définitive mais toujours soumise à la remise en cause permanente, que l'idée d'une méthode scientifique unique et invariable est un véritable mythe. Ainsi cette critique est analogue à celle que Popper adresse au rationalisme classique. Le nouveau rationalisme dynamique, que définissent Bachelard et Popper, établit un dialogue actif et permanent entre la raison et l'expérience. C'est ce dialogue qui donne à la science sa véritable nature critique, dynamique ; où l'erreur n'est pas un danger mais une nécessité pour la croissance de la connaissance scientifique. De ces critiques découle enfin une remise en cause de la pédagogie rationaliste classique, car le rationalisme classique implique aussi une certaine conception pédagogique, c'est-à-dire une certaine manière d'apprendre ou de faire apprendre les sciences empiriques totalement opposée à la pédagogique empiriste classique.

II– BACHELARD ET POPPER CONTRE LA PEDAGOGIE RATIONALISTE

L'empirisme part du bas vers le haut alors que le rationalisme part du haut vers le bas. La pédagogie rationaliste classique se caractérise par l'idée que les apprentissages véritables se font par des approches déductives. La déduction consiste tirer des conséquences à partir des hypothèses pour fonder la connaissance vraie, autrement dit les hypothèses sont primordiales dans l'élaboration de la connaissance[172]. Ainsi la meilleure manière d'enseigner la science empirique, selon les rationalistes, consiste présenter d'abord aux élèves les théories scientifiques à étudier avant les observations ou les expériences à faire. Il s'agit premièrement de partir de l'enseignant vers l'élève, c'est-à-dire de ce que connait l'enseignant pour le transmettre à

[172] Karl POPPER, *La quête inachevée*, Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.202-205.

l'élève. Dans ce contexte, l'élève est considéré comme n'ayant aucune connaissance préalable de ce qu'on va lui transmettre. Les rationalistes classiques considèrent la primauté de la théorie sur la pratique dans l'apprentissage. C'est pourquoi l'enseignement de la science empirique doit commencer par la présentation théorique des savoirs scientifiques avant de faire des expériences pour répondre à l'impératif : « attachez l'esprit aux idées, aux hypothèses et non au concret ». Il s'agit de privilégier une transmission et une acquisition théorique des connaissances au détriment d'une acquisition par l'expérience, l'observation ou la pratique.

La pédagogie rationaliste classique se caractérise aussi par la position transcendante de l'enseignant et par le caractère absolu du savoir enseigné. Dans le premier cas, le professeur, et particulièrement le professeur de sciences, est dans une posture similaire à celle de la raison immuable. Il est au-dessus des élèves de manière intellectuelle. Il est le seul détenteur de la connaissance vraie. Il détient la vérité contrairement aux élèves, qui sont dans les ténèbres que seule la lumière, c'est-à-dire le savoir de l'enseignant peut dissiper. Ici, le professeur est comparable au philosophe tel qu'il est illustré par l'allégorie de la caverne de Platon[173]. Le philosophe est le seul capable d'opérer la dialectique ascendante pour monter vers les idées (le savoir vrai, la lumière) et de revenir dans la caverne (dialectique descendante) pour éclairer, c'est-à-dire apporter la connaissance à ceux qui sont restés enchainés dans la caverne par le voile de l'ignorance. C'est dans cette perspective que s'inscrit la position transcendante de l'enseignant vis-à-vis des élèves ou des apprenants. D'ailleurs, cette position est symboliquement représentée par l'estrade dans la pédagogie traditionnelle[174].

Quant au second cas caractérisant la pédagogie rationaliste classique, le savoir enseigné est vrai en tout temps. De ce fait, on ne peut le critiquer ni le mettre en cause. C'est donc un savoir dogmatique que l'élève doit recevoir sans le critiquer, ni même soupçonner qu'il est faux ou qu'il renferme des choses qu'on pourrait améliorer. C'est un savoir parfait. L'élève ne doit pas critiquer le savoir scientifique qui lui est transmis parce que ce savoir est vrai. Par exemple, l'enseignement de la théorie darwinienne ne peut être remis en cause par les élèves, parce que cette théorie est considérée par la communauté scientifique comme une véritable théorie scientifique qui dit le vrai. Cela veut dire que le caractère absolu du savoir enseigné découle de l'idée rationaliste selon laquelle les théories et les vérités scientifiques sont déterministes[175]. En montrant les limites de la pédagogie rationaliste, Bachelard et Popper ouvrent la voie à un enseignement renouvelé.

[173] Voir Platon, *La République*, livre VII ; et le commentaire de Popper *La société ouverte et ses ennemis*, t1.
[174] Même si à l'époque de Bachelard et de Popper physiquement l'estrade avait disparue dans les salles de classe, mais le symbole de l'estrade demeure avec d'un côté le professeur ou l'enseignant et de l'autre le groupe élèves.
[175] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, Quadrige/PUF, 2009, p.134.

II-1- La critique poppérienne de la pédagogie rationaliste traditionnelle

Pour Popper la position transcendantale de l'enseignant annihile la critique de l'apprenant, c'est-à-dire qu'elle ne permet pas à l'apprenant de questionner ce qu'on lui enseigne, dans la mesure où elle favorise plutôt un apprentissage dogmatique. Dans sa représentation, l'enseigné perçoit l'enseignant comme le seul détenteur du savoir vrai : on ne contredit pas le « maître » ni son savoir. C'est pourquoi l'élève doit simplement recevoir sans la moindre critique ce que l'enseignant lui transmet parce que ce dernier connaît, alors que l'apprenant ne connait absolument rien. En clair, la position transcendante de l'enseignant ne rend pas l'apprenant libre d'apprendre en dehors du cadre épistémologique fixé par l'enseignant. Il ne peut faire autrement que conformément « aux nobles » orientations de l'enseignant. Or, cette façon de faire apprendre est du pur dogmatisme, qui ne conduit pas à l'autodétermination de l'apprenant. Celui-ci est contraint d'une manière ou d'une autre de voir les choses seulement comme l'enseignant voudrait qu'il les voit. La seule démarche fiable de l'apprentissage est celle que l'enseignant montre à l'élève. Tout ce qui est en dehors de cette démarche ne peut être accepté. Si un apprenant ne fait pas comme lui montre l'enseignant, il est considéré comme un mauvais apprenant. Au lieu de rendre l'apprenant libre, la position transcendante de l'enseignant le rend plutôt passif au sens où il ne fait que ce que l'enseignant veut qu'il fasse : le bon élève est celui qui écoute et obéit docilement. Selon Popper, cette manière de faire apprendre est ennuyeuse pour l'apprenant, car l'apprentissage ne se fait pas de manière active où l'apprenant participe vraiment à la construction de qui est enseigné[176].

Ainsi, enseigner la science de cette manière conduit simplement à une acquisition dogmatique des savoirs scientifiques, c'est-à-dire sans la moindre remise en question. Cela est sous-tendu par une certaine conception déterministe des savoirs scientifiques. Or, Popper a montré que la science n'est pas déterministe. Par conséquent, les savoirs scientifiques enseignés ne peuvent être déterministes (définitifs). En clair Popper veut dire que le savoir de l'enseignant doit pouvoir être critiqué même par l'élève.

II-2- La critique bachelardienne de la pédagogie rationaliste

Quant à Bachelard, sa critique de la pédagogie rationaliste classique porte essentiellement sur la critique du « rationalisme enseignant ». A travers ce terme Bachelard désigne l'attitude intellectuelle de l'enseignant dans le processus de transmission des connaissances scientifiques à l'apprenant. Il s'agit de la manière d'enseigner, du comportement de l'enseignant et du rapport personnel qu'il entretient avec le savoir. Tout ceci se résume dans une seule finalité :

[176] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte. Ecrits de jeunesse*, Paris, Rue d'Ulm, Edition de Gilles Campagnolo, 2019, p.13-14.

faire comprendre à l'élève les notions scientifiques dans leur dynamique. C'est dans ce sens que Bachelard affirme : « le professeur sera celui qui fait comprendre [177]». Autrement dit la tâche de l'enseignant est d'amener l'élève à saisir le sens de ce qu'il veut lui transmettre. Cela exige donc une prise en compte de certains facteurs susceptibles d'entraver cette action tel le comportement pédagogique, les représentations, les pratiques pédagogiques de l'enseignant.
Le plus souvent l'enseignant utilise les mêmes exemples pour faire comprendre à l'élève une notion. A chaque objet à enseigner, il fait usage des mêmes illustrations qu'il ne change pas malgré la difficulté de l'élève à les comprendre.

A cet égard, le rationalisme enseignant pris dans sa singularité est un rationalisme clos. La pédagogie de l'enseignant repose sur une rationalité statique et uniforme. Autrement dit, sa manière d'enseigner n'émerge pas, elle est la même face aux divers objets qu'il transmet à l'élève. Pour se rendre compte de cette défaillance, revenons sur la question de la compréhension. Comme le dit Bachelard « comprendre est une émergence du savoir [178]». En d'autres termes la saisie du sens d'une notion suppose parvenir à quelque chose de nouveau, c'est-à-dire à une nouvelle connaissance qui vient contredire parfois radicalement ce qu'on connait antérieurement sur cette même notion. Or dans cette interaction avec l'élève, l'enseignant, si fier de son dogmatisme statique, ne se dédouble pas face à la difficulté de l'élève à comprendre[179]. Il reste sur sa position d'enseignant autoritaire parce qu'il est le maître qui juge et commande. Pour lui l'élève qui a compris, c'est celui qui a saisi le sens de l'exemple enseigné.

Pour faire comprendre à l'élève une notion scientifique, l'éducateur ne sort pas de la limitation qu'il s'est faite lui-même. Il ne diversifie pas les mécanismes qui peuvent amener l'apprenant à comprendre la notion enseignée : « comment d'ailleurs, le professeur pourra-t-il avoir écho de cette compréhension ? Cela ne pourra se faire que par l'application de l'idée comprise en se référant à des exemples qui diffèrent de l'exemple enseigné [180]». A travers cette affirmation Bachelard montre implicitement la clôture dans laquelle est enfermé le rationalisme enseignant. Cette clôture consiste à rester seulement dans l'exemple pris pour amener l'élève à comprendre une notion. Un tel rationalisme fait alors obstacle à la formation de l'esprit scientifique chez l'élève en ce sens qu'il ne conduit pas à saisir les objets scientifiques dans leur dialectique. Alors que la pensée scientifique contemporaine est essentiellement dédoublée. Elle est toujours en changement. Elle est hétérogène, c'est-à-dire qu'elle est à la fois une articulation du rationalisme et de l'empirisme. Au nouvel esprit scientifique la science est essentiellement

[177] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué,* (1949), Paris, Puf, 1970, p.19.
[178] Gaston BACHELARD, *Ibid.,* p.19.
[179] Dans le dernier le chapitre de notre étude, nous analysons amplement le problème des difficultés des élèves et comment les surmonter à partir d'une psychopédagogie dynamique découlant des conceptions bachelardienne et poppérienne de la science.
[180]Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.19-20.

une activité dialectique. Il n'est plus possible, à l'époque contemporaine, d'étudier les phénomènes naturels avec les philosophies dépassées qui examinaient les phénomènes de manière uniforme : l'empirisme naïf et le rationalisme absolu. Le rationalisme enseignant dans sa version primitive produit chez l'élève une connaissance scientifique immobile. Cela veut dire qu'il bloque la pensée de l'élève puisqu'il ne montre le phénomène que selon un aspect. Le trajet qui part de l'expérience immédiate à l'expérience rationalisée est alors complètement voilé parce que la dialectique du rationalisme et de l'empirisme est perçue seulement en termes d'opposition radicale. Cette vue est l'image d'une absence de connaissance approfondie sur le rapport entre ces deux philosophies (dépassées).

II-3- Un nouveau rationalisme pédagogique

Face à des convergences épistémologiques avérées, de nombreux points de désaccords subsistent entre la critique bachelardienne et la critique poppérienne de la pédagogie rationaliste classique. Popper ne rejette pas foncièrement les approches déductives (de la pédagogie rationaliste). Autrement dit il conçoit que l'apprentissage de la science peut effectivement se faire par de telles approches pourvu qu'elles ne soient pas dogmatiques. Ce qui l'intéresse véritablement c'est l'activité critique dans l'apprentissage. Par conséquent, il rejette comme Bachelard la position transcendante de l'enseignant pour la simple raison qu'elle efface toute possibilité d'émergence d'une discussion critique entre l'enseignant et l'élève ainsi que vis-à-vis du savoir enseigné, généralement dogmatique. Dans *Apprentissage et découverte,* Popper développe une idée sur le positionnement de l'enseignant dont on pourrait dire qu'elle relève de la pédagogie rationaliste traditionnelle : l'élève ne peut par lui-même refaire les expériences de Lavoisier, donc l'enseignant doit le guider, le conduire vers la réalisation de ces expériences sur la base du savoir dogmatique de l'enseignant[181]. De plus enseigner la science par des résumés est une manière rationaliste de faire accéder l'apprenant au savoir.

Or Popper pense que les résumés évitent à l'élève de refaire le parcours historique de la constitution du savoir : ils conduisent directement au savoir. Pourtant c'est ce que fait la raison universelle et immuable qui prétend immédiatement accéder à la connaissance par des principes *a priori*. Malgré son attitude foncièrement objectiviste, il y a dans la pensée poppérienne comme une reproduction de certains dogmes pédagogiques. Sa volonté d'éliminer toute forme d'induction (en épistémologie et en pédagogie) le conduit à verser – par inadvertance selon nous – dans un rationalisme classique qu'il rejette.

[181] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte. Ecrits de jeunesse,* (2008), Paris, Editions Rue d'Ulm, Trad. Gilles Campagnolo, 2019, p.216.

Par contre Bachelard s'oppose foncièrement aux approches déductives fixistes d'acquisition de la connaissance, particulièrement dans l'enseignement de la science. Ce qui le conduit à un rejet strict de la pédagogie rationaliste classique. Son opposition à la position transcendante de l'enseignant est totalement différente de celle de Popper, dans la mesure où il ne ménage pas le rationalisme enseignant sous quelle forme que ce soit. Certes il reconnait le rôle important de l'enseignant en tant que guide[182]. Mais ce guide n'a pas la science infuse comme c'est le cas dans le rationalisme classique. Un enseignant animé par l'esprit d'une raison universelle et immuable, même s'il se considère comme un guide, imposera tout de même ses principes et son savoir à l'élève. C'est une absence totale d'infléchissement. Dans *La formation de l'esprit scientifique*, Bachelard critique farouchement les résumés des savoirs scientifiques enseignés, sachant que ces derniers manifestent l'attitude rationaliste classique qui consiste à produire un savoir définitif, absolu. Or un tel savoir est clos, il enferme l'esprit et annihile l'activité critique. En clair, un résumé est une connaissance générale, et une telle connaissance est fatalement une manifestation du rationalisme, se complaisant dans des cadres immuables et universels[183]. Contrairement à Popper, Bachelard ne tombe pas dans les dogmes du rationalisme classique, dans la mesure où il accorde une certaine valeur à deux concepts, ennemis de la pensée poppérienne, à savoir la psychanalyse et l'induction.

Examinant attentivement le cadre épistémologique dans lequel s'inscrit leur critique de la pédagogie rationaliste classique, on peut trouver un dénominateur commun entre la pensée bachelardienne et la pensée poppérienne. Tous deux tendent vers la définition d'un nouveau rationalisme pédagogique. Celui-ci consiste à définir les conditions d'un enseignement critique des savoirs (scientifiques). C'est un rationalisme substituant à la posture fondationnaliste et transmissive du rationalisme pédagogique classique une nouvelle approche, consistant à travailler sur la manière d'accéder au savoir objectif. L'ancien postulat posait l'accessibilité au savoir en termes de transmission ; ce qui conduit à définir ou à concevoir l'acte d'enseigner essentiellement comme une relation. Or le rationalisme pédagogique dialectique travaille sur la façon dont le sujet à la fois l'apprenant et l'enseignant s'approprie le savoir. L'appropriation est étroitement liée à la construction du savoir. Former l'apprenant ce n'est pas lui transmettre le savoir au sens classique du terme, c'est plutôt développer les processus, les aptitudes (de nos jours on parle de compétences) de manière que l'individu parvienne par lui-même à vivre des refontes et des réformes internes. En clair la nouvelle rationalité pédagogique renvoie à une appropriation du savoir par la critique. Dans *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie*

[182] Dans l'introduction de notre étude et dans le chapitre, nous avons certes montré que Bachelard et Popper considèrent l'enseignant comme un guide. C'est donc l'occasion de revenir ici sur une nuance de ce concept. Chez Popper le guide ne remet pas en question son savoir, alors que Bachelard considère le guide d'abord par sa capacité à apprendre aussi du disciple. Ce qui écarte toute forme de dogmatisme comme on peut le voir chez Popper.
[183] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.70.

de la connaissance Popper résume l'approche critique en ces termes : « l'attitude critique est, comme on le voit, l'attitude consiste à tenter de trouver une erreur. Cela ne vaut pas seulement pour le contrôle de nos théories empiriques, mais de façon tout à fait générale [184]». Autrement dit la croissance des connaissances n'est pas due au fait des vérités ou des savoirs, mais au fait que nous corrigeons activement (consciemment ou pas) nos erreurs[185]. Ni l'accord des esprits ni la transmission des vérités préétablies ne peut faire progresser nos connaissances véritablement. Si progresser c'est avant tout partir d'un état moins bon vers un mieux, alors on peut accumuler des pseudo-connaissances, des pseudo-sciences. L'attitude rationaliste – l'attitude critique – ainsi décrite par Popper s'inscrit dans le cadre la méthode rationnelle générale de discussion critique[186].

De même, dans *Le rationalisme appliqué*, Bachelard décrit le nouveau rationalisme pédagogique comme l'interaction entre deux sujets. Il s'agit d'une application qui se traduit de façon formelle par la discussion critique entre l'enseignant et l'enseigné. Autrement dit l'appropriation du savoir n'est pas un temps de paix, c'est plutôt un moment de confrontation, à la fois avec l'autre et avec soi-même[187]. Notre savoir est soumis tout d'abord au jugement critique de l'autre. Mais par la surveillance intellectuelle de soi, on questionne aussi par soi-même son propre savoir. Cela veut dire que le nouveau rationalisme pédagogique –le rationalisme dialectique ou la pédagogie dialectique – se structure sur une relation dynamique entre l'enseignant et l'enseigné, où par la critique simultanée les deux échangent leurs positions respectives. L'enseignant devient écolier, l'écolier devient enseignant. Donc le dédoublement est la manifestation du rationalisme actif, appliqué (à l'autre) et véritablement en acte[188]. Ainsi Bachelard affirme : « un sujet se pose en s'opposant à un autre sujet. Cette opposition peut être entièrement rationnelle. Elle dérange la rationalité du disciple au profit d'une rationalité à plus large application du maître [189]». L'intégration (l'appropriation et la construction de son savoir) et la différentiation (le détachement par rapport au savoir du maître) sont des valeurs rationnelles propres au nouveau rationalisme que l'on ne retrouve pas dans une culture de pédagogie docile. Par conséquent, la valorisation de l'opposition entre le maître et le disciple constitue de ce fait un moyen efficace d'accroissement du savoir.

[184] Karl POPPER, *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance,* Paris, Hermann, 1999, p.20.
[185] Nous reviendrons sur la question de l'erreur et du progrès des connaissances dans la suite de notre étude respectivement aux chapitres 6 et 7.
[186] Karl POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, 1934, Paris, Payot, 1973, p.13.
[187] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué*, (1949), Paris, Puf, 1970, p.13.
[188] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.25-26.
[189] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.21.

En résumé, les désaccords entre Bachelard et Popper sur la critique de la pédagogie rationaliste classique sont moins importantes que leur accord de fond. En effet, nous pouvons dire que l'enseignement des sciences pour être efficace et fécond nécessite de s'appuyer sur un rationalisme adéquat à la pensée scientifique et que le rationalisme dialectique que les deux auteurs développent en est effectivement un. Car la connaissance scientifique contemporaine est une adjonction de l'expérience et de la raison. Toutefois pour cerner davantage la portée épistémologique pédagogique du rationalisme dialectique, il est nécessaire de prolonger cette critique bachelardienne et poppérienne du rationalisme classique et de la pédagogie rationaliste à partir de quelques rappels sur le rationalisme classique.

III- QUELQUES RAPPELS SUR LE RATIONALISME CLASSIQUE

Dans les pages qui précèdent, nous avons entamé notre analyse directement sur les critiques que Bachelard et Popper adressent à la conception rationaliste de la science. Il convient à présent de revenir sur quelques éléments caractéristiques du rationalisme classique afin d'expliciter davantage le rejet poppérien et bachelardien de la pédagogie rationaliste traditionnelle.

III-1-Caractéristiques du rationalisme classique

Descartes, l'un des grands représentants du rationalisme classique, conçoit aussi la raison comme une faculté de l'esprit humain. Il affirme que chaque homme est doté de cette faculté. Nul n'en possède plus que l'autre. Elle est égale et identique en chacun. La raison est la même pour tout le genre humain. Les hommes sont sans doute différents, mais la raison ne l'est pas en chacun. Pour lui, la raison est le pouvoir ou la capacité qu'a l'homme de discerner le vrai du faux. C'est la lumière naturelle en ce sens qu'elle nous montre, si on en fait bon usage, ce qui est vrai et ce qui est faux. Autrement dit la raison est la faculté de l'esprit qui permet de faire une démarcation nette entre le faux et le vrai. Dans ce cas, la raison devient le principe d'explication et de fondation de toute connaissance valide, solide et certaine, ou simplement de la connaissance vraie. En tant que principe d'explication, il s'agit de produire par la réflexion des critères intellectuels (théoriques) qui servent à justifier les choses. Ces critères ou principes rationnels explicatifs sont élaborés *a priori*, au sens où ils découlent de la pure réflexion ou abstraction de l'esprit. Dans le rationalisme platonicien, il s'agit notamment des idées ou formes, qui sont au fondement de toute connaissance[190]. Autrement dit on connait les choses parce qu'on formule de manière *a priori* des idées sur elles. Sans ces idées *a priori* aucune véritable connaissance n'est possible. Au XVIIe siècle Leibniz et Spinoza ne sont pas loin de

[190] La problématique des idées innées correspond au rationalisme du XVIIe siècle

ce rationalisme de l'innéisme, même si Leibniz va petit à petit tendre vers un rationalisme des principes logiques communs à tous : c'est l'homme ou le sujet connaissant qui donne sens aux choses, elles ne sont rien sans l'acte réflexif du sujet. C'est en faisant usage de sa raison que l'homme explique les choses sans forcément se référer à une quelconque donnée qui vient des sens. La célèbre formule de Kant est tout à fait parlante si on le considère comme un rationaliste classique : « les choses ne sont que ce que nous y mettons nous-mêmes». Cette formule montre que la connaissance découle de la seule capacité de l'homme à expliquer les choses en se servant de son entendement, dans la mesure où l'entendement est la faculté de l'homme à organiser les choses intellectuellement en se servant des critères rationnels *a priori*. Ce qui est privilégié dans cette conception de la raison, c'est le pouvoir du sujet à donner sens aux choses par l'usage de sa simple réflexion ou son raisonnement. La connaissance part du sujet vers le monde expérimental (empirique) et de l'expérience vers l'esprit. Or Bachelard et Popper ne voient pas les choses de cette manière. La raison ou la rationalité n'est pas que le fruit d'un sujet désincarné. Cela veut dire que la production de la connaissance du monde est liée activement à une participation de l'expérience.

L'usage actuel qu'on se fait de la raison, que ce soit dans le domaine de la production des savoirs ou dans le sens commun, semble être une synthèse ou une adjonction entre le sens antique et le sens classique. De nos jours, la raison est belle et bien perçue comme une faculté propre à l'homme, propre à tout homme. Elle se traduit par la capacité qu'a l'homme de penser, de réfléchir, de questionner, de critiquer, de discerner le faux du vrai. De ce fait la perception de l'homme comme être doué de raison conduit à l'humanisme métaphysique. Celui-ci place l'homme au centre du monde. Les choses et l'univers n'ont de sens que parce que l'homme existe. Sans l'homme le monde n'aurait pas de valeur. C'est lui qui donne de la valeur aux choses parce qu'il raisonne.

Par ailleurs, un autre sens de la raison est déterminé par ce qu'on appelle l'attitude rationnelle. Elle consiste à ne pas prendre les choses sans preuves, sans un minimum de questionnement. Si un monsieur X affirme que « dans quinze ans les régimes démocratiques seront tous dirigés par des femmes », deux possibles réactions peuvent en découler. Soit on objectera directement que « ce n'est pas évident ce que vous dites », soit on lui demandera de « montrer les preuves de son affirmation ». En s'intéressant à la dernière réaction, on peut s'imaginez que monsieur X s'efforcera d'apporter les preuves de son affirmation par des raisonnements assez complexes, qui pourraient partir de la montée en puissance des mouvements féministes, des lois votées en faveurs des femmes, du respect accru du principe de parité, etc. Cependant, on sait d'emblée qu'une telle probabilité est presque irréaliste. Mais, ce qui est essentiel ici c'est le fait

d'apporter des raisons qui justifient son affirmation. Cela montre que la raison est démonstration, justification, d'une affirmation, d'une thèse, d'un propos à partir des principes formels (logiques, mathématiques, argumentatifs…). Dans cette optique, la raison se manifeste dans tous les domaines du savoir. Dans les sciences humaines comme dans les sciences empiriques, on fait usage de la raison telle qu'elle est décrite ici, dans la mesure où elle est une catégorie de l'homme. Et que ce sont les hommes qui font la Science. La rationalité est à l'œuvre dans toute activité intellectuelle ou scientifique.

À présent, revenons sur une certaine conception classique de la raison qui a donné lieu à une certaine image rationnelle de la science. Cette image est actuellement à l'œuvre dans notre temps : le rationalisme en tant que doctrine philosophique renvoie tantôt à une attitude intellectuelle, tantôt à une croyance qui assigne à la raison la primauté dans la quête de la connaissance. Le rationalisme est la conception selon laquelle la raison est la seule source valide de nos connaissances. Par la raison, on entend la faculté de bien juger ou les : « seules capacités humaines de connaissance […] pour comprendre la réalité dans ses diverses manifestations et y organiser son existence ». Autrement dit, le rationalisme attribue au sujet connaissant une valeur exclusive dans l'élaboration de la connaissance objective. A cet égard, le rationalisme classique ou traditionnel (Descartes, Leibniz, Spinoza) soutient l'idée selon laquelle la connaissance objective est possible non pas par l'expérience sensible mais par la raison immuable et universelle. En effet, le pouvoir de bien juger est universel, dans la mesure où il peut s'appliquer à n'importe qu'elle objet de connaissance sans tenir compte des conditions empiriques qui le caractérisent. Ce pouvoir est absolu, car il transcende les conditions matérielles ou spatiales. Ainsi, n'étant pas soumise aux conditions empiriques, la raison se définit comme immuable, c'est-à-dire qu'elle ne change pas, elle demeure identique à elle-même.

Nous avons vu que le rationalisme classique repose donc sur ce que Robert Blanché caractérise comme « la croyance en une raison universelle et immuable, apanage de tout le genre humain et soustraite aux vicissitudes de l'histoire »[191]. Selon les rationalistes classiques la raison se situe au-delà et au-dessus des données empiriques ; elle est posée une fois pour toute. De ce fait, la raison peut donner sens aux choses. Concrètement, cela signifie que la connaissance humaine provient des principes intellectuels stables, fixés une fois pour toute dans l'esprit humain. C'est à partir de ces principes que la connaissance est possible. Autrement dit à la base de la connaissance de la réalité il y a des principes. Ceux-ci sont acquis par la pure activité de l'esprit (sans lien avec l'expérience) et appliqués à la réalité afin de la connaître. C'est pourquoi selon le *Vocabulaire technique et critique de la philosophie* d'André Lalande «

[191] Robert BLANCHE, *La science actuelle et le rationalisme*, Paris, Puf, 1967, p.1.

toute connaissance vient des principes irrécusables *a priori,* évidents dont elle est la conséquence nécessaire, et d'eux seuls, les sens ne pouvant fournir qu'une vue confuse et provisoire de la vérité »[192]. Il ressort ici que les principes directeurs de toute connaissance proviennent seulement de l'esprit et non de l'expérience, car ils sont innés en ce sens qu'ils sont inscrits dans l'esprit. En clair : « affirmer l'apriorité des principes rationnels, c'est soutenir qu'ils sont par nature, essentiellement distincts des vérités empiriques, que leur valeur est à ce point indépendante de l'expérience, qu'ils sont au contraire requis pour interpréter correctement le donné et le constituer en une expérience objective »[193]. On comprend par là que le caractère *a priori* des principes rationnels renvoie d'abord au fait que ces derniers ne sont pas consubstantiels aux données empiriques, ensuite leur existence ou leur valeur n'est pas déterminée par l'expérience ; enfin on applique de façon absolue ces principes aux données de l'expérience afin de mieux les connaître. Du point de vue rationnel, la connaissance n'est possible que par l'application des principes rationnels immuables à l'expérience sensible. Il s'agit essentiellement des principes formels et des principes organisateurs, gravés de façon innée dans l'esprit de l'homme. Les premiers concernent les principes logiques et mathématiques.

Quant aux seconds, ils renvoient aux principes tels que la substance, la cause, l'étendu, etc. De là, « on en vient à concevoir la raison non comme un réservoir de connaissances, mais comme un système de règles formelles, auxquelles nous obéissons spontanément avant d'en prendre conscience »[194]. C'est dire que quotidiennement quand il s'agit de connaître les choses, on applique les principes logiques sans le savoir : « sous l'autorité des principes logiques, conditions de toute pensée en général, fonctionnent d'autres principes organisateurs comme ceux de substance et de cause, qui caractérisent notre raison humain »[195]. En d'autres termes, pour les rationalistes classiques, la connaissance objective vient du fait qu'on applique les principes logiques, les principes de substance et de cause, même sans le savoir, aux choses. Sans cette application la connaissance n'est pas possible. Par conséquent, le rationalisme pose que chaque chose a une raison d'être et cette raison est d'ordre intelligible. C'est dans ce sens que Leibniz affirme : « jamais rien n'arrive sans qu'il y ait une cause déterminante, c'est-à-dire quelque chose qui puisse servir à rendre raison *a priori* pourquoi cela est existant plutôt que non existant et pourquoi cela est ainsi plutôt que de toute autre façon [196]». Il ressort ici que le principe de causalité ne dépend pas de l'expérience, il est d'ordre intelligible. Ainsi la raison définie par le

[192] André LALANDE, V*ocabulaire technique et critique de la philosophie*, Paris, Puf, 2016, p.889.
[193] Robert BLANCHE, *Op cit.*, p.5.
[194] Robert BLANCHE, *Ibid.*, p.2.
[195] Robert BLANCHE, *Ibid.*, p.3.
[196] LEIBNIZ, *Théodicée*, Ière part. § 44, in Dominique LECOURT, *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Quadrige/Puf, 2014, p.927.

rationalisme classique est absolue et immuable. De même, les principes rationnels sont immuables, aucune donnée empirique ne pouvant les récuser. C'est justement ce caractère immuable des principes directeurs de la connaissance que Bachelard et Popper rejettent, car l'immuabilité conduit inévitablement à ne pas tenir compte des informations qui viennent de l'expérience. Cela traduit une attitude dogmatique du rationaliste qui met toute confiance en ses principes rationnels consistant à imposer à la nature ses vues.

III-2- L'image rationaliste de la science

Du point de vue du rationalisme classique, la science est une activité intellectuelle et humaine dont les cadres sont *a priori*, rigides et immuables. Autrement dit, la science repose sur des principes rationnels qui ne découlent ni de l'expérience ni de l'observation empirique, mais de la pure réflexion de l'esprit humain. Cela veut dire qu'en science ce qui est fondamental c'est la théorie ou les idées et non l'observation ou l'expérience, dans la mesure où ce qui est à la base de l'activité scientifique ce sont les hypothèses et que les règles ou lois et les théories scientifiques sont statiques, uniformes et déterministes. En effet, les hypothèses sont des intuitions premières que l'on a sur un phénomène ou sur une question quelconque. L'intérêt d'étudier une question particulière ne vient pas de rien. Au fond, il y a une idée qui ne provient pas du phénomène en question. Cette idée ou hypothèse vient de la pure réflexion et non de l'observation empirique. Ainsi, l'étude d'un phénomène commence par la formulation d'hypothèses sur ce phénomène. Ce sont elles qui orientent toute la recherche en ce sens qu'elles montrent les différentes perspectives que peut prendre la recherche. C'est à partir de ces principes que l'activité scientifique prend tout son sens en tant que production de la connaissance vraie ou objective. L'étude scientifique n'est possible que par l'élaboration préalable des hypothèses, résultant de l'activité pure de l'esprit. Ce n'est que dans cette optique que la connaissance scientifique, comme réponse aux hypothèses[197], est véritablement acquise.

Etant guidée par la raison absolue et immuable, la science est perçue comme une production des vérités immuables. C'est dire que les vérités scientifiques valent pour tous et de tout temps. Elles sont éternelles en ce sens qu'elles ne sont pas soumises au changement. Les dires de la science ne sont pas d'un coup vrai, d'un autre faux ; ils sont toujours vrais. Ils rendent compte de la nature des choses, telles qu'elles sont. Cette conception rationaliste de la science imprègne aussi le sens commun, car tout le monde pense que la science ne dit pas le faux mais elle a pour vocation de dire la vérité ou le vrai. Et ces vérités sont universelles et immuables, dans la mesure où elles s'imposent à tous indépendamment des espaces géographiques et des conditions empiriques. Elles ne s'usent pas avec le temps. Dès lors qu'une vérité scientifique

197 Le terme hypothèse n'est pas forcément utilisé clairement par tous les rationalistes de l'apriorité

est effectivement attestée par la communauté scientifique, intuitivement, elle est reçue comme tel pour toujours. On ne pense pas qu'elle pourrait muter un jour en fausseté. C'est très contre intuitif de penser ainsi lorsqu'il s'agit des vérités scientifiques, parce qu'on considère toujours la science comme un espace de vérités. C'est pourquoi les vérités scientifiques sont irrécusables. Le philosophe de Königsberg considérait la physique newtonienne comme le point d'achèvement de la physique, selon lui, après Newton on ne pouvait plus élaborer d'autres théories physiques aussi parfaites que celle de Newton. Cela montre que le rationalisme aprioriste considère que les théories scientifiques sont irrécusables. Autrement dit les théories scientifiques ne peuvent pas être remises en causes, dans la mesure où elles disent toujours le vrai. Une théorie qui dit le vrai est forcément une vraie théorie, qui nous apporte une réelle connaissance sur le monde ou sur la réalité.

Les théories scientifiques sont irrécusables en ce sens qu'elles apportent des vérités absolues. L'absoluité des vérités est une conséquence directe du caractère absolu de la théorie. En effet la théorie repose sur des principes *a priori*, qui sont par nature vrais, car il n'y a aucune possibilité de prouver leur caractère faux, puisqu'ils résultent de la seule raison pure ou absolue. Toute connaissance scientifique n'est possible que dans l'espace et le temps. Ceux-ci sont des cadres ou principes *a priori*, en ce sens que c'est la raison qui donne intuitivement de la valeur gnoséologique à l'espace et au temps. L'espace et le temps sont pensés par la raison. C'est elle qui définit les circonstances spatiales et temporelles dans lesquelles la connaissance scientifique est possible. Sans la détermination préalable de ces cadres *a priori*, on ne peut véritablement connaître un objet en toute précision et objectivité. Cette détermination permet de définir le cadre précis et les circonstances dans lesquelles l'objet peut être véritablement et possiblement connu. Une fois ce cadre défini, alors la raison peut l'appliquer à l'expérience afin de connaître l'objet. Une théorie scientifique repose nécessairement sur de tels principes *a priori* élaborés par la raison.

Aussi, l'image rationaliste de la science est définie par l'idée d'une méthode unique et des règles statiques et uniformes. En effet, le rationalisme classique conçoit les sciences comme régies par une méthode rationnelle unique. C'est-à-dire que toutes les sciences de la nature obéissent à une seule méthode, elles procèdent d'une même manière pour approcher les choses. La physique comme la chimie appliquent la même démarche rationnelle. Il s'agit de la méthode hypothético-déductive que les rationalistes tirent essentiellement des mathématiques[198]. Elle consiste à poser au départ une analyse, une hypothèse ou un axiome considéré comme vrais et de ce dernier on déduit un ensemble de propositions secondaires qui dérivent logiquement de l'hypothèse fondamentale. Dans les sciences de la nature, le procédé est identique. Car au début

[198] Le terme d'hypothético-déductive n'est clairement utilisé par tous les rationalistes

de toute étude scientifique, il y a une idée ou une hypothèse qui découle de la seule raison. Et de cette hypothèse dérivent la formulation d'un problème précis et des possibles résultats escomptés. Ainsi cette démarche s'applique à n'importe quel objet parce qu'elle correspond à la nature de la raison, étant donné qu'elle est au fondement de toute connaissance vraie et objective des principes *a priori* de connaissance. Une telle méthode est aussi absolue pour les mêmes raisons que nous avons évoquées sur le caractère absolu des théories scientifiques. Cela se comprend bien à travers le rationalisme méthodologique de Descartes. Dans son *Discours de la méthode,* il définit la démarche rationnelle par excellence. Si on l'applique sérieusement elle conduira à la vérité dans les sciences, voire à une connaissance solide, certaine et objective sur les choses. Naturellement, une telle méthode ne peut que conduire à des règles statiques et uniformes. La science pour être science a besoin de reposer sur des fondements solides, bien fixés par la raison immuable, sinon elle ne serait pas science, parce que soumise au changement, donc à la fausseté potentielle.

C'est pourquoi il faut que les principes ou les règles sur lesquels repose la science soient statiques. Les règles scientifiques demeurent les mêmes quelle que soit l'évolution historique. Les lois newtoniennes sont vraies de toute éternité. La conception rationaliste classique de la science provient de l'idée d'une raison universelle, immuable et transcendante, pouvoir absolue de fonder la connaissance, sans contact avec l'expérience. Concrètement, cela renvoie à l'idée que la science repose sur des hypothèses *a priori* ; que la science conduit à des vérités absolues ; que les sciences obéissent à une démarche unique ; que les règles scientifiques sont statiques et uniformes. En clair, la conception rationaliste classique de la science consiste à dire que la connaissance scientifique provient des principes *a priori* élaborés par la seule raison, sans l'influence de l'expérience sensible. Ce n'est que dans ce cadre de l'apriorisme rationnel que la connaissance objective est possible, y compris la connaissance scientifique. Par conséquent, la connaissance scientifique découle de la raison universelle et immuable. Et ce qui est à la base de la science c'est cette raison, et non l'expérience ou l'observation. C'est ainsi que le rationalisme classique se rapproche du réalisme traditionnel (classique).

III-3 - Le réalisme traditionnel (métaphysique)

La conception réaliste de la science découle d'une position philosophique souvent appelée réalisme. Le réalisme interroge les liens entre les théories (nos représentations du monde) et les réalités extralinguistiques (le monde) qu'elles visent à décrire. Le réalisme vise à montrer en quoi le contenu des théories pourrait être conforme à la réalité existante indépendante de l'homme. La question est alors de savoir si les théories inventées par l'homme peuvent décrire fidèlement le monde, lequel n'est pas une invention humaine. Autrement dit, « la théorie peut-

elle prétendre être une description fidèle de ce qui est indépendamment de l'homme ? [199]». Dans un sens général, est-ce que l'homme peut comprendre le monde dans son essence à partir des théories qu'il invente ? L'une des réponses est donnée par le réalisme philosophique. Cette réponse permet ainsi de comprendre la conception réaliste de la science selon le sens commun. Bien qu'en philosophie le sens du réalisme reste complexe, au moins peut-on en donner une acception générale. En effet, le réalisme désigne généralement la doctrine ou la position philosophique qui soutient la thèse selon laquelle la réalité existe indépendamment de l'esprit. Autrement dit, l'homme ne crée pas la réalité, elle est posée en dehors des opérations de l'esprit. Son existence ne dépend pas des affirmations que l'homme peut faire sur elle. Si l'on ôte ces affirmations, la réalité ne disparait pas. A cet égard, l'homme découvre la réalité, il ne la crée pas. Les photons, les astres, les idées, Dieu, l'âme, le monde etc., sont des réalités extérieures et indépendantes de l'esprit ; le contact avec elles nécessite obligatoirement une observation extérieure préalable.

Cette conception est premièrement par le réalisme traditionnel souvent qualifié de métaphysique, dans la mesure où il affirme la réalité comme étant l'existence des entités extra-empiriques. Autrement dit, pour le réalisme métaphysique la réalité se situe au-delà des apparences. Ce qui est réel, ce n'est pas ce que l'on voit, mais ce qu'on devrait voir. C'est dire que la réalité est abstraite ; elle transcende les catégories de l'espace et du temps. L'essence des choses ne s'explique pas par leurs aspects empiriquement, mais par leurs dimensions abstraites, voire théoriques. Ainsi la réalité renvoie aux entités abstraites qui existent indépendamment de l'esprit. Cette première version du réalisme métaphysique est une pure spéculation, en ce sens qu'il définit la réalité en termes d'abstraction. C'est chez Platon que l'on retrouve premièrement cette forme de réalisme métaphysique, notamment avec son essentialisme idéaliste. Cet essentialisme stipule que la nature des choses est déterminée par les Idées et non par la sensation, car le monde sensible (l'objet de notre perception physique) n'est qu'une copie du monde parfait (intelligible). C'est pourquoi « Platon considère la réalité tangible comme la simple image d'un monde véritable plus fondamental, celui des idées. Pour lui, le monde naturel n'est qu'un guide pour étudier ce monde idéal, seul digne d'intérêt [200]». Les idées sont les seules réalités vraies, les objets du monde physique ou sensible ne sont que des images de ces idées. Si bien que pour connaître le vrai, c'est-à-dire les idées il faut transcender ces images. A la question, pourquoi les idées sont plus vraies que les objets du monde physique ? La réponse de Platon serait à peu près celle-ci : les idées sont stables et atemporelles, car elles ne sont pas soumises à la corruption ni au changement. A cet égard, l'accessibilité à la réalité exige une élévation au-dessus des

[199] Lena SOLER, *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipses, 2000, p.9.
[200] Philippe DE LA COTARDIERE (dir), *Histoire des sciences*, Paris, Editions Tallandier, coll. Texto, 2017, p.109.

apparences par la dialectique, que l'on peut considérer comme une forme d'observation intelligible. Aussi, le réalisme métaphysique se caractérise par le statut accordé à la vérité.

Du point de vue métaphysique, la réalité existe indépendamment de l'esprit, comme nous l'avons déjà dit. Elle renvoie à la correspondance entre l'esprit et les réalités extérieures[201]. En d'autres termes, la vérité est la réalité des objets dont l'existence n'est pas définie par le sujet. En effet, ces objets ne sont pas créés par le sujet. Ils existent par eux-mêmes, et le sujet les découvre simplement par l'observation. Ainsi la vérité ne dépend pas de l'homme, en ce sens qu'elle porte sur les objets indépendants de l'esprit. Le réalisme métaphysique conçoit la vérité comme quelque chose d'une nature ou d'une création divine. Cela signifie que la vérité est absolue, elle est éternelle, dans la mesure où elle ne peut être remise en cause, puisqu'elle est fixe, table, immobile, non soumise au changement. Dans cette optique, la vérité ne peut faire l'objet d'une vérification ou d'une justification[202]. Elle se situe au-delà de nos moyens de vérification. De ce fait, il est impossible humainement de justifier cette vérité métaphysique.

Il s'agit ici d'« une notion de vérité qui outrepasse la possibilité de la justification [203]» parce qu'elle est d'ordre métaphysique, dans la mesure où elle ne peut être l'objet d'une vérification rigoureuse. Elle dépasse nos possibilités de justification, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de preuves humaines qui puissent la justifier. La physique aristotélicienne et même celle de Newton s'inscrivent dans cette perspective. La première fait dépendre le mouvement du Premier moteur et la seconde de Dieu. Cependant, ces deux réalités qui existent indépendamment de l'esprit sont abstraites, et ne peuvent être justifiées concrètement. Par conséquent, le réalisme métaphysique c'est la croyance en la réalité du monde extérieur ayant une existence autonome indépendante du sujet, qui pose la vérité comme ayant une valeur atemporelle.

La science empirique a donc hérité de cette conception de la réalité, et même de cette vérité métaphysique à certains égards, car « le réaliste se présente comme le défenseur de notre croyance commune en la réalité du monde extérieur et en la possibilité de l'objectivité et de la vérité [204]». Qu'il soit métaphysicien ou scientifique, le réaliste pense que la réalité existe hors de l'esprit. Cependant, la démarcation entre conception réaliste métaphysique et conception réaliste scientifique réside dans le fait que la science rejette les entités abstraites et croit au monde naturel en tant qu'il existe indépendamment de l'homme. Bachelard et Popper s'opposent aux conceptions scientifiques et pédagogiques qui découlent du rationalisme classique et du réalisme traditionnel comme nous venons de le voir.

[201] Hilary PUTNAM, *Le Réalisme à visage humain*, Paris, Gallimard, Coll. Tel, 2011, p.9.
[202] Le réalisme métaphysique rejoint ici la théorie empiriste de la vérification.
[203] Hilary PUTNAM, *Ibid.*, p.11.
[204] Hilary PUTNAM, *Ibid.*, p.17.

Conclusion

Pour conclure cette analyse des accords et des désaccords entre Bachelard et Popper sur la question de la critique de la conception rationaliste de la science, nous sommes tentés de répondre d'emblée à la question du décalage entre cette critique et la critique de la pédagogie rationaliste qu'ils n'expriment pas directement, qui est pourtant sous-entendue dans leur critique du rationalisme classique. Comme nous l'avons vu, les deux auteurs critiquent implicitement la pédagogie rationaliste, car elle est aussi en vigueur dans la pratique de l'éducation scientifique. Certaines conceptions rationalistes classiques de la science sont bel et bien présentes dans l'enseignement : la science est souvent enseignée comme un réservoir de vérités définitives. Sur cette question centrale, nous pensons que les empiristes et les rationalistes classiques sont en fin de compte d'accord.

Les critiques bachelardienne et poppérienne s'inscrivent dans la perspective de la crise de la raison au XXe siècle, conséquence de la crise de la science, notamment en mathématique, en physique et même en biologie[205]. Mais les deux auteurs divergent méthodologiquement ou du moins ils n'ont pas les mêmes cibles. Popper s'attache à critiquer le kantisme, notamment sa théorie de l'apriorité de la raison ou des principes absolus de la rationalité. Dans *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, il montre clairement que l'aprioriste kantien n'est pas éloigné de l'innéisme platonicien, dans la mesure où la théorie kantienne pose une raison soustraite aux vicissitudes de l'expérience. Les principes rationnels, qui fondent la connaissance objective, sont donnés une fois pour toute. Pour Popper la position d'une raison absolue n'est plus tenable face au rationalisme critique qu'il développe comme la philosophie adéquate de l'activité scientifique. En ciblant Kant, Popper veut montrer le caractère contingent des principes logiques longtemps considérés comme les seuls fondements valides de la connaissance objective. Tandis que l'approche bachelardienne ne vise pas nécessairement les principes logiques de la connaissance. Descartes est sa cible. Bachelard critique le rationalisme classique à partir de la figure de Descartes. Il rejette la conception cartésienne de la raison comme pouvoir prescriptif absolu imposant ses lois à l'expérience sans être impactée par elle. Dans *Le nouvel esprit scientifique*, il montre que l'épistémologie cartésienne développe une conception figée, voire dogmatique de la science. En prenant Descartes pour cible, Bachelard s'inscrit dans une analyse psychanalytique et historique de la raison, et donc de la connaissance scientifique. La raison est elle-même soumise à la temporalité, elle se constitue progressivement

[205] Robert BLANCHE, *Op cit,* p.114.

Malgré des cibles différentes[206], Bachelard et Popper ont en commun la mise en question de la thèse centrale du rationalisme classique, laquelle consiste à considérer la raison comme universelle et immuable, imposant ses principes à l'expérience ; une raison conçue comme pouvoir absolu sans qu'elle se critique elle-même. De même cette critique montre que les deux auteurs rejettent la conception rationaliste de la science, selon laquelle les vérités scientifiques sont définitives et la science obéit à une méthode unique toujours stable. Pour eux, cette thèse est erronée ; car elle n'est pas conforme à la science effective, du moins à l'activité contemporaine de la science. Cette conception des vérités et de la méthode scientifique se retrouve aussi dans l'enseignement de la science. Par conséquent, la critique bachelardienne et poppérienne rejette indirectement la conception rationaliste classique de la science au niveau pédagogique. Il s'agit d'un rejet implicite de la position transcendante de l'enseignant assénant des vérités à l'enseigné, car une telle position n'est pas conforme à un apprentissage véritable de la science, dans la mesure où elle ne stimule pas l'activité critique de l'apprenant. On exige de ce dernier un apprentissage dogmatique, c'est-à-dire qu'il reçoive simplement les vérités scientifiques enseignées sans les mettre en question.

On a affaire ici, selon nous, à une réflexion sur la crise de la raison dans le domaine épistémologique qui atteint aussi le domaine pédagogique. On peut dire que la critique bachelardienne et poppérienne est une manière de redéfinir les pouvoirs et les critères de la rationalité[207]. Ce qui implique de redéfinir dans le même temps des principes rationnels pouvant fonder un enseignement dynamique, c'est-à-dire fécond et efficace des sciences à partir de la critique. Le rationalisme classique nous parait effectivement insuffisant pour fonder un tel enseignement, parce qu'il donne lieu à une conception de la science en déphasage avec l'activité effective de la science empirique. Il nous semble que le rationalisme classique décrit une image dogmatique de la science, comme l'image dogmatique de la science que développe l'empirisme classique. Le rationalisme critique et le rationalisme dialectique constituent un nouveau rationalisme qui tient compte de la nature véritable de la science, un rationalisme créé par la science et non imposée à elle de l'extérieur. Cela sous-entend que la meilleure manière d'enseigner rationnel-

[206] La différence de leurs cibles montre que les Bachelard et Popper ne s'intéressent pas identiquement au rationalisme classique. Popper analyse les critères distinctifs de la raison, ce qui la définit en tant qu'essence. Alors que Bachelard s'intéresse à la capacité de la raison son pouvoir.

[207] La rationalité n'est pas stable, figée, elle est de nature dynamique, sans cesse en transformation, en construction permanente, en reconstruction, il ne s'agit pas de la pensée éphémère, mais d'une pensée qui ne se satisfait pas des idées reçues, il s'agit d'une pensée qui se réinvente sans cesse s'améliore, une volonté de progression. C'est la vie elle-même qui nous exige d'aller de l'avant, Héraclite avait plus tôt compris le sens progressif de l'existence humaine. La science exprime clairement ce sens de l'existence humaine par la nature des connaissances scientifiques essentiellement réfutables…

lement la science serait de s'appuyer sur un rationalisme non déterministe, c'est-à-dire un rationalisme dynamique tel élaboré par Bachelard et Popper. Telle est la question que nous allons examiner dans les pages qui suivent.

Conclusion de la partie première

Nous avons vu que Bachelard et Popper adressent des critiques analogues aux conceptions empiristes et rationalistes de la science empirique. Pour les deux auteurs, ces conceptions épistémologiques de la science ne peuvent pas développer un enseignement dynamique de la science. Au contraire, leur nature est de maintenir la pédagogie de la science dans le dogmatisme, dans la mesure où elles décrivent une image erronée de la science, en valorisant une « science périmée » selon l'expression de Bachelard. En effet, la conception empiriste consiste à représenter les sciences de la nature ou les sciences empiriques comme l'études des faits empiriques tels qu'ils se donnent à nos sens. Cela implique que les théories, les énoncés, et les lois scientifiques se réfèrent à des choses qui existent réellement dans le monde sensible, et que les objets scientifiques sont les faits empiriques bruts. Ainsi, l'induction apparait comme la seule démarche capable de fournir des informations fiables sur ces faits empiriques bruts. Par contre, la conception rationaliste consiste à dire que les sciences de la nature étudient la réalité à partir des principes *a priori* qui dérivent de la seule raison pure. L'exploration de la nature commence effectivement par la formulation des hypothèses. L'observation n'est jamais neutre ; elle contient toujours des idées premières qui ne découlent pas de l'expérience sensible, mais de la pure réflexion ou abstraction de l'esprit. Cela implique que les théories scientifiques sont immuables. Ainsi, elles conduisent à des vérités absolues, éternelles qui ne sont pas soumises au changement.

Dans cette perspective, la science procède par déduction, car cette démarche permet d'identifier et de poser les principes *a priori* à partir desquels dérive l'étude scientifique. A cet égard, les conceptions classiques de la science montrent que la science procède par une approche unique. Pour comprendre le réel, la science procède d'une seule manière. Soit elle le fait de manière empirique ou inductive, soit elle le fait de manière rationnelle ou déductive. Lorsque le savant fait ses recherches, il n'use pas de plusieurs méthodes, il adopte une démarche unique qui cadre avec ce qu'il veut chercher. Ainsi, un savant d'obédience empiriste privilégiera l'observation comme point de départ de sa recherche, alors qu'un savant d'obédience rationaliste optera plutôt pour des hypothèses à la base de ses recherches. Cependant, appréhendées séparément, ces deux conceptions épistémologiques classiques ou traditionnelles ne cadrent pas avec la pratique effective de la science. Elles offrent des descriptions qui ne correspondent pas à la vraie image de la science. En effet, elles aboutissent à une représentation insuffisante de la science, dans la mesure où la limitation de la science à la seule expérience occulte l'aspect rationnel de la science ; de même, la limitation rationnelle occulte l'aspect empirique de la science. Chaque aspect est valorisé sans tenir compte de l'autre. Cela conduit à des implications

épistémologiques erronées, à savoir que la science produit des vérités absolues, que la science prend pour objet d'étude les faits ou les données empiriques tels qu'ils apparaissent aux sens. C'est pourquoi Bachelard et Popper qualifient les conceptions classiques de la science de naïves. Ces conceptions sont répandues parmi les savants, mais aussi dans la pratique de l'éduction. Les professeurs développent leur enseignement selon l'aspect rationnel ou selon l'aspect empirique. Ce qui empêche les élèves d'avoir une véritable image de la science. Cela veut dire que la manière dont les sciences sont enseignées ne favorise pas la transmission de la nature effective de la science empirique. Mais quelle est la nature réelle de la science empirique ? Les épistémologies poppérienne et bachelardienne peuvent-elle nous dire ce qu'est réellement la science, et comment transmettre cette image réelle dans la pratique de l'éducation ? Une seule approche est-elle suffisante pour comprendre le réel ou la nature ? Comment la science approche-t-elle la réalité ? Comment développer un enseignement, de telle sorte que les élèves aient une vraie image de la science empirique ?

DEUXIEME PARTIE

LA CONCEPTION DYNAMIQUE DE LA SCIENCE SELON GASTON BACHELARD ET KARL POPPER

Introduction

Dans la partie précédente, nous avons vu que pour parvenir à montrer en quoi leurs épistémologies constituent des solutions adéquates au problème de comment mieux enseigner les savoirs scientifiques, Bachelard et Popper critiquent d'abord des fondements épistémologiques classique de l'enseignement des sciences. Ils montrent respectivement que le rationalisme classique et l'empirisme classique ne sont pas des fondements adéquats pour l'enseignement de la science, parce que ces épistémologies traditionnelles transmettent une image erronée de la science et de la démarche scientifique. Or enseigner la science c'est transmettre une image fidèle de la science en train de se faire, c'est-à-dire une image dynamique de la science. C'est dire que la science enseignée doit être en adéquation avec la science telle qu'elle fonctionne de façon effective dans la recherche. Ainsi, cette partie a pour finalité de décrire l'image dynamique de la science, telle qu'elle découle des épistémologies bachelardienne et poppérienne. Il s'agit ici d'analyser les conceptions poppérienne et bachelardienne de la science ; d'exposer les grandes thèses de leurs épistémologies dans l'optique de décrire la conception dynamique de la science par opposition aux conceptions classiques de la science empirique.

De ce fait, nous verrons que les solutions que Bachelard et Popper apportent au problème de la pédagogie de la science sont étroitement liées à leurs conceptions de la science empirique. C'est pourquoi cette partie se focalise essentiellement sur leurs conceptions de la science, en vue de décrire ce qu'est la science dynamique, avant de voir concrètement leurs conceptions pédagogiques dans une troisième partie. Nous ne pouvons pas directement passer à leurs conceptions pédagogiques sans voir en amont leurs conceptions épistémologiques, car les premières dépendent foncièrement des secondes. Cependant, ce n'est que dans un rapprochement des deux épistémologies que l'on peut véritablement saisir le caractère dynamique de la science empirique.

Comment Bachelard et Popper conçoivent-ils la science empirique ? En quoi leur rapprochement permet-il de définir ce qu'est une science empirique dynamique ? Pour répondre à ces questions, nous commencerons d'abord par décrire les conceptions bachelardiennes et poppériennes de la science empirique, puis leurs caractérisations de la démarche et du progrès scientifique, enfin nous tenterons d'apporter des éléments de synthèse. Dans cette partie, il s'agit d'analyser les différentes thèses épistémologiques de Bachelard et de Popper qui peuvent servir de fondement à l'enseignement de la science.

CHAPITRE IV : LA NATURE DYNAMIQUE DE LA SCIENCE EMPIRIQUE

Introduction

Nous avons vu dans les trois premiers chapitres de notre travail que Bachelard et Popper condamnent les conceptions empiristes et rationalistes classiques et définissent la science comme une activité essentiellement critique. Il convient à présent d'expliciter cette définition en profondeur. Elle les a conduit à récuser un certain nombre de considérations sur la science souvent opposées entre elles, à savoir le statut primordial de l'observation, la démarche inductive, la raison absolue ou les idées *a priori*, etc. Le but étant de déterminer la nature effective ou réelle de la science empirique (par rapport à la non-science), c'est-à-dire déterminer les traits distinctifs de l'activité scientifique. Peut-on véritablement considérer la science essentiellement par son caractère dynamique ? Certaines positions, certes dépassées aujourd'hui, ont longtemps nié ce caractère dynamique, en faisant de la science une activité dogmatique, figée, voire statique ou mécanique. Cette conception semble se prolonger dans certaines épistémologies ou positionnements épistémologiques contemporaines, parfois de façon inconsciente (l'empirisme logique, le réalisme naïf contemporain, etc.). Newton ou la science newtonienne était longtemps considéré comme l'achèvement de la science physique (Kant). Ce qui condamnait sans doute la science à être circulaire et simplement une suite continue de savoirs sans réelles transformations ou révolutions : il n'y a que des prolongements internes répétitifs.

Pourtant Bachelard et Popper s'appuient sur ce caractère dynamique (de la science) pour distinguer la véritable science, c'est-à-dire la science critique et non dogmatique, la science révolutionnaire ; la science qui mérite vraiment d'être enseignée, contrairement à la science figée en vigueur dans l'enseignement scientifique en général. A l'opposé du critère de vérifiabilité du néo-positivisme Popper cherche à établir un critère distinctif de la science qui rende compte de son caractère dynamique. Bachelard, quant à lui, propose une approche historique que nous qualifions de rectificationniste, car elle vise aussi à déterminer le caractère dynamique de la science à partir de la rectification des savoirs qui caractérisent la science empirique. En quoi la nature dynamique de la science est-elle une condition nécessaire pour un enseignement critique de la science ?

Pour montrer avec précision le caractère fondamental de la nature dynamique de la science (la vraie nature de la science), nous commencerons par caractériser la falsifiabilité poppérienne comme un critère essentiellement distinctif de la science effective. Cependant son insuffisance nous conduira, dans un second temps, à examiner la conception rectificationniste de la science que Bachelard développe. Au-delà de leurs différences, la convergence des deux critères conduit à définir une meilleure représentation de la science à partir de l'analyse des questions spécifiques telles que la nature des lois, des vérités, et de l'objet scientifiques, car

l'image de la science enseignée dépend de la façon dont on conçoit la nature la science en train de se faire.

I – CRITERE DISTINCTIF DE LA SCIENCE EMPIRIQUE

I-1- Le critère poppérien

I-1-1- Le critère de falsifiabilité ou de réfutabilité

La définition poppérienne de la nature de la science peut être située à partir de la question de la démarcation entre science et non-science. Cette question est au fond celle de la signification (de la nature) de la science. L'élaboration d'un critère de démarcation consiste donc à circonscrire le domaine de la scientificité. Pour Popper la science se distingue par la falsifiabilité. Autrement dit, ce n'est pas la vérification qui détermine la science mais la falsification. D'où le critère de falsifiabilité qui opère une démarcation nette entre la science et la non-science, entre théories scientifiques et pseudo-sciences (le marxisme, la psychanalyse, l'évolutionnisme, etc.). Mais qu'est-ce que la falsifiabilité ? Dans quelle mesure ce critère permet-il de caractériser une théorie scientifique ?

La falsifiabilité est le caractère réfutable d'une théorie, c'est-à-dire la possibilité pour cette théorie d'être contredite par l'expérience. Falsifier une théorie, c'est la mettre à l'épreuve de l'expérience, c'est la faire passer par des tests (ou des tentatives) de réfutations. Ainsi, le rôle de l'expérience consiste à dire non aux théories ou aux hypothèses scientifiques. A cet égard, Popper présente le critère de falsifiabilité sous la forme d'un schéma logique élémentaire (le *modus tollens :* « Si p, alors q, or non p, donc non q »[208]), dans la mesure où il s'agit des systèmes théoriques de la science : les liens entre les énoncés et la théorie, car la science est avant tout un système théorique portant sur le monde ou la réalité phénoménale. La falsifiabilité s'applique à des systèmes théoriques de la science. Dans *La logique de la découverte scientifique* Popper écrit : « un système faisant partie de la science empirique doit pouvoir être réfuté par l'expérience [209]». Autrement dit, ce qui caractérise une théorie scientifique c'est sa capacité à être remise en cause par les faits empiriques, c'est-à-dire la possibilité que cette théorie puisse se trouver contredite par la nature. C'est le cas de la théorie de la relativité d'Einstein qui courrait le risque d'être remise en cause par l'expérience réalisée par l'astronome Eddington en 1919. Si cette expérience avait mis la relativité en échec, alors on ne parlerait pas aujourd'hui de la relativité comme d'une théorie qui réussit, mais comme d'une tentative d'explication de

[208] Popper définit le *modus tollens* de manière suivante « la manière dont la falsification d'une conclusion entraine la falsification du système dont il est dérivé », c'est procédé qui existe dans la logique classique. En clair, Popper veut dire que si la conclusion de la théorie est fausse, alors c'est toute la théorie qu'il faudrait rejeter. C'est là l'un des points de sa discorde ave son disciple Imre Lakatos qui défend un « réfutationnisme méthodologique élaboré ». Pour aller plus loin, *confère La logique de la découverte scientifique,* p.74.

[209] Karl R. POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Payot, Paris, 1973, p.37.

la nature qui a échoué. Dans la même perspective, la relativité montre que le critère poppérien de démarcation entre la science et la non-science est effectif dans l'activité réelle de la science empirique, dans la mesure où la relativité, que l'on considère de nos jours comme le modèle même de la science empirique, avait été soumise à une expérience falsifiante qui pouvait la contredire ; contrairement à des théories non scientifiques comme la théorie de l'évolution ou le marxisme qui échappent à la réfutation. En clair, le critère de falsifiabilité stipule qu'une théorie est scientifique si elle est falsifiable. Cela veut dire que la science se distingue par son caractère réfutable. Ce critère est une exigence négative au sens où il ne consiste pas à vérifier une théorie mais à la rejeter[210]. En d'autres termes, la science fonctionne par falsification de ces théories. Cette falsification peut se comprendre dans un langage méthodologique, logique et réaliste. Au niveau réaliste, une théorie est dite falsifiable si les occurrences et les événements qu'elle exclut sont susceptibles de se produire.

En effet, la théorie est falsifiée, c'est-à-dire qu'elle a été mise en échec par l'expérience si l'une des occurrences qu'elle exclut se produit. En science, ce qu'on recherche ce sont des occasions pour mettre la théorie en échec en faisant intervenir des énoncés de base (les falsificateurs virtuels ou énoncés falsifiants) possiblement réalisables. C'est pourquoi « nous pouvons donc dire que la théorie exclut certaines occurrences possibles et qu'elle sera falsifiée si ces occurrences possibles se produisent en fait [211]». Cela signifie qu'en science on fait passer la théorie par un ensemble de tests expérimentaux dans l'optique de la mettre en échec, de monter qu'elle ne fonctionne pas, qu'elle n'est pas opérationnelle (qu'elle renferme des erreurs). Selon Popper, toute l'activité scientifique se fait d'après ce processus de falsification des théories. Cela veut dire que la science progresse par réfutation des théories. Cette réfutation est intrinsèque à l'activité scientifique. C'est pourquoi Popper pense que la réfutation est le véritable trait distinctif de la science empirique. Ainsi, les théories scientifiques et les théories non scientifiques se démarquent par le fait que les premières sont falsifiables alors que les secondes ne le sont pas. Mais pour Popper, cela ne veut pas dire que la non-science est dénuée de sens[212]. A ce stade, la falsifiabilité apparaît comme le caractère falsifiable d'une hypothèse ou d'une théorie. C'est le fait qu'elle peut être réfutée par l'expérience. Alors que la falsification est la méthode, c'est-à-dire la démarche ou le cheminement par lequel on prouve le caractère falsifiable de la théorie. C'est donc un processus mis en place volontairement. Sa structure formelle se

[210] Karl R. POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Payot, Paris, 1973, p. 38.
[211] Karl R. POPPER, *Ibid*., p.86.
[212] L'adoption de la falsification comme critère de démarcation entre la science et la non-science, implique nécessairement un replacement de la non-science dans son domaine propre. Ce replacement signifie que la non-science a un sens propre elle. D'où, pour Popper la définition d'un critère de démarcation ne consiste pas à éliminer la non-science par rapport à la science, mais à les situer chacune dans leur domaine propre. D'où sa critique du postulat positiviste selon lequel la métaphysique est dénué de sens. Selon lui, la métaphysique n'est pas une science, (au sens empirique du terme) mais elle a un sens propre à elle.

présente de la manière suivante : on a une théorie et on la soumet à des tests expérimentaux qui sont des scénarios (énoncés de base) visant à la contredire ou à la réfuter. C'est ainsi que l'hypothèse « tous les corbeaux sont noirs » (« Pour tout x, si Cx alors Nx ») est falsifiable, dans la mesure où elle admet la possibilité qu'il puisse exister quelque part un corbeau blanc. Un corbeau blanc est donc un énoncé falsificateur qui prouve le caractère falsifiable de l'énoncé « tous les corbeaux sont noirs », puisque rien ne permet d'affirmer qu'on ne puisse pas observer un jour un corbeau blanc quelque part sur terre. Si cela venait à se produire, cela remettrait en cause l'hypothèse que « tous les corbeaux sont noirs ». Ce que Popper veut dire par là c'est que la science se distingue par la falsifiabilité telle qu'elle vient d'être illustrée et non par la vérifiabilité. Ainsi l'épistémologie poppérienne montre que la conception vérificationniste de la science est erronée, car elle ne tient pas compte de la logique même de l'activité scientifique qui est foncièrement falsificationniste : c'est la réfutation qui est au cœur de la science. C'est dans ce sens que Jacques Monod dit :

> Le critère de démarcation (ou de falsifiabilité) a été l'origine, il est demeuré au centre de l'épistémologie de Popper. Il ne s'agit pas seulement, comme il le voit bientôt, d'un instrument critique utilisable *a posteriori* pour l'évaluation d'une théorie, mais d'un principe essentiel, sur quoi s'est édifié réellement et repose tout l'édifice, jamais achevé, de la connaissance scientifique[213].

Ces propos s'inscrivent dans le cadre d'une invitation faite en 1972 à Jacques Monod, biochimiste de métier, à faire une préface à la première publication en langue française de *La logique de la découverte scientifique*. Dans cette préface, il fait une présentation de la pensée de Popper, dont le critère de falsifiabilité est l'épicentre. D'après Monod, la falsifiabilité n'est pas un outil extérieur à la science c'est au contraire un principe qui est intrinsèque à la science. Toute l'activité scientifique de production des connaissances repose sur lui. Il s'agit pour Monod d'opposer le critère poppérien à celui des positivistes logiques. Autrement dit, le critère de réfutation est réaliste et plus conforme à l'activité scientifique que le critère de la vérifiabilité qui est purement logique et extérieur à la science. Cependant, la science est souvent enseignée de façon vérificationniste, car les notions scientifiques sont transmises aux apprenants à partir de l'observation et de l'expérience. En effet, l'apprenant est amené à faire préalablement des observations qui conduisent à la théorie. On fait des expériences dans l'optique de prouver que cette dernière est opérationnelle, c'est-à-dire qu'elle est vérifiable, en ce sens qu'elle est confirmée par l'expérience.

Cette conception vérificationniste de la science conduit à une représentation erronée de la science chez les apprenants, en ce sens que ces derniers conçoivent les théories scientifiques

[213] Jacques MONOD, « Préface », dans Karl R. POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Payot, Paris, 1973, p.3.

comme vérifiables par l'expérience. Ce qui est tout à fait normal, parce que l'enseignant transmet à l'élève des théories et des expériences opérationnelles : des théories qui sont prouvées par l'expérience. Dans ce cas l'élève ne peut qu'avoir une représentation vérificationniste de la science. Les théories sont confirmées par l'expérience. Ce que dit la théorie est attesté par l'expérience. Quand l'apprenant fait des expériences, c'est avec l'idée de montrer que ce que dit la théorie est effectivement vrai. Autrement dit, les expériences faites en classe ont toujours une même fonction, à savoir confirmer une idée ou une théorie. Il s'agit d'un enseignement vérificationniste de la science. Ainsi, l'enseignement falsificationniste doit se substituer à l'enseignement vérificationniste de la science. Pourquoi une telle substitution ? D'où vient le fait que les théories scientifiques fonctionnent (qu'elles mentionnent des événements qui sont constatés par l'expérience) si la science est falsifiable ? La réponse de Popper se trouve illustrée par la convocation du terme de corroboration.

I-1-2- La corroboration des théories scientifiques

Les théories scientifiques fonctionnent non pas parce qu'elles sont confirmées mais parce qu'elles sont falsifiables. A cet égard, cette opérationnalité de la science n'est pas une vérification mais une corroboration. Dans un sens général, la corroboration peut être synonyme de confirmation ou de vérification, dans la mesure où corroborer signifie conforter une hypothèse à partir de certains éléments (arguments, exemples, etc.). Ces éléments nouveaux qui soutiennent la thèse peuvent être perçus en science comme les faits qui confirment la théorie. Cependant, la falsifiabilité nous enseigne que la corroboration en science n'est pas synonyme de confirmation mais d'attestation provisoire. Autrement dit, au sens poppérien, la corroboration est le fait qu'une théorie scientifique réussisse avec succès les différents tests rigoureux auxquels elle a été soumise à un moment donné. Ce qui signifie qu'elle n'a pas été mise en échec par ces tests expérimentaux ; par conséquent elle est acceptée provisoirement. C'est dans ce sens que Popper écrit : « les théories ne sont pas vérifiables mais elles peuvent être ‘‘corroborées’’ [214]». Cela veut dire que la prétendue confirmation qu'on accorde aux théories scientifiques n'est rien d'autre que leur corroboration, en ce sens qu'elles ne peuvent être strictement vérifiées ou confirmées par l'expérience[215]. La corroboration se fait seulement dans le cas où l'expérience n'a pas pu réfuter la théorie. Et si la réfutation se produit, ce qui est rare, alors la théorie en question doit être rejetée ou éliminée de la course vers la vérité, car elle ne permet pas de réduire notre ignorance, elle ne fait pas découvrir de nouvelle chose. Par exemple si on

[214] Karl R. POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Payot, Paris, 1973, p.256.
[215] Nous approfondirons cette question statut de l'expérience dans la suite de notre analyse.

découvre un jour *un corbeau blanc*, alors l'hypothèse « tous les corbeaux sont noirs » sera rejetée, dans la mesure où elle empêche ici d'accéder à la vérité, à savoir que tous les corbeaux ne sont pas blancs. En clair, une théorie scientifique est corroborée lorsqu'elle a résisté aux tests expérimentaux, c'est-à-dire que l'expérience ne l'a pas mise en défaut. Ainsi, le rôle de l'expérience n'est pas de défendre la théorie, mais d'essayer de la mettre en échec. Si cette tentative s'avère un échec, alors la théorie est attestée provisoirement, parce qu'au moment où elle est testée il n'y a pas de fait qui rentre en contradiction avec elle. Cela signifie que les théories scientifiques fonctionnent parce qu'il n'y a pas encore de faits connus qui les réfutent. L'absence de ces derniers à un moment donné ne signifie pas qu'ils ne peuvent pas apparaître un jour afin de ruiner la théorie. Si pour le moment elle n'est pas falsifiée, rien ne dit que plus tard elle ne le sera pas. Cela montre qu'en réalité les théories (et les vérités) scientifiques sont toujours provisoirement acceptées. Ce qui suppose que la vérification complète de la théorie est techniquement impossible. Cette impossibilité est souvent méconnue à cause de la croyance au dogme de la *vérification*. En effet une théorie est souvent dite vérifiable si certaines prévisions déduites d'elle sont vérifiées (produites). Ces prévisions renvoient aux contenus informatifs des théories. Si ces contenus sont confirmés par l'expérience, alors on dit que ces prévisions sont vérifiées, par conséquent la théorie l'est aussi. Ce qui signifie que la théorie marche, elle fonctionne même si, pour le savant, la vérification peut comporter une part d'incertitude :

> « Le fait que les théories peuvent être non seulement améliorées mais encore falsifiée par de nouvelles expériences constitue pour le savant une possibilité sérieuse qui peut, à tout moment, se réaliser. Pourtant, jamais encore on n'a dû considérer qu'une théorie était falsifiée à cause de la défaillance soudaine d'une loi bien confirmée [216] »

L'incertitude avérée de la vérification ne remet pas en cause le fait que les théories scientifiques sont foncièrement vérifiables, à cause des régularités immuables de la nature qui peuvent être contrôlées par l'expérience. Les théories scientifiques sont considérées comme vérifiables, parce qu'elles reposent sur le principe d'uniformité de la nature. Voilà pourquoi il est difficile de penser que la vérification est impossible.

Toutefois, cette méconnaissance est aussi transposée dans l'enseignement des sciences. Cela veut dire que dans l'enseignement des connaissances scientifiques, on rencontre aussi le dogme de la vérifiabilité des théories. Car les notions scientifiques sont enseignées dans une perspective vérificationniste. Les expériences sont faites pour confirmer la théorie, afin de montrer qu'elle marche, qu'elle fonctionne. Etant donné que la science est perçue comme vérificationniste, il est normal qu'elle soit aussi enseignée de cette manière, parce que l'enseignement de la science dépend de la manière dont elle est perçue.

[216] Karl R. POPPER, *Op. cit.*, p.257

Pour Popper, la vérification des théories scientifiques est méthodologiquement impossible. Dans la mesure où la tentative de vouloir remplacer le principe métaphysique d'uniformité ou les régularités immuables de la nature par le postulat de l'invariance des lois naturelles conduit à une régression à l'infini et à une forme d'*apriorisme*. En effet, la vérification repose sur les régularités de la nature. Celles-ci sont considérées comme immuables, c'est-dire qu'elles ne changent pas. Et la théorie explique ces régularités par les lois naturelles. C'est dans cette optique que Popper dit : « supposons que le soleil ne se lève pas demain (et que nous continuions néanmoins à poursuivre nos intérêts scientifiques). Si pareille chose arrivait, la science devrait essayer de l'expliquer, c'est-à-dire d'en rendre compte par les lois ». Cela implique, poursuit Popper, que « les théories en vigueur devraient probablement être révisées de fond en comble. Mais, les théories révisées devraient rendre compte non seulement de la nouvelle situation mais encore de nos expériences antérieures [217]». La nouvelle situation ou le changement de régularités entraine nécessairement une révision des théories en vigueur, c'est-à-dire qu'on doit chercher à corriger afin qu'elles puissent expliquer cette nouvelle situation, de telle sorte que la théorie révisée ait un degré d'universalité élevé, afin qu'elle explique non seulement la nouvelle situation mais aussi la situation antérieure. Feyerabend et Lakatos diront que la nouvelle théorie englobe l'ancienne. Ainsi, à chaque fois qu'il y ait apparition de nouvelles situations empiriques, la science devrait l'expliquer.

De ce fait, la vérification est impossible parce qu'elle repose sur le principe d'induction qui conduit à une régression à l'infini. Cette régression montre que les régularités de la nature changent et que les lois naturelles sont sujettes à des révisions. Par conséquent, à chaque fois, qu'il y aura changement de régularité, il faudra vérifier la théorie sur ces nouvelles régularités, tout en révisant la théorie elle-même : « c'est ainsi que si nous essayons de changer notre croyance métaphysique en l'uniformité de la nature et en la vérifiabilité des hypothèses, en une théorie de la connaissance fondée sur une logique inductive défendue par Carnap et Reichebach, il ne nous reste qu'à choisir entre une régression à l'infini et l'apriorisme [218]». Or d'après la théorie falsificationniste, les théories ou hypothèses scientifiques ne peuvent rigoureusement faire l'objet de vérification, mais seulement de corroboration. Cela signifie que la corroboration est possible contrairement à la vérification. Il est possible de montrer comment une théorie ou une hypothèse scientifique résiste aux tests auxquels elle a été soumise, et non sa vérification qui demeure inatteignable. Alors comment une théorie résiste-t-elle aux tests ? Ou comment une hypothèse peut-elle être corroborée ?

[217] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.258.
[218] Karl POPPER, *Ibid.*, p.256.

Nous avons vu que la science se caractérise par la falsifiabilité, au sens où il s'agit de soumettre les théories à la réfutation : en science, la contradiction expérimentale est un puissant moteur de la recherche scientifique. Et si la falsification n'est pas concluante, alors la théorie est corroborée. C'est-à-dire qu'il y a une compatibilité entre la théorie et ses énoncés de base. Ces derniers ne contredisent pas la théorie à travers les tests auxquels elle est soumise. C'est ainsi que « nous disons d'une théorie qu'elle est corroborée aussi longtemps qu'elle passe ces tests avec succès [219]». Passer avec succès ces tests, signifie que la théorie n'a pas été mise en échec, que les énoncés de base qui la contredisent ne se sont pas encore produits au moment où s'effectuent ces tests. Evaluer une théorie consiste à évaluer sa corroboration, c'est-à-dire à voir jusqu'où elle peut être corroborée. On distingue ainsi une corroboration négative et une corroboration positive. La première renvoie au fait que l'on considère comme une condition suffisante le fait que la théorie ne soit pas encore falsifiée. Cela signifie que la compatibilité entre la théorie et les énoncés de base se détermine par le nombre d'énoncés de base qui ne falsifient pas la théorie. Dans cette perspective, on dit que la théorie a été positivement ou suffisamment corroborée. Toutefois Popper montre que cette conception de la corroboration n'est pas suffisante, dans la mesure où une théorie peut avoir un nombre élevés d'énoncés compatibles et être moins corroborée qu'une autre théorie ayant un nombre moins élevés d'énoncés compatibles :

> Ceci montre que le degré de corroboration se trouve moins déterminé par le nombre de cas corroborant l'hypothèse en question que par la sévérité des divers tests auxquels elle peut être, et a été, soumise. Mais la sévérité des tests dépend à son tour du degré de leur possibilité d'être soumis à des tests et donc de la simplicité de l'hypothèse : l'hypothèse falsifiable à un plus haut degré, ou l'hypothèse la plus simple, est aussi celle qui peut avoir un degré de corroboration plus élevé[220].

A travers cette affirmation, de *La logique de la découverte scientifique*, (1934) Popper répond à la question de savoir si la corroboration d'une hypothèse est due à l'ensemble des falsificateurs virtuels qui ne rentrent pas en contradiction avec cette hypothèse. Il anticipe sur certaines critiques qui limiteraient la corroboration au nombre des falsificateurs virtuels corroborant l'hypothèse, afin d'affaiblir son critère de falsifiabilité. Trois critères définissent la corroboration : le nombre des cas corroborant (falsificateurs virtuels corroborant), la sévérité et la simplicité (qui sont des critères de choix ou des valeurs rationnelles). Le premier critère n'en est pas un en réalité. Seules la simplicité et la sévérité des tests sont des conditions de la corroboration. En effet, la rigueur des tests une condition suffisante de corroboration. Autrement dit une bonne corroboration est définie par la solidité des tests expérimentaux visant à falsifier la théorie et non par le nombre d'énoncés qui lui sont compatibles, car il est facile d'élaborer des énoncés

[219] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.271.
[220] Karl POPPER, *Ibid.*, p.272

ou de construire des faits de base qui ne contredisent pas la théorie. C'est pourquoi pour atteindre véritablement la corroboration d'une théorie, il faudrait la mettre à l'épreuve des falsificateurs virtuels. Si elle résiste à ces derniers, alors elle n'a pas été mise en échec, donc elle est corroborée. On pense souvent l'évaluation des théories en faisant intervenir un nombre considérable de faits ou d'énoncés (compatibles ou incompatible), afin de confirmer ou d'infirmer une hypothèse ou une théorie. De même, dans les cours de science, on retrouve cette manière de concevoir l'évaluation des théories scientifiques (La prétendue dérivation inductive de la loi de la gravitation universelle à partir des lois de Kepler). Cependant, la théorie poppérienne positive de la corroboration montre que l'évaluation des théories scientifiques ne se détermine parl'accumulation des faits ou d'observations répétitives, mais par la sévérité des tests auxquels on les soumet. Seuls les tests expérimentaux de réfutabilité peuvent conduire à un degré suffisant de corroboration des théories. Ce qui suppose que les théories scientifiques sont de pures conjectures.

I-1-3- La conjecturalité des théories scientifiques

Si les théories scientifiques se distinguent par la falsifiabilité et elles ne peuvent qu'être corroborées, alors se pose le problème de savoir si les théories scientifiques sont vraies, si elles disent la vérité. Philosophiquement, on peut se poser la question autrement : les théories scientifiques peuvent-elles atteindre la vérité ou expliquer la réalité dans son essence ? En effet, les théories expliquent les phénomènes, dans l'optique de décrire la réalité. Dans cette perspective, elles sont considérées comme visant la réalité. C'est ainsi que la conception vérificationniste de la science stipule que les théories sont vraies. De ce fait, elles conduisent à la vérité au sens où elles disent ce que sont réellement les phénomènes. C'est pourquoi les théories sont en quelque sorte vérifiables par l'expérience. Car elles décrivent des choses empiriquement observables qui peuvent être confirmées par des tests expérimentaux. Cette conception découle de la doctrine galiléenne « selon laquelle le savant cherche à produire une description du monde, ou de certains de ses aspects, qui sont vrais, et à donner une explication vraie des faits observables [221]». Ici, Popper veut dire que l'idée selon laquelle les théories scientifiques sont vérifiables provient de la science galiléenne, puisque celle-ci a consacré l'idée que la science empirique c'est la recherche de la certitude, de la connaissance vraie. Lorsqu'une théorie scientifique marche, cela signifie qu'elle est vraie, qu'elle exprime nécessairement la vérité sur le monde ; elle décrit réellement la nature dans son essence. L'idée que la science peut atteindre

[221] Karl R. POPPER, *Conjectures et réfutations*, Payot, Paris, 1985, p.175.

la vérité est au fond une conception essentialiste[222]. C'est dire que les théories scientifiques décrivent le monde véritable. Elles disent ce que sont véritablement les phénomènes. Cela implique que les vérités scientifiques sont définitives, qu'elles sont vraies de toute éternité. Or Popper pense que même si le savant vise à donner des explications vraies des phénomènes, il ne peut véritablement savoir si ses découvertes sont vraies, c'est-à-dire qu'il ne peut véritablement être assuré de la certitude de la théorie, même dans le cas où elle a été corroborée. C'est pourquoi Popper montre que les théories scientifiques sont

> « Des suppositions d'un contenu informatif élevé ayant le monde pour objet et qui, bien qu'elles ne soient pas vérifiables (c'est-à-dire bien qu'on n'en puisse pas montrer la vérité), peuvent être soumises à des tests critiques rigoureux. Elles constituent des tentatives sérieuses pour découvrir la vérité. A cet égard, les hypothèses scientifiques partagent le sort de la conjecture de Goldbach dans le domaine de la théorie des nombres. Son auteur pensait qu'elle avait quelque chance d'être vraie, et il se peut qu'elle le soit effectivement, même si *nous ne savons pas et si nous serons sans doute jamais en mesure de savoir elle est vraie ou non*[223] »

A travers cette affirmation, Popper compare et assimile la condition des théories scientifiques à celle de la conjecture de Goldbach, mathématicien allemand du XVIIIe siècle. Cette conjecture stipule que « tout nombre supérieur à 2 est une somme de trois nombres premiers ». Elle est soit fausse soit vraie ; néanmoins son auteur espérait qu'elle soit vraie même si on n'avait pas encore réussi à le démontrer. Pour Popper cela illustre clairement la situation des théories ou des hypothèses scientifiques dont la vérité ne peut être établie rigoureusement. Cette affirmation, publiée pour la première fois en 1956, soit vingt-deux ans après la publication de *La logique de la découverte scientifique*[224], s'inscrit dans le contexte de la justification poppérienne de la conception conjecturale de la connaissance scientifique par opposition aux conceptions essentialiste et instrumentaliste de la connaissance. L'objectif de Popper est de monter que les théories scientifiques sont des conjectures puisqu'elles ne peuvent pas être rigoureusement vérifiées mais seulement testées à partir de l'expérience. De ces propos, on peut dire qu'il ressort que 1) les théories scientifiques ne sont pas des imaginations mais des vraies conjectures, c'est-à-dire qu'elles sont de véritables tentatives d'explication du monde (on considère que les théories sont vraies, qu'elles décrivent la réalité) ; 2) en tant que suppositions, les théories ne sont pas vérifiables, c'est-à-dire qu'on ne peut établir définitivement leur vérité (la théorie peut cesser d'être corroborée) ; 3) néanmoins, les théories peuvent être mises à l'épreuve de l'expérience, afin de les évaluer ; 4) enfin, étant donné que les théories sont de véritables conjectures, ne pouvant être vérifiées, alors elles ne peuvent être que des tentatives sérieuses pour découvrir

[222] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.174.
[223] Karl R. POPPER, *Ibid.*, p.175. Souligné dans le texte.
[224] Karl R. POPPER, *Ibid*., p.150.

la vérité, c'est-à-dire que les théories scientifiques sont les seules capables de nous rapprocher d'une description plus ou moins réelle des faits observables.

Les théories scientifiques sont des conjectures dans la mesure où leur vérité ne peut être établie définitivement. A l'instant T, on ne peut savoir si elles sont vraies ou non. Aujourd'hui, elles sont vraies, demain elles pourraient en être autrement, à cause de la découverte d'autres faits. Ainsi, ce qu'on prenait pour une vérité définitive cesse immédiatement de l'être. C'est pourquoi les explications vraies des théories ne sont que provisoires ; les vérités scientifiques sont provisoires, elles ne sont jamais ultimes. A cet égard, « les théories scientifiques nouvelles sont, comme les anciennes théories, des conjectures authentiques, elles constituent de véritables tentatives pour décrire ces autres mondes dont nous parlions. Nous sommes donc conduits à considérer tous ces mondes comme également réels[225] ». Popper récuse l'idée essentialiste selon laquelle seules les anciennes théories sont capables de décrire la réalité essentielle du monde (le monde réel). Pour Popper, cette idée est erronée, car les nouvelles théories décrivent aussi le monde réel, mais à des niveaux différents. Le monde des atomes, des énergies, etc., est aussi réels que le monde des astres ou des arbres. La mécanique quantique n'est pas moins authentique que la mécanique classique ; c'est une véritable théorie au même titre que la théorie newtonienne. La seule différence se trouve au niveau des mondes qu'elles explorent (l'infiniment petit et le monde macroscopique).

Les théories scientifiques nouvelles sont aussi des véritables moyens pour décrire le monde. Le monde que décrit une nouvelle théorie est aussi réel que celui de l'ancienne théorie. C'est une affaire de niveau ou de degré de réalité. L'idée que les théories scientifiques sont vraies, parce qu'elles apportent des explications vraies sur des faits observables et qu'elles sont de ce fait vérifiables, est totalement erronée au regard de la logique même de la découverte scientifique qui est la réfutabilité. De ce fait, les découvertes et les explications scientifiques sont de pures conjectures sur la réalité. Rien n'est fini, tout est toujours possiblement à refaire. Ainsi, la thèse de la conjecturalité que Popper développe montre que si les théories scientifiques ne peuvent véritablement rendre compte de la vérité des faits observables, elles demeurent de vraies approximations de cette vérité. La conjecturalité des théories scientifiques montre que ce que nous connaissons de la réalité n'est pas définitif, ultime. Même une théorie bien testée, dont on prétend qu'elle a bien expliqué un phénomène, n'est en réalité qu'une situation provisoire. Il y a bien une autre réalité qui n'est pas encore connue, et qu'on ne connaîtra certainement jamais. C'est dans cette perspective que Popper affirme : « quoi qu'il en soit, les conjectures ou suppositions que l'on soumet à des tests sont donc bien des conjectures qui portent sur la réalité ; leur caractère incertain ou conjectural implique uniquement que notre connaissance de la

[225] Karl R. POPPER, *Ibid.*, p.175.

réalité ainsi décrite est incertaine ou conjecturale [226]». Cela veut dire que la conjecturalité des théories entraine la conjecturalité de la connaissance sur le monde. Même avec la théorie la plus performante qui soit, on ne peut connaître avec certitude la réalité. Il y a toujours de l'inconnu qui demeure sous les théories. Dès lors la certitude apparaît effectivement comme un mythe.

En résumé, selon l'épistémologie poppérienne, la véritable démarcation entre science et non-science, entre théories scientifiques et théories non scientifiques est garantie par le critère de la falsifiabilité. Celui-ci implique que les théories scientifiques ne sont pas vérifiables mais qu'elles sont corroborées par l'expérience. Ainsi les théories sont des vraies conjectures qui portent sur la réalité, car leur vérité ne peut véritablement être établie. De ce fait les vérités scientifiques sont provisoires et la connaissance que nous avons du monde n'est que conjecturale. Dès lors, un enseignement véritable des sciences devrait reposer sur les principes épistémologiques de falsifiabilité, de corroboration et de conjecturalité, afin que les apprenants aient une représentation plus ou moins réelle de la science. Car la doctrine de la vérifiabilité, d'après Popper, enseigne une image erronée de la science. En conséquence, pour Karl Popper la science véritable ou dynamique se définit essentiellement par son caractère falsifiable. Celui-ci constitue un principe épistémologique véritable pour un apprentissage dynamique des sciences. Mais qu'en est-il de la conception de la nature de la science chez Gaston Bachelard ?

I-2- Le critère bachelardien

Pour Gaston Bachelard, la science empirique se caractérise avant tout par son caractère rectificationniste, c'est-à-dire sa capacité à être rectifiée et à rectifier les savoirs scientifiques antérieurs. Toute science est rectification d'un savoir scientifique antérieur et de l'opinion ou la connaissance commune.

I-2-1- La rectification : caractéristique essentielle de la science

Quand on s'interroge sur l'essence ou la nature de la science empirique, on la conçoit souvent comme une activité qui se caractérise essentiellement par la découverte. Autrement dit, la science est avant tout découverte des lois, des principes qui expliquent la nature, la réalité empirique. Cela veut dire que les recherches du savant sont orientées dans l'optique de découvrir les secrets cachés de la nature. Ainsi, une théorie scientifique se distingue par le fait qu'elle découvre un secret de la nature, qu'elle apporte une connaissance nouvelle, une loi ou un principe qui explique un fait empirique ou physique. Or une connaissance nouvelle sur le monde ne

[226] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.178.

veut pas dire qu'elle est nécessairement scientifique, si elle n'obéit pas à des critères de scientificité bien précis. L'homme de science peut dire tout ce qu'il veut sur la nature, et pourtant ses dires ne sont pas forcément des connaissances valables, mais seulement des connaissances vagues, fantaisistes ou simplement fausses.

C'est pourquoi Bachelard montre que ce n'est pas la « trouvaille » ou la découverte qui caractérise la science, mais c'est le fait qu'elle soit essentiellement rectification. Cela veut dire que l'activité scientifique se distingue premièrement par la remise en cause des connaissances scientifiques établies. En effet, les théories établies ne sont pas parfaites, c'est-à-dire qu'elles peuvent renfermer des erreurs, des incohérences et des explications non satisfaisantes. Les nouvelles théories ont pour finalité de corriger ces imperfections. C'est ainsi que la science est essentiellement rectification d'une erreur dans la mesure où les connaissances nouvelles remettent en cause les sciences anciennes en les corrigeant. Cette correction ou rectification donne plus de précision aux lois, aux concepts et aux principes scientifiques. Toute l'histoire de la pensée scientifique n'est qu'une affaire de rectification des anciennes connaissances par des nouvelles et ainsi de suite. Dans *Le nouvel esprit scientifique*, Bachelard dit : « l'esprit scientifique est essentiellement une rectification du savoir, un élargissement des cadres de la connaissance [227] ». La science avance en rectifiant les erreurs contenues dans les connaissances antérieures et en précisant de nouvelles formes de recherche ou d'acquisition de la connaissance. Selon Bachelard : « Scientifiquement, on pense le vrai comme rectification historique d'une longue erreur, on pense l'expérience comme rectification de l'illusion commune et première [228]». Les connaissances vraies, c'est-à-dire les connaissances objectives ou rationnelles, sont des rectifications des fausses représentations que l'on avait sur des phénomènes, dans la mesure où, pour parvenir au vrai, il faut d'abord rompre avec le faux. De même l'expérimentation détruit les fausses idées immédiates que l'on a sur le monde. Dans cette perspective, elle apparait essentiellement comme une réforme de la pensée. Au sens où l'esprit vit une véritable spiritualisation, un renouvellement, un changement d'espèce ; il devient une « espèce mutante », si bien que les crises profondes de la science sont d'abord des crises intimes de l'esprit, car la refonte du savoir avant d'être dans les livres est d'abord quelque chose qui se produit dans la vie pensive du chercheur. La rectification vise essentiellement l'amélioration de la connaissance scientifique. Il s'agit de faire en sorte que les connaissances scientifiques soient exactes et objectives. Ainsi la rectification apparaît comme un principe fondamental de l'épistémologie bachelardienne. C'est un moment décisif de la psychanalyse de la connaissance objective. Par-là,

[227] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, Quadrige/PUF, 2009, p.177.
[228] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.177.

Bachelard désigne une opération qui consiste à préciser le sens des notions scientifiques, à donner la véritable orientation des problèmes scientifiques. Cela suppose que dans le développement de la science certaines questions étaient mal posées, certaines connaissances étaient mal faites, d'autres encore sont pleines d'erreurs. Bachelard montre que toute l'histoire de la pensée scientifique est une histoire de rectification du savoir. C'est dans ce sens qu'il affirme : « l'époque contemporaine consomme précisément la rupture entre la connaissance commune et la connaissance scientifique [229]». A l'ère du nouvel esprit scientifique, époque où la raison multiplie ses objections, la connaissance scientifique se démarque totalement de la connaissance commune, dans la mesure où la dernière collabore avec les fausses intuitions, avec les intuitions premières ou familières. C'est un savoir rempli de choses incorrectes.

Par contre, la connaissance scientifique est par essence un savoir questionné, donc rectifié de toute forme d'erreur. En science, la rectification est permanente c'est-à-dire qu'elle se fait de façon continuelle, si bien qu'il est très difficile de voir perdurer des faussetés. Alors, la rectification a pour rôle de replacer les savoirs scientifiques dans leurs contextes sémantiques d'origine. C'est-à-dire de préciser ce que doivent être exactement les concepts ou théories scientifiques dans leur contexte particulier. Il s'agit de réparer ce qu'il y a de défectueux dans la résolution d'un problème à partir d'une connaissance nouvelle. C'est dire que les expériences scientifiques rectifient le plus souvent les observations qu'on se fait sur le monde. C'est pourquoi « on comprendra alors la nécessité où l'on est d'enseigner le Déterminisme, en rectifiant l'observation par l'expérimentation [230]». L'observation apporte des informations non viables, insuffisantes, qui peuvent être infirmées par l'expérience scientifique. Ainsi, la rectification consistera à rendre l'observation plus nette, c'est-à-dire plus efficace, dans la description du phénomène.

De ce fait, la rectification permet de surmonter les obstacles épistémologiques, dans la mesure où elle précise les vrais problèmes, les vraies questions, les vrais départs. En effet, en donnant le sens exact d'un problème, c'est-à-dire en montrant la réelle orientation du traitement d'une question, on parvient à enlever dans la connaissance ce qui n'était pas exact. Une telle opération suppose une identification préalable des questions, des réflexions, des concepts qui orientent mal le problème. Au XVIIIe siècle, les phénomènes vitaux étaient par exemple, traités dans une perspective utilitaire. Cela ne permettait pas de parvenir à une connaissance objective des phénomènes vitaux. Car le traitement des phénomènes par leur utilité est un obstacle à la connaissance de ces phénomènes. L'utilité empêche de saisir ce qu'ils sont vraiment. Il faut

[229] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.102.
[230] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.107.

alors modifier cette orientation, en posant un nouveau départ susceptible de susciter des inventions, des dialectiques spirituelles, puisqu' « accéder à la science c'est spirituellement rajeu- nir [231]». Face aux progrès de la science, l'homme change intellectuellement ; il rectifie en lui- même son savoir, il renonce aux anciennes théories, aux anciennes réponses qu'il avait sur les phénomènes. La rectification s'impose d'elle-même ; il n'avait qu'à la suivre, étant donné que c'est la voie de la raison ouverte qui est le véritable chemin du progrès scientifique. Dès lors, la rectification complète et élargit le savoir. Certaines connaissances dans leur développement historique ne présentent qu'un aspect du phénomène, peut-être à cause du niveau de la technique en vigueur. Ainsi, à un moment de l'histoire scientifique, on peut découvrir ou élaborer des connaissances qui viennent compléter les anciennes, ou qui peuvent entrainer la pensée vers des questions inédites. A ce sujet, la mécanique quantique est un bel exemple.

La rectification a pour finalité la recherche de la précision, c'est-à-dire l'amélioration de notre connaissance sur le monde. Les connaissances ou les théories scientifiques nouvelles doivent être essentiellement des rectifications des connaissances scientifiques anciennes. Cela consiste à lever une difficulté contenue dans la connaissance ou la théorie ancienne. Cette difficulté d'ordre technique empêche de bien comprendre le fait ou le phénomène scientifique étudié. Ainsi, la rectification signifie correction d'une imperfection et ouverture vers l'inconnu connaissable de la nature. Une théorie scientifique se caractérise essentiellement par le fait qu'elle corrige une imperfection, une erreur, lève une difficulté contenue dans les connaissances scientifiques antérieures. C'est à travers ces rectifications que la science acquiert plus de précision et d'approfondissement quant à l'exploration de la réalité empirique ou physique. La correction et la nouveauté sont ainsi des critères qui déterminent le caractère scientifique d'une théorie. Le principe de la rectification enseigne que les nouvelles connaissances scientifiques sont des extensions, des compléments des connaissances antérieures au sens où elles rétablissent le sens véritable de ces connaissances antérieures.

De ce fait, toute théorie scientifique nouvelle doit expliquer les théories anciennes en rectifiant les imperfections qu'elle contient. C'est ainsi seulement que des concepts, des notions, des lois deviennent pleinement scientifique, car les premières connaissances scientifiques ne sont que partielles, elles sont complétées par les nouvelles théories. C'est pourquoi Bachelard pense qu'une théorie scientifique qui n'est pas une contre-pensée (une rectification) ne peut être considérée comme scientifique. Cela montre que la science se constitue par de longues séries de rectifications discursives pour reprendre Jean-Claude Patiente dans son *Vocabulaire de Bachelard* [232]. Celles-ci consistent à donner aux concepts ou lois scientifiques la place ou le sens

[231] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.16.
[232] Jean-Claude PARIENTE, *Vocabulaire de Bachelard*, Paris, Ellipses, 2016, p.8.

exact qu'ils méritent. C'est là que la science devient plus précise et profonde, c'est là qu'elle nous apprend quelque chose de nouveau sur le monde. Sans ces rectifications discursives la science serait un échafaudage de connaissances mal faites, pleines d'erreurs dont les orientations ne seraient pas exactes pour beaucoup d'entre elles. Cela ne veut pas dire que la découverte scientifique n'est pas nécessaire, mais plutôt que les découvertes ont pour fonction de rectifier ou corriger des connaissances établies ou des idées reçues. La découverte scientifique vise aussi la découverte du faux (voilé dans les connaissances que l'on considère valides) par des rectifications discursives. Ces rectifications ou la nature rectificationniste de la science est plus perceptible dans la science contemporaine, comme nous le verrons dans la section suivante.

I-2-2 Les caractéristiques de l'esprit scientifique

Nous venons de voir que la science selon Bachelard se distingue par un caractère rectificationniste. Autrement dit, pour qu'une théorie soit scientifique, il faut qu'elle soit rectifiable. Ce n'est pas la découverte du vrai qui détermine qu'une théorie est scientifique, mais plutôt le fait qu'elle corrige des connaissances antérieures. La science est naturellement rectificationniste. Cela conduit à déterminer la nature même de l'esprit scientifique. Répondre à la question qu'est-ce-que l'esprit scientifique, c'est en même temps déterminer ce qu'est la science. Dans l'œuvre épistémologique de Bachelard, la notion d'esprit scientifique est omniprésente[233]. Si elle est synonyme de pensée scientifique ou simplement de la science, sous un plan psychologique, (d'où l'expression de psychologie de l'esprit scientifique) alors elle acquiert une signification plus ou moins concrète. Par esprit scientifique, on entend une attitude de penser, de raisonner. Il s'agit d'une manière de faire de la science qui repose sur des valeurs ou des qualités dites scientifiques[234]. Ainsi, l'esprit scientifique renvoie à cette attitude ou à des réflexes de penser consistant à faire usage des critères de scientificité dans l'examen d'un problème scientifique. A l'origine de cette attitude se trouvent les prédécesseurs ; c'est dire que ce qu'on appelle esprit scientifique, n'est rien d'autre que la manière dont les grands savants faisaient la science. De telle sorte que l'esprit scientifique se conserve et se transmet de génération en génération au fil du temps. Avoir l'esprit scientifique signifie acquérir les modes de penser des scientifiques, c'est-à-dire raisonner comme un savant, en appliquant ses principes méthodologiques.

Cependant, on rencontre quelques idées reçues sur l'esprit scientifique. Elles viennent du sens commun ou de la connaissance commune. On pense souvent que l'esprit scientifique

[233] On peut le voir dans les titres de deux ouvrages majeurs : *Le nouvel esprit scientifique* (1934) et *La formation de l'esprit scientifique* (1938)
[234] Bachelard développe ce thème notamment dans « Le nouvel esprit scientifique et la création des valeurs rationnelles » (1957), repris dans *L'engagement rationaliste*

est le contraire de toute attitude du genre idéel, métaphysique ou nouménal, voire abstraite. Autrement dit, l'esprit scientifique se caractériserait par le concret et par la description objective des phénomènes. En effet, le concret renvoie au monde sensible, c'est-à-dire aux faits qui sont les objets physiques existant dans l'espace et le temps. Ainsi, la réflexion scientifique aurait ceci de particulier qu'elle porte sur les objets physiques ou les phénomènes. C'est ainsi qu'on dit que l'esprit scientifique dérive essentiellement du concret. Quant à la seconde caractéristique : l'esprit scientifique c'est la description objective des faits, elle signifie rendre compte des phénomènes sans les juger ; dans le raisonnement scientifique, on observe d'abord avant de formuler la théorie. A cet égard, il s'agit de dire les choses telles qu'on les voit, c'est-à-dire telles qu'elles sont, sans les dénaturer. C'est pourquoi en science toute attitude de penser qui part du concret (porte sur la nature empirique) et de l'observation des faits est dite scientifique. Sauf que le problème, avec cette façon de concevoir l'esprit scientifique, est que le concret renvoie à l'expérience immédiate, or celle-ci n'est qu'une apparence ; le vrai phénomène à étudier transcende l'expérience immédiate. Ainsi, placer l'observation comme le fondement de l'esprit scientifique, c'est dire que la réflexion scientifique n'est pas spéculative ; on écarte ainsi toute la dimension abstraite qui se trouve dans l'activité scientifique.

Par contre, l'épistémologie bachelardienne montre que l'esprit scientifique se caractérise également par l'abstraction et par des entités nouménales. Autrement dit, le raisonnement abstrait fait intégralement parti de l'esprit scientifique. Cela se comprend bien à partir de ce que Bachelard appelle le nouvel esprit scientifique. L'esprit scientifique transcende le concret immédiat et l'observation première. Cela est nettement visible dans la science contemporaine. La science contemporaine débute au troisième âge de la science, qui va du XXe siècle à nos jours. C'est l'avènement du nouvel esprit scientifique[235] marqué par des bouleversements dans l'activité scientifique. De nouvelles théories (la Relativité, la mécanique ondulatoire…) apparaissent avec une remise en cause des théories dites classiques (la logique aristotélicienne, la physique galiléenne, la mécanique newtonienne, etc.). Ces dernières, que l'on croyait à jamais indéboulonnables connaissent des dépassements. En physique la mécanique newtonienne est dépassée ou supplantée par la théorie de la relativité. « L'esprit renversant les anciennes certitudes, élabore des synthèses complètement inédites et extrêmement abstraites, en rupture totale avec les connaissances antérieures et avec l'intuition sensible [236]». C'est un moment de rupture où apparaissent des innovations scientifiques et émergent de nouvelles branches du savoir. C'est le cas de la Relativité, de la mécanique quantique, la chimie contemporaine ou atomisme contemporain. Pendant cette période, la raison joue un rôle extrêmement important dans l'élaboration

[235] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J.Vrin, 2004, p.9.
[236] Léna SOLER, *Introduction à l'épistémologie,* Paris, Ellipses, 2000, p.170.

de la connaissance scientifique. C'est un moment où l'on rompt avec les anciens paradigmes, notamment celui de Newton, qui consistait à faire de la science une activité essentiellement inductive ou empiriste, tournée uniquement vers l'expérience sensible.

On voit ici la foi empirique s'écrouler au profit de la foi rationnelle. La première désigne l'attitude qui consiste à mettre l'expérience au fondement de la connaissance. La foi empirique proclamait que c'est la chose qui devrait nous instruire directement[237]. De là, il ressort que la foi empirique est une confiance sans faille aux faits. La connaissance scientifique provient directement de l'observation immédiate des phénomènes. Par contre, la foi rationnelle pose la connaissance comme le résultat d'une interaction entre le sujet et l'objet. Elle situe le savoir scientifique au-delà de la connaissance sensible. La foi rationnelle renvoie donc à l'attitude qui consiste à dire que la connaissance est construite et non reçue directement des faits, puisque l'esprit intervient dans le processus de production du savoir. Les théories physiques sont toujours élaborées par l'homme, car la nature ne construit pas les mécanismes de contrôle ou de validation des connaissances, au point où la raison entraine la pensée scientifique dans des abstractions les plus astucieuses fines, comme l'illustre les propos suivants de Gaston Bachelard :

> En troisième lieu, nous fixerions très exactement l'ère du nouvel esprit scientifique en 1905, au moment où la Relativité vient déformer des concepts primordiaux que l'on croyait à jamais immobiles. A partir de cette date, la raison multiplie ses objections, elle dissocie et réapparente les notions fondamentales, elle essaie les abstractions les plus audacieuses. Des pensées, dont une seules suffirait à illustrer un siècle, apparaissent en vingt-cinq ans, signes d'une maturité spirituelle étonnante. Telles sont la mécanique quantique, la méca- nique ondulatoire de Louis de Broglie, la physique des matrices de Heisenberg, la méca- nique de Dirac, les mécaniques abstraites et bientôt sans doute les Physiques abstraites qui ordonnerons toutes les possibilités de l'expérience[238]

En somme, au XXe siècle la science connaît des innovations et des crises profondes positives, car elles favorisent l'essor de nouveaux paradigmes. En effet, la logique, restée stable depuis Aristote, acquiert des expressions mathématiques conduisant à une logique mathématique. Emergent aussi les sciences de la vie et de la terre. Avec la systématisation de la biologie par les travaux de Mendel, la biologie moléculaire, les géométries non euclidiennes et la découverte des paradoxes en Mathématiques font leur apparition. Cela dénote une élévation spirituelle au-dessus de l'immédiat, car les nouvelles théories montrent que la science contemporaine est essentiellement une science en rupture avec l'expérience sensible, si bien que l'abstraction devient une valeur scientifique, une valeur rationnelle parce que l'esprit va chercher la connaissance au-delà de ce que nous voyons. Autrement dit, c'est au-delà des apparences du monde sensible que l'on produit la connaissance scientifique. Car l'abstraction est en réalité une valeur scientifique.

---

[237] Gaston BACHELARD, « Noumène et microphysique », *Etudes*, Paris, J.Vrin, 1970, p.13.
[238] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J.Vrin, 2004, p.9.

A l'ère du nouvel esprit scientifique (du XXe siècle à nos jours), la science se distingue par un caractère dynamique et dialectique. Autrement dit, elle n'est ni statique ni figée car elle ne s'appuie pas sur des principes absolus ou jugés irrécusables (comme c'est le cas dans la science classique), dans la mesure où elle progresse constamment. C'est-à-dire qu'elle est toujours en perpétuel croissance et changement. Dans ce cas, la croissance renvoie à l'efficacité des théories scientifiques, au sens où la théorie élaborée rigoureusement permet de comprendre avec plus d'efficacité un certain nombre de phénomènes qui nous échappaient. On se rapproche plus de la vérité, ou mieux, on « s'éloigne toujours plus de la fausseté [239]». Il s'agit donc d'une construction permanente des nouvelles théories et des appareillages techniques qui permettent avec plus de précision de réduire l'écart de notre ignorance sur le monde. En d'autres termes, les nouvelles théories élaborées permettent de saisir les subtilités du monde qui nous sont longtemps restées inaccessibles. C'est en ce sens que la croissance scientifique renvoie à l'élaboration des théories nouvelles. Les anciennes sont modifiées par les récentes car ces dernières sont « plus simples, plus unitaires, plus explicatives, etc. [240]». La science contemporaine évolue donc dans ce mouvement dialectique entre les théories nouvelles et celles qui sont antérieures. Si bien que les connaissances scientifiques progressent toujours dans une perspective de cen- sure, c'est-à-dire dans un cadre où les théories sont toujours remises en cause dialectiquement.
« Le présent reconstruit et réordonne le passé de la science [241]». Cela signifie que les théories récentes opèrent toujours une rupture avec les théories anciennes, elles permettent de rectifier les obstacles contenus dans l'ancien savoir. En clair, les connaissances contemporaines éclairent celles du passé ou de l'époque classique. C'est en quelque sorte une reconstruction de l'édifice entier du savoir. Il s'agit d'une refonte récurrente des principes et des certitudes qui structurent les recherches à tel point que les réponses apportées ne sont reçues qu'à titre provisoire. Ainsi, la science contemporaine naissant au tournant du siècle passé se distingue essentiellement par son caractère dynamique et dialectique. Les théories scientifiques ne sont plus considérées comme des principes qu'on ne peut plus modeler ou remettre en cause. C'est aussi le moment où le rationalisme et l'empirisme se concilient. Il ne s'agit plus de privilégier l'expérience au détriment de la raison mais de les associer afin de parvenir véritablement à une connaissance scientifique moins dogmatique et immobile. Ce caractère dynamique et dialectique signifie que l'esprit scientifique se distingue aussi par l'abstraction. Cela veut dire que le raisonnement scientifique questionne les objets au-delà de l'expérience immédiate.

[239] Léna SOLER, *Introduction à l'épistémologie,* Paris, Ellipses, 2000, p.210.
[240] Léna SOLER, *Ibid.*, p.210.
[241] Jean François BRAUNSTEIN, « Bachelard, Canguilhem, Foucault. ''Le style français'' en épistémologie », in *Les philosophes et la science*, Paris, Gallimard, 2002, p.935.

I-2-3- La connaissance commune et la connaissance scientifique

On pense souvent la connaissance scientifique comme le prolongement ou la continuité de la connaissance commune, or Bachelard montre qu'il y a une véritable discontinuité entre ces deux types de connaissance. Ainsi, la démarcation entre la connaissance commune et la connaissance scientifique est l'un des problèmes qui permet, selon Bachelard, de déterminer des traits distinctifs de l'esprit scientifique ou de la nature de la science. Selon Bachelard, la connaissance commune, c'est la connaissance vulgaire, c'est-à-dire la connaissance sensible et immédiate[242]. Autrement dit, la connaissance commune renvoie à la connaissance immédiate que nous avons tous de l'expérience commune. L'expérience commune renvoie à la vie commune, c'est-à-dire à la vie quotidienne telle qu'elle se donne à nous immédiatement et empiriquement. En clair, la connaissance commune, c'est le savoir que l'on acquiert directement du monde sensible, ce que nous savons des objets, des phénomènes, des choses qui nous entourent. Cette acquisition se fait tout naturellement, sans un effort de réflexion ou d'étude. Ce principe de la connaissance commune à savoir l'observation immédiate se retrouve aussi quelque fois utilisée dans le monde scientifique. Autrement dit, d'aucuns pensent que la connaissance scientifique est la continuité de la connaissance commune. C'est pourquoi Bachelard dit : « dans la chimie lavoisienne on pèse le chlorure de sodium comme dans la vie commune on pèse le sel [243]». Cela veut dire que Lavoisier faisait usage de procédés ou de principes que l'on retrouve dans le sens commun ; philosophiquement on parlera de l'opinion. Cela révèle une certaine confusion entre la connaissance scientifique et la connaissance commune. Cependant, Bachelard montre que la connaissance scientifique objective est essentiellement en rupture avec la connaissance du sens commun. C'est dire que la connaissance scientifique se démarque complètement de l'expérience immédiate et usuelle de la vie commune. Mais la chimie lavoisienne montre que la continuité entre ces deux genres de connaissance peut être due à des savants :

> Les savants eux-mêmes, dès qu'ils expliquent leur science à des ignorants, dès qu'ils enseignent à des élèves, s'efforcent de mettre en continuité la connaissance scientifique et la connaissance commune. C'est après coup qu'il faut constater qu'une culture scientifique a déterminé une refonte de la connaissance, une réforme de l'être connaissant[244].

En d'autres termes, lorsque les savants veulent communiquer leur savoir aux non scientifiques, ils se sentent comme obligés de le faire en établissant des identités avec des choses de la vie commune ou de l'observation première et empirique. C'est-à-dire qu'ils font des analogies avec les objets que l'on rencontre dans notre environnement immédiat. Cela laisse à croire qu'il y a un prolongement de la connaissance commune par la connaissance scientifique, qu'il n'y a pas

[242] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué*, Paris, Puf, 1970, p.102.
[243] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.103.
[244] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.105.

d'opposition entre elles. Or à y regarder de près, la connaissance scientifique contredit la connaissance commune. Elle opère de véritablement changements spirituels. Le sujet connaissant change complètement sa façon de voir le monde, sa connaissance commune est totalement renversée par la connaissance scientifique qu'il acquiert. De ce fait, la connaissance scientifique peut être simplement désignée comme le savoir produit par les sciences, par le savant. C'est un savoir encadré par la communauté scientifique. Celle-ci repose sur des critères et des valeurs scientifiques qui orientent la recherche dans tel ou tel paradigme. Mais qu'est-ce-qui caractérise véritablement la connaissance scientifique ?

Toutefois, dans l'opinion commune il y a souvent une idée répandue que la connaissance scientifique découle de l'observation immédiate, du sensible, de l'expérience première. Cette idée est due à une certaine conception positiviste, empiriste et même pragmatiste de la science, largement développée par les philosophies empiristes de la nature[245]. Cette idée signifie que la science traiterait des phénomènes palpables et visibles dans l'espace et le temps. Par conséquent, la connaissance scientifique ne serait pas abstraite ni spéculative. Or comme nous l'avons précédemment vu, l'épistémologie bachelardienne montre que l'abstraction est un caractère intimement lié à la science, et donc à la connaissance scientifique. Cela se comprend bien à travers la démarcation entre la connaissance commune et la connaissance scientifique.

Plusieurs critères interviennent dans cette démarcation, afin de déterminer les caractères plus ou moins véritables de la connaissance scientifique ou de l'esprit scientifique. D'abord, comme nous l'avons vu précédemment, la connaissance commune s'appuie sur l'expérience première. Alors que la connaissance scientifique se détermine premièrement par le fait qu'elle rompt avec cette expérience première. En effet, l'expérience première c'est le monde tel que nous le voyons par nos sens. Et, ce monde premier est la source de nos connaissances communes. Celles-ci s'acquièrent par l'observation immédiate des phénomènes existant dans l'espace et le temps. A cet égard, la connaissance commune ne concerne que les caractères apparents des objets de connaissance. C'est-à-dire que la connaissance commune ne s'arrête que sur les aspects visibles des phénomènes.

Par contre, la connaissance scientifique ne s'appuie pas sur l'expérience première pour déterminer les phénomènes. En d'autres termes, elle ne se fonde pas sur les données empiriques immédiates. C'est dans ce sens que Bachelard affirme : « les sciences physique et chimiques, dans leur développement contemporain, peuvent être caractérisées épistémologiquement, comme des domaines de pensées qui rompent nettement avec la connaissance vulgaire [246]». Autrement dit, la connaissance scientifique ne prolonge pas la connaissance commune, dans la

[245] Gaston BACHELARD, *Le matérialisme rationnel*, Paris, Puf, 2014, p.223.
[246] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué*, Paris, Puf, 1970, p.102.

mesure où elle ne s'appuie pas sur les données immédiates des phénomènes. Au contraire, elle rentre en contradiction avec le sens commun. Elle rectifie un faux savoir ou des problèmes et des connaissances mal établis. Cela signifie que la connaissance scientifique est rectificationniste. Elle rectifie une connaissance antérieure (une erreur persistante ou une suite d'erreurs), en même temps qu'elle se rectifie synchroniquement. De ce fait, rompre avec l'expérience commune, c'est en même temps rectifier un savoir antérieur mal établi. C'est pourquoi « il faut attendre qu'une connaissance soit engagée, qu'une connaissance ait reçu plusieurs rectifications, pour qu'on puisse la désigner comme une connaissance scientifique [247]». En d'autres termes, une connaissance scientifique se caractérise par son passé instructif, c'est-à-dire les modifications ou les changements mélioratifs qu'elle a vécus. A cet égard, la rupture avec la connaissance du sens commun apparaît comme le premier trait distinctif de la science ou de l'esprit scientifique. Cela veut dire que l'esprit scientifique se caractérise d'abord par le fait qu'il se détache des premières impressions empiriques et immédiates.

En fait, ce que Bachelard veut nous dire ici, c'est que la connaissance scientifique repose sur des caractères indirects des déterminations du réel. Il s'agit des caractères non visibles, c'est-à-dire des aspects non naturels qui sont créés, inventés techniquement pour rendre compte de la réalité scientifique. L'usage du spectroscope pour déterminer les masses atomiques constitue un bel exemple de la nature indirecte de la connaissance scientifique par rapport à l'expérience commune et première : « le spectroscope de masse […] est fondé sur l'action des champs électriques et magnétiques. C'est un instrument qu'on peut qualifier d'indirect si on le compare à la balance [248]». Le spectroscope est un instrument indirect, en ce sens qu'il s'appuie sur les champs électriques et magnétiques qui ne sont pas perceptible dans l'expérience immédiate. C'est dans cette optique que Bachelard poursuit : « les phénomènes électriques des atomes sont cachés [249]». Dès lors, il faut des instruments afin de les observer, il s'agit d'une observation indirecte. La connaissance scientifique se caractérise par le fait qu'elle se constitue à travers tout un appareillage technique ; il s'agit d'une connaissance médiatisée. L'instrument technique en lui-même n'est pas la science, mais c'est la détermination des caractères indirects des phénomènes par l'instrument technique qui est scientifique. Autrement dit, la connaissance scientifique se détermine comme une phénoménotechnique, selon l'expression de Bachelard.

Ensuite, Bachelard montre que la démarcation entre la connaissance commune et la connaissance scientifique se situe au niveau de leurs objets. La connaissance commune fait référence à des objets purement concrets, empiriques. Alors que l'objet de la connaissance scienti-

[247] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.112.
[248] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.103.
[249] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.103.

fique est un objet abstrait-concret. Ce qui veut dire qu'on remet en cause cette opposition classique, qu'on la dépasse. En effet, nous avons vu précédemment que la connaissance commune se fonde sur l'expérience immédiate, ce qui signifie que son objet est concret. C'est-à-dire qu'il s'enracine dans la vie commune. Il s'agit donc des aspects empiriques des phénomènes perçus sensiblement (l'objet perçu tel qu'il se donne aux sens de façon brute) [250]. Dans ce cas, déterminer l'objet de la connaissance commune, c'est simplement décrire ses aspects empiriques ; c'est le fait brut qui est directement donné par l'expérience première. A cet égard, la connaissance commune s'arrête, se limite à l'aperçu, ce que l'on voit uniquement par les sens (les données sensibles). Par exemple, l'éclipse, pour la connaissance commune, se limite au fait qu'il fasse noir. L'invocation du noir est largement suffisante pour dire qu'on a compris l'éclipse. Pour un scientifique, comprendre l'éclipse, c'est faire intervenir plusieurs autres phénomènes, des principes, des lois physiques qui ne sont pas directement observables à l'œil nu. Cela montre que l'objet de la connaissance scientifique n'est pas purement concret comme on le pense souvent. Il est abstrait-concret. Il transcende l'aperçu. Il s'agit des aspects abstraits du phénomène observé. C'est dans cette optique que Bachelard affirme : « On peut alors décrire l'objet deux fois : une fois comme on le perçoit, une fois comme on le pense. L'objet est ici phénomène et noumène. Et en tant que noumène, il est ouvert à un avenir de perfectionnement que l'objet de la connaissance commune ne possède pas [251]». Ce que Bachelard veut dire ici c'est que l'objet de la connaissance scientifique possède à la fois un aspect concret qui renvoie aux caractères empiriquement observables, ce qui est perçu par les sens, et un aspect abstrait qui renvoie aux caractères non observables, ce qui est pensé. Il s'agit des relations rationnelles qui ne sont pas données dans la nature, mais mises en œuvre par la seule volonté de la raison appliquée à la réalité empirique.

Dans cette perspective, l'objet scientifique n'est pas une construction définitive ; il subit toujours des corrections, des améliorations, c'est-à-dire des précisions et des réajustements par des rectifications permanentes. C'est dans ce sens que l'objet scientifique par son aspect nouménal constitue un progrès de pensée, une conquête de la raison appliquée, une « conquête théorique de la science ». L'objet de la connaissance scientifique est pensé, c'est-à-dire qu'il est construit, car les aspects nouménaux de l'objet n'existent pas naturellement. Il faut les susciter. C'est pourquoi Bachelard affirme : « préciser l'objet scientifique, c'est commencer un récit de nouménalisation progressive [252]». Autrement dit, déterminer, délimiter le champ d'un objet scientifique, c'est le penser en décrivant les aspects indirects qui le définissent. A cet égard, la connaissance scientifique apparait comme étant essentiellement nouménale, d'où il

[250] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.109.
[251] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.109-110.
[252] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.110.

suit que l'esprit scientifique ou la science n'est pas seulement et simplement concret comme on le pense souvent. Il se caractérise aussi par l'abstraction (le noumène scientifique).

Enfin, la démarcation entre la connaissance commune et la connaissance scientifique se détermine aussi par quelques principes et valeurs. En effet, la connaissance commune se caractérise également par le fait qu'elle est enracinée dans les principes et les valeurs élémentaires de la vie commune ; alors que la connaissance scientifique est par nature objective. Ainsi, l'identité, l'utilité, le finalisme ainsi que les catégories morales de bien, mal, bon et mauvais sont respectivement les principes fondamentaux et les valeurs essentielles sur lesquels se fonde la connaissance commune[253]. Le principe d'identité établit une relation d'analogie et d'association entre des phénomènes. De telle sorte que cette relation est suffisante pour les connaître. Cette analogie consiste à comparer les concepts de la vie commune avec les objets de connaissance. Il s'agit d'établir des ressemblances entre des phénomènes ; quand ces ressemblances sont effectives, on conclut que c'est la même chose. C'est ainsi que le sens commun apprend à connaître les choses. Pédagogiquement, cela nous apprend que l'élève, lorsqu'il vient à la culture scientifique, a certaines manières de penser qu'il a acquis du sens commun. D'un phénomène à un autre, on applique la même pensée de l'identité, on associe simplement les perceptions sans les penser sérieusement. C'est pourquoi la connaissance commune ne peut progresser. De même, la connaissance commune est enracinée dans les jugements de valeurs, dans la mesure où on associe aux phénomènes les qualités de bon, de mal, de mauvais. Cela veut dire qu'on juge les objets de connaissance au lieu de les connaître. Or dans *La formation de l'esprit scientifique*, Bachelard dit : « les jugements de valeurs troublent l'orientation scienti- fique [254]». La connaissance scientifique est objective, dans la mesure où elle décrit l'objet à la fois dans une perspective empirique, concrète, mais aussi dans une perspective théorique, nouménale, c'est-à-dire abstraite. La description abstraite-concrète va dans le détail, et précise l'objet scientifique. L'esprit scientifique se caractérise par le fait qu'il décrit objectivement la réalité scientifique, en rendant compte des aspects phénoménaux et nouménaux de l'objet. Il faut alors un effort d'aperception et de rationalisation. Sans ces deux dimensions, il ne saurait y avoir d'esprit scientifique.

On peut alors dire que la démarcation que Bachelard fait entre la connaissance commune et la connaissance scientifique a permis de dégager certains traits distinctifs de l'esprit scientifique ou de la science, à savoir son caractère de rupture, sa caractéristique abstrait-concret et son caractère d'objectivité. L'esprit scientifique se distingue par l'attitude qui consiste à se détacher de l'expérience immédiate pour fonder la connaissance. Ainsi, tout esprit qui ne critique

[253] Gaston BACHELARD, *Op Cit.*, p.103.
[254] Gaston BACHELARD, *Ibid*., p.110

pas le savoir acquis, qui n'est pas abstrait ne peut être qualifié véritablement de scientifique selon l'épistémologie bachelardienne. En résumé, d'après le rationalisme critique et l'épistémologie historique bachelardienne, la science empirique véritable se distingue par la critique. C'est-à-dire la mise en cause permanente des théories scientifiques. Les nouvelles théories s'opposent aux anciennes. De telle sorte que les précédentes sont supplantées par les nouvelles théories. La falsifiabilité et la rectification historique montrent que ce qui est à la base de la science ce n'est pas la théorie ou l'expérience, mais le fait que l'on puisse critiquer. Mais les représentations qu'on se fait de la science portent aussi sur les lois, les vérités et l'objet scientifiques. Voyons maintenant en quoi ils sont aussi de nature dynamique.

II – LA NATURE DYNAMIQUE DES LOIS ET DES VERITES SCIENTIFIQUES

Si la science est de nature dynamique alors les lois et les vérités scientifiques sont aussi de nature dynamique. Bachelard, tout comme Popper, montre que la façon de concevoir la science dépend aussi de la manière dont on se représente les lois et les vérités scientifiques. C'est autour de ces concepts fondamentaux que s'articulent généralement les notions scientifiques enseignées. L'image que les élèves se font de la science empirique dépend aussi en grande partie de leurs représentations des lois, des vérités, et de l'objet scientifiques[255].

II- 1- Conceptions des lois et des vérités scientifiques

Il ne s'agit pas ici, pour l'épistémologie bachelardienne et poppérienne, de faire un exposé des différentes lois et vérités scientifiques. Plutôt d'interroger la façon dont on les conçoit, c'est-à-dire leurs significations, leurs finalités. Dans l'enseignement des sciences, les lois et les vérités scientifiques sont souvent présentées comme étant des réalités acquises une fois pour toute. Ce qui pose véritablement la question de savoir si les lois et les vérités scientifiques sont construites ou découvertes.

II- 1-1- Les lois scientifiques : découvertes ou construites ?

La science vise à expliquer la nature à partir des lois. Autrement dit, c'est en définissant les lois scientifiques qui les gouvernent que le savant rend compte des phénomènes naturels. Sans ces lois, il n'y aurait pas à proprement parler d'explication scientifique. Celle-ci repose fondamentalement sur des lois dites universelles. Si un phénomène se produit avec une certaine régularité, la tâche du savant est alors de l'identifier et de la formuler, afin d'exposer les raisons

[255] Dans les discussions que j'ai eu avec mes élèves de la classe de philosophie générale, j'ai souvent été constaté une correspondance entre la manière dont ils se représentaient la science en général et la manière dont ils se représentent l'objet scientifique, les vérités scientifique…

d'être de ce phénomène. Ainsi, les lois de la science sont essentiellement universelles et invariables, car elles peuvent s'appliquer partout indépendamment du milieu et du contexte si et seulement si certaines conditions préalables sont réunies ; elles ne sont pas vouées à l'usure du temps. Ce qui donne à penser que les lois scientifiques sont déterministes. Or c'est cette conception définitive et déterministe que nous deux auteurs récusent. L'épistémologie bachelardienne et poppérienne montre que cette conception de la nature des lois scientifiques ne cadre pas avec la façon dont la science s'effectue empiriquement. Pour Popper et Bachelard, les lois scientifiques sont certes universelles, mais elles ne sont pas définitives ; elles sont aussi soumises au mobilisme temporel. Dans *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, Popper montre que les lois scientifiques par lesquelles la science rend compte des phénomènes sont en quelques sortes des lois naturelles ou des lois de la nature ; ces lois sont tirées directement de la nature, elles ne sont pas une pure invention du sujet connaissant. Ainsi, ces dernières « seraient des instructions pour la formation d'énoncés qui […] posséderaient des propriétés spécifiques [256]». Empiriquement, les instructions renvoient à des régularités générales initiales de la nature. Les énoncés, quant à eux, désignent des événements particuliers. Quand Popper dit que les lois naturelles ou scientifiques sont des instructions pour la déduction des énoncés, il veut simplement signifier que les lois de la science ou de la nature servent à prédire ou à produire des événements particuliers, c'est-à-dire à anticiper des faits singuliers à partir desquels peuvent aussi découler d'autres événements particuliers. Autrement dit, l'explication scientifique d'un phénomène naturel consiste à le rattacher à une loi naturelle universelle existante. De ce fait, une loi naturelle peut être remplacée par une autre meilleure, c'est-à-dire une loi qui explique plus précisément ou plus complétement le phénomène que la loi précédente. Par conséquent, les lois scientifiques ne sont pas statiques ou définitives. Elles sont appelées à être remplacées.

Ce remplacement se fait par une sorte d'évaluation des lois par les prédictions qui en sont déduites. En clair, l'évaluation d'une loi consiste à déterminer la capacité de cette loi à produire des prédictions vraies ou fausses. De ce fait, la loi préférable c'est celle qui prédit un événement vérifié par rapport à une autre. C'est pourquoi Popper dit : « l'évaluation de la loi de la nature dépend de son aptitude à la déduction de prédictions vraies […]. La loi de la nature est utile à la déduction de prédiction, lorsque la prédiction est vraie ; inutile, lorsque la prédiction se révèle fausse [257]». Une loi naturelle est attestée lorsque la prédiction qu'elle annonce se réalise ; si cette prédiction est falsifiée, alors cette loi ne sert à rien. D'où le fait que les lois

[256] Karl POPPER, *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, (1979) Paris, Hermann, 1999, p.180.
[257] Karl POPPER, *Ibid*., p.181

naturelles visent essentiellement à déduire des prédictions vraies. C'est en cela qu'une loi naturelle peut être remplacée par une nouvelle loi.

Cela signifie que les lois naturelles, bien qu'elles soient de vraies propositions ou de véritables énoncés décidables (des énoncés pouvant être vérifiés ou réfutés) portant sur la réalité, ne peuvent être vérifiées empiriquement. Selon Popper, l'expérience sensible en vertu du principe d'induction ne peut prouver la vérité d'une loi naturelle, qui par principe est universelle. Ainsi, « les lois de la nature sont exclusivement falsifiables (partiellement décidables)[258] ». Une loi en vigueur peut être remplacée par une nouvelle, car des observations ou des expériences nouvelles peuvent toujours apparaître un jour et contredire la loi en vigueur ; ce qui demandera à établir une nouvelle loi plus satisfaisante. C'est ainsi que Popper conçoit les lois scientifiques comme étant provisoirement acceptées. Elles ne sont pas définitives ou déterministes. Cette conception poppérienne des lois scientifiques semble en phase avec l'activité effective de la science. Dans l'histoire ses sciences, il existe plusieurs exemples de lois ou de principes supplantés par d'autres – par exemple la loi newtonienne de la gravitation supplantée par la théorie einsteinienne des champs gravitationnels.

Dans *La formation de l'esprit scientifique*, Bachelard dit qu' « il est doux à la paresse intellectuelle d'être cantonnée dans l'empirisme, d'appeler un fait un fait, et d'interdire la recherche d'une loi [259]». À travers ces propos, Gaston Bachelard montre que les lois scientifiques servent effectivement à expliquer, c'est-à-dire à établir des liaisons entre des faits, des événements. Par conséquent, elles relèvent à la fois de la découverte et de la construction. Cela se comprend bien à travers l'expression « recherche d'une loi ». Certes Bachelard conçoit la loi scientifique comme quelque chose qu'on découvre, qu'on trouve dans le monde empirique. Mais cette découverte se fait au prix de longues rectifications des erreurs, des fausses valeurs. De ce fait, la découverte peut signifier que les lois scientifiques existent indépendamment du savant, puisqu'elles sont naturelles comme les phénomènes de la nature.

En réalité, la découverte au sens bachelardien signifie qu'il y a effectivement quelque chose qui existe indépendamment du savant, c'est quelque chose de brut, de basique que le savant fait fructifier, transforme, élabore en loi scientifique. De ce fait, la loi scientifique n'est plus une pure donnée de la nature, mais c'est désormais quelque chose de formel, de formulé, et donc de construit. C'est pourquoi, les lois scientifiques sont dites construites. Mais cette construction se fait à partir des données de l'expérience élaborées et contrôlées. Autrement dit c'est en se tournant vers l'abstrait que l'on trouve véritablement des lois scientifiques[260]. Il s'agit d'une mise en forme rationnelle de l'expérience qui conduit à la formation d'une loi

[258] Karl POPPER, *Op cit*., p.352.
[259] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique, Paris*, Vrin, 1999, p.30.
[260] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.34.

scientifique[261]. A cet égard, malgré leur caractère formel, les lois scientifiques, comme par exemple les lois de la géométrie, sont réelles, dans la mesure où elles portent sur la réalité et non sur des fictions[262]. C'est à ce stade que Bachelard rejoint la conception poppérienne qui décrit les lois scientifiques comme les lois de la nature. Pour les deux auteurs, les lois scientifiques ne sont pas soit construites, soit découvertes, elles sont plutôt construites et découvertes. Mais qu'en est-il des vérités scientifiques, sont-elles contingentes ou sont-elles intemporelles ?

II-1-2- Les vérités scientifiques : intemporalité ou contingence ?

Dans le contexte de l'enseignement des sciences, les vérités scientifiques sont souvent présentées comme des réalités qui sont vraies de toute éternité. Aucune observation nouvelle ne pourrait la remettre en cause. Cet état de chose est presque normal, car les vérités scientifiques enseignées ne sont que celles qui ont été validées. Cependant, Bachelard et Popper montrent que les vérités scientifiques sont soumises à la falsification ou à la rectification comme les théories scientifiques. Ainsi, il n'est pas erroné de parler d'une contingence des vérités scientifiques. Tout d'abord, qu'est-ce qu'une vérité scientifique ?

En se référant à la théorie tarskienne de la vérité objective, Popper définit la vérité scientifique comme correspondance avec les faits. Il s'agit d'une description conforme aux entités réelles qui existent dans l'expérience sensible, c'est-à-dire dans l'espace et le temps. Formellement, une vérité scientifique exprime sous forme d'énoncé vrai, une proposition vraie qui fait intervenir un métalangage[263]. Une simple formule scientifique comme H_2O n'est pas une vérité scientifique, c'est une simple affirmation vraie, un fait simplement constaté. Si ce fait est associé à une description ou à une affirmation avérée, alors il pourrait s'agir d'une vérité scientifique : une formule complexe confirmée. Empiriquement, une vérité scientifique renvoie à une prédiction vraie, une prédiction réalisée, confirmée par l'expérience. Si une prédiction scientifique se produit comme « supposée telle », alors il s'agit d'une vérité scientifique. Cela peut être formulé de la manière suivante : « soit X symbole d'un quelconque nom français, d'un énoncé formulé en langage L, et x symbole pour la traduction de X en français (qui sert de métalangage pour L). Nous pouvons dire alors […] : l'énoncé X dans le langage L correspond aux faits si, et seulement si, x [264]». Autrement dit la prédiction X est vraie si elle se réalise

[261] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique,* Paris, Vrin, 1999, p.40.
[262] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, Quadrige/PUF, 2009, p.36.
[263] Karl POPPER, *La quête inachevée*, (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.200.
[264] Karl POPPER, *Ibid*., p.201.

effectivement dans le métalangage L. Aussi longtemps qu'une prédiction n'est pas réalisée empiriquement[265], elle ne peut porter le statut de vérité scientifique.

De ce fait les lois et les principes scientifiques en vigueur, du fait qu'ils ne sont pas encore falsifiés par une quelconque nouvelle expérience ou observation, demeurent des vérités scientifiques. Ainsi, la vérité scientifique est une propriété, une propriété des théories, elle ne dépend pas d'une affirmation subjective[266]. La correspondance avec les faits ne dépend pas de ce que nous pouvons dire sur cette correspondance, mais elle dépend uniquement de la réalité effective ou pas de cette correspondance ; c'est en cela qu'elle est objective et universelle. Une vérité scientifique est simplement l'accord de nos descriptions avec les faits, c'est-à-dire la réalisation empirique d'une prédiction. Ainsi, une loi scientifique attestée est une vérité scientifique. Certes, la définition de la vérité scientifique comme correspondance avec les faits n'a rien d'une conception instrumentaliste, pragmatique ou positiviste. Cependant, cette définition ne permet pas encore de répondre au problème qui consiste à savoir si la vérité scientifique est intemporelle ou contingente. Mais, qu'est-ce que cela signifie qu'une vérité scientifique soit intemporelle ou contingente ? L'intemporalité désigne ce qui est hors du temps et donc qui n'est pas soumis au changement. C'est ce qui ce qui est éternel. Alors que la contingence désigne ce qui est soumis à la corruption, c'est-à-dire à la dégradation, au changement (au XIXe siècle, une nouvelle problématique de la contingence et de la nécessité se met en place.). Ce qui est contingent n'est pas éternel. De ce fait, lorsqu'on dit que la vérité scientifique est intemporelle, cela signifie que la science produit des vérités éternelles qui ne sont pas soumises au changement. Elles sont vraies une fois pour toute. Par contre, si on dit que la vérité scientifique est contingente, cela veut dire qu'elle n'est pas invariable ni absolue ni éternelle. Ainsi, elle peut être remise en cause. La science produit donc des vérités qui sont soumises au changement. C'est dire qu'aucune vérité scientifique n'est donnée comme telle une fois pour toute.

La science ne recherche pas une simple vérité[267], mais celle qui est liée à la réponse d'un problème intéressant, à un résultat scientifique. La vérité scientifique est toujours liée à la résolution d'un problème précis. De telle sorte que sans problème préalable il n'y aurait pas de vérité scientifique à proprement parler, seulement des vérités évidentes qui ne réduisent pas véritablement notre ignorance sur les mystères de l'univers. Cependant, Popper montre que la vérité demeure un concept métaphysique, dans la mesure où elle est perçue comme un horizon

[265] En réalité à ce niveau rien ne permet rigoureusement de statuer sur la vérité ou non la vérité de cette prédiction au motif qu'elle n'est pas encore réalisée. Une prédiction pas encore réalisée peut être vraie même si en l'état actuel de moyen de test, elle ne l'est pas encore. Mais, ce n'est pas le problème qui nous intéresse ici.
[266] Karl POPPER, *Op cit*., p.202.
[267] Karl POPPER, *La connaissance objective* (1972), Paris, Flammarion/ Champs essais, 1998, p.115.

qui est difficilement atteignable. Dans ce cas, la vérité doit être remplacée par la vérissimilarité[268]. C'est un concept plus réaliste et empirique, en ce sens qu'il définit la vérité comme le critère de choix entre des théories concurrentes[269] : la théorie préférable est celle qui est une meilleure approximation de la vérité objective. Cela signifie qu'une vérité considérée comme telle peut être supplantée par une autre. Ainsi, les vérités peuvent aussi être remplacées par d'autres vérités plus satisfaisantes. Quand en parlant de la vérité, Popper dit qu'une théorie T2 au regard de son contenu peut être considérée comme une meilleure approche de la vérité qu'une théorie T1[270], il sous-entend qu'aucune vérité scientifique n'est définitive ou absolue[271]. C'est pourquoi l'épistémologie poppérienne montre que la vérité scientifique est par nature contingente et non intemporelle. La construction de la vérité se fait progressivement. La théorie T1 supplantée peut être présentée comme une approche insuffisante de la vérité recherchée. En effet, la découverte de nouvelles prédictions peut conduire à approfondir ce qu'on connaissait déjà ou à le remettre totalement en cause par une nouvelle théorie qui se rapproche plus de la vérité. Ce qu'on connaît comme vérité scientifique n'est qu'une approximation voir une infime partie de la vérité à connaître. De même, les vérités scientifiques enseignées ne sont pas intemporelles, elles sont aussi contingentes, constructives. L'apport de nouvelles connaissances devrait également entrainer une actualisation de ces dernières.

Bachelard montre également que les vérités scientifiques, bien qu'elles soient universelles et invariables, ne sont pas définitives ou éternelles (C'est sans doute l'assimilation de l'invariabilité au déterminisme qui conduit à considérer les vérités comme étant définitives), dans la mesure où la découverte de nouveaux phénomènes peut conduire à une remise en cause des connaissances antérieures : les vérités d'aujourd'hui, peuvent devenir des faussetés de demain. Autrement dit ce qu'on considère à un moment donné comme vérité scientifique peut à l'avenir être réfuté par de nouvelles expériences rectifiantes. Dans ce cas, cette vérité dite scientifique devient une fausseté, voire une erreur. Cela veut dire qu'en science on accède à la vérité en déconstruisant ou en critiquant les connaissances antérieurement admises. Bachelard le précise dans *La formation de l'esprit scientifique* en ces termes : « on accède à la vérité en un véritable repentir intellectuel[272]». La vérité scientifique est acquise au prix de nombreuses ruptures ou remises en cause du savoir antérieur ou en vigueur. En d'autres termes, on n'accède pas à la vérité scientifique simplement en accumulant des observations ou des expériences. Il faut d'abord détruire les connaissances antérieures mal faites. C'est au terme de cette opération

[268] Karl POPPER, *Op cit*., p.116.
[269] Karl POPPER, *Ibid*., p.108.
[270] Karl POPPER, *Ibid*., p.103.
[271] Karl POPPER, *Ibid.*, p.111.
[272] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique, Paris*, Vrin, 1999, p.13-14.

qu'on peut rectifier l'erreur, et ainsi parvenir à une meilleure réponse du problème posé. Dans ce cas les observations et les expériences sont faites pour détruire les connaissances premières. C'est là qu'on accède véritablement à la vérité scientifique. C'est ainsi que Newton parvient à formuler ses lois mécaniques en surmontant ce qui chez Kepler et Galilée faisait obstacle. La vérité scientifique est donc une vérité qui porte la marque des rectifications successives et permanentes, elle a une histoire, un passé et un avenir. Il s'agit d'une vérité rectifiable. Cela signifie qu'en définitive, la vérité scientifique se construit progressivement par l'union des travailleurs de la preuve[273].

Par conséquent, la conception bachelardienne de la vérité scientifique converge vers la conception poppérienne en montrant que les vérités scientifiques sont véritablement scientifiques, non pas parce qu'elles sont définitives et invariables, mais parce qu'elles sont soumises à des remises en cause permanentes, à la déconstruction des savoirs antérieurs et à la construction de nouvelles connaissances. Ainsi, au regard de ce qui vient d'être dit, l'idée que les vérités scientifiques sont intemporelles, c'est-à-dire qu'elles sont valides une fois pour toute, est erronée puisqu'elle ne cadre pas avec la pratique effective de la science telle qu'elle est décrite ou prise en compte par les épistémologie bachelardienne et poppérienne. De même, l'idée que la science, en explorant la nature étudie la réalité empirique immédiate ou les données sensibles immédiates, est également erronée. Dans quelle mesure ?

II-2- Conceptions de la réalité et de l'objet scientifique

La science étudie-t-elle la réalité immédiatement observée ? L'objet scientifique renvoie-t-il aux choses du monde ou à la chose en soi ? Qu'est-ce qu'une chose du monde ?

Les vérités et les lois scientifiques portent sur ce qu'on appelle la réalité ou l'objet scientifique. En effet, on pense souvent que la réalité et l'objet qu'étudie la science sont concrets, c'est-à-dire qu'ils découlent directement de l'expérience sensible. Autrement dit, la science étudierait les objets qui sont directement observables dans le monde sensible. Or cette idée relevant du sens commun et largement répandue dans l'enseignement des sciences ne décrit pas ce qu'est réellement l'objet ou la réalité scientifique. Pour Bachelard et Popper la science construit entièrement ses objets, et la réalité qu'elle étudie n'est pas simplement les choses du monde sensible. Contre l'idée erronée qu'on retrouve même dans l'enseignement des sciences selon laquelle la science étudie la réalité empirique immédiatement observable, c'est-à-dire le monde sensible tel qu'il se donne à nous, Popper montre que la réalité scientifique ou la réalité qu'étudie la science empirique est tout autre. En clair, la réalité scientifique ne renvoie pas à ce qui est immédiatement observée. Elle est d'un autre genre. Si on pense souvent que la science étudie

[273] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué*, Paris, Puf, 1970, p.64.

le monde sensible immédiat, c'est à cause d'une certaine conception triviale de la réalité. Celle-ci est souvent envisagée comme tout ce que nous voyons, à savoir les objets ou les choses animées ou inanimée, naturelles ou artificielles, etc., qui existent dans le monde. Cette conception est insuffisante, parce qu'elle limite la réalité à ce qu'on voit seulement, à « la réalité de surface »[274]. Il s'agit ici d'un réalisme du sens commun qui stipule que la réalité c'est essentiellement l'expérience sensible immédiate, c'est-à-dire les phénomènes empiriques tels qu'ils se donnent à nos sens. Or, selon Popper, la science étudie une « réalité de profondeur »[275], autrement la science transcende les apparences, le monde sensible immédiatement observé. Ce qui intéresse le savant ce n'est pas le fait anodin qu'un corps lourd chute, mais ce sont des réalités (qu'on peut dire invisibles) qui sont à l'origine de la chute. Ce sont donc des forces, des réactions, des structures internes, des relations, etc., qui sont la réalité scientifique proprement étudiée. A travers la notion de vérité (de correspondance avec les faits). Pour le dire simplement, la réalité scientifique renvoie aux faits. Et par faits on entend les choses qui sont dans le monde ou qui sont supposées exister dans le monde, contrairement à nos croyances cosmogoniques qui ne peuvent être situées dans le monde de façon empirique. Par conséquent, l'auteur de *La logique de la découverte scientifique*, pense que l'objet scientifique n'est pas simplement le fait brut (des réalités physiques immédiates observées), mais des réalités construites ou théorisées qui ne sont pas vues directement par nos sens naturels.

Dans la même logique, Bachelard nous affirme que la science construit ses objets, qu'elle est en réalité une science d'effets[276]. C'est en 1932 que Bachelard développe ce concept d'effet dans *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*. Le terme effet est très instructif, voire caractéristique de la conception de l'objet scientifique qui vient d'être explicité précédemment. En effet, les effets relèvent d'une production rationnelle. Par exemple la formule H_2O montre bien que ce n'est pas l'eau en tant qu'élément physique ou empirique qui est mise en jeux, mais sa composition chimique : les molécules et les atomes, les réactions, les masses, les pressions, etc. Cela ne veut pas dire que l'objet scientifique est artificiel (ou inventé par le savant). Ce sont des réalités naturelles qui ont été simplement conceptualisées. Bachelard est clair, l'objet n'est jamais le donné immédiat. Par conséquent, la science n'étudie pas les faits bruts tels qu'ils apparaissent à nos sens. Elle étudie plutôt des faits élaborés à partir de la raison et de l'expérience. Ainsi, l'objet scientifique est un objet théorico-empirique ou empirico-théorique. Autrement dit, la construction de l'objet procède soit de l'expérience vers la rationalisation du phénomène soit de la rationalisation vers l'expérience. Il s'agit d'un objet construit sur

[274] Karl POPPER, *La connaissance objective* (1972), Paris, Flammarion/ Champs essais, 1998, p.90.

[275] Il ne s'agit pas ici de la réalité des métaphysiciens le platonisme en occurrence qui situe évidemment la réalité au-delà des apparences mais dans au-delà (hors du monde physique). C'est une réalité physique ou empirique ou encore sensible

[276] Gaston BACHELARD, *Études*, 1971, Paris, Puf, 2011, p.66.

la base des données empiriques observables. La science étudie les phénomènes empiriques qui ne sont pas concrets, c'est-à-dire qui ne sont pas nécessairement et directement visibles par nos sens. L'objet concret bien qu'il soit un faux départ[277], constitue quand même un point de départ vers le véritable objet scientifique saisi dans un jeu de rationalisation discursive. C'est seulement quand la rationalisation a opéré que le phénomène brut passe à l'état de phénomène scientifique. Bachelard affirme : « l'objet ne saurait être désigné comme un objectif immédiat ; autrement dit, une marche vers l'objet n'est pas initialement objective. Il faut donc accepter une véritable rupture entre la connaissance sensible et la connaissance scientifique [278]». l'objet scientifique n'est pas une simple trouvaille, c'est un phénomène, une chose véritablement conquise abstraitement, c'est-à-dire conquise à partir de la mise en œuvre des opérations rationnelles telles que les relations, les groupes, etc. Ainsi, l'objet scientifique est un mélange de rationalisme et d'empirisme, dans la mesure où il est constaté dans l'expérience, puis construit en véritable objet de connaissance. A cet égard, la réalité étudiée par la science n'est pas l'expérience sensible immédiate, le concret ; elle est plutôt l'abstraite sensible, celle qui n'est pas directement perceptible par nos sens. On peut donc affirmer avec Bachelard et Popper que la science construit la réalité qu'elle étudie, car la chose brute est toujours rationalisée, questionnée. Sans cette opération initiale, l'objet brut est sans importance pour la recherche scientifique. Cette conception de la réalité et de l'objet scientifique est plus en phase avec l'activité effective de la science empirique. Par conséquent, mieux enseigner la science devrait ici consister à transmettre cette vraie représentation de l'objet et de la réalité scientifiques afin que les apprenants aient une image vraie de la science et non des conceptions erronées.

Conclusion

En quoi le caractère dynamique de la science est-il véritablement une condition nécessaire pour un enseignement critique des savoirs scientifiques ? On peut reprendre la question en d'autres termes, comment passe-t-on d'une épistémologie visant à décrire la nature de la science à une pédagogie dynamique et critique, essentielle pour un enseignement fécond et efficace des savoirs scientifiques ? Pour l'essentiel, Bachelard et Popper sont en accord sur la nature dynamique de la science. Il y a cependant quelques différences importantes dans leur pensée. Cela ne fait aucun doute que le théoricien de l'obstacle épistémologique ne s'est jamais accoutumé au sens commun, il l'a toujours combattu à travers tous ses ouvrages. Dans *Le matérialisme rationnel*, Bachelard résume clairement son aversion envers le sens commun ou la

[277] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique, Paris*, Vrin, 1999, p.240.
[278] Gaston BACHELARD, *Ibid*., p.249.

connaissance commune ou encore l'opinion[279]. En caractérisant le nouvel esprit scientifique, il constate qu'il y a une rupture patente et radicale entre la pensée scientifique contemporaine et le sens commun[280]. D'ailleurs, il dit explicitement qu'« on ne peut rien fonder sur l'opinion : il faut d'abord la détruire. Elle est le premier obstacle à surmonter[281] ». Il ne peut donc y avoir continuité entre la connaissance commune et la connaissance scientifique. Popper même s'il combat la théorie de la connaissance du sens commun, lui accorde quand même une certaine valeur. Il ne rejette pas radicalement la connaissance commune comme le fait Bachelard. À travers sa caractérisation de la nature dynamique de la science, il pose une continuité nette entre le sens commun et la science. Dans *La connaissance objective*[282], Popper montre que la science part du sens commun bien que ce soit un « point de départ sans assurance ». Sans ce dernier, il n'y aurait pas d'activité scientifique[283].

Ce serait se méprendre si on voulait considérer ces divergences comme la marque tangible d'un fossé entre les deux pensées. En réalité, en les examinant attentivement, on constate qu'elles convergent vers une conception dynamique de la science. Elles finissent par établir un pont entre les deux auteurs. La falsifiabilité et la rupture épistémologique constituent des critères caractérisant la science comme une activité essentiellement dynamique. Dans la falsifiabilité, il y a correction de l'erreur ; de même le rectificationniste bachelardien fait de la correction de l'erreur un élément essentiel du développement de la science. La science est fondamentalement dialectique. Qu'est-ce que la dynamique ? Si ce n'est le fait que les anciens savoirs ou théories sont supplantés par de nouvelles connaissances scientifiques. Ce rapprochement n'est pas sans implication pédagogique. Corrélativement, la nature dynamique de la science implique un enseignement dynamique de la science, où le savoir antérieur du sens commun est supplanté par la connaissance scientifique. Il ne s'agit pas d'une juxtaposition du savoir scientifique sur le savoir non scientifique de l'apprenant, mais d'une rupture qui s'opère clairement dans l'acte d'enseigner et d'apprendre. En procédant de cette manière, on parvient progressivement à transmettre l'image véritable de la science.

Pour notre part, la conception poppérienne et bachelardienne de la nature dynamique de la science peut effectivement être considérée comme un fondement essentiel pour un enseignement critique, car elle est conforme à la pratique effective de la science. Mieux enseigner la science, c'est transmettre une vraie image de la science. Le caractère dynamique implique un

[279] Gaston Bachelard, *Le matérialisme rationnel*, 1953, Paris, Puf, 2014, p.207.
[280] La critique que Bachelard adresse au sens commun est une manière pour lui d'exprimer le caractère dynamique de l'activité scientifique en tant activité de rupture à avec tout obstacle épistémologique qu'il soit dans ou en dehors de l'activité scientifique. Ces ruptures sont le signe de la dynamique de la science.
[281] Gaston Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique*, 1938, Paris, Puf, 1999, p.14.
[282] Karl Popper, *La connaissance objective*, 1972, Paris, Flammarion, 1998, p.85.
[283] Popper valide le sens commun pour montrer que la science a toujours un point de départ à critiquer.

apprentissage de la science par la valorisation de l'erreur. Or la science est essentiellement une correction de l'erreur. Cela veut dire que la meilleure manière d'apprendre la science est par nature dialectique : une dialectique entre le savoir non scientifique et le savoir scientifique.

CHAPITRE V : LA CONCEPTION FALSIFICATIONNISTE ET DIALECTIQUE DE LA DEMARCHE SCIENTIFIQUE

Introduction

L'analyse de la relation entre Bachelard et Popper sur la question de la démarche scientifique n'est pas simple à faire. Elle renferme plusieurs difficultés dues à la nature de leurs approches respectives. Popper procède de manière logique en se focalisant sur l'examen des relations entre des énoncés, des hypothèses, des théories, etc. Tandis que Bachelard part d'une approche historique visant à montrer comment les théories scientifiques sont remplacées par d'autres au fil du temps[284]. Une autre difficulté majeure concerne le traitement qu'ils font de la démarche inductive. Alors sur quels termes faire la comparaison ? Nous pouvons prendre les choses sous un autre angle en se demandant : pourquoi une théorie de la démarche scientifique ? La question de la définition de la science, autrement dit de la détermination de la nature de la science empirique, comme nous venons de le voir dans le chapitre précédent, est étroitement liée à la démarche scientifique, c'est-à-dire à la manière dont procède effectivement la science. À cette question, plusieurs familles de philosophes et scientifiques s'opposent. Certains estiment que la science procède par déduction, pour d'autres c'est plutôt par induction, enfin pour un dernier groupe, la science procède par la démarche hypothético-déductive. Mais, en général, on considère souvent que la science se distingue essentiellement par la méthode expérimentale. Ce qui semble restreindre l'activité scientifique seulement à l'expérimental. Or la science, comme on l'a vu, est bien plus complexe qu'une simple démarche expérimentale. On ne peut exclure de l'activité scientifique toute la portée de la théorisation. Alors, comment procède véritablement la science ? Quelle est sa démarche effective ? En quoi cette démarche peut conduire à la définition d'un enseignement critique des savoirs scientifiques ?

Dans la suite de notre propos, nous voudrons montrer que l'approche poppérienne et l'approche bachelardienne, malgré plusieurs différences, convergent vers une définition de la démarche scientifique conforme à la nature dynamique de la science. Cela a pour conséquence la constitution d'une manière d'enseigner et d'apprendre les savoirs scientifiques en phase avec l'activité même de la science. Notre hypothèse consistera à voir en quoi les conceptions poppérienne et bachelardienne de la démarche scientifique peuvent servir de fondement théorique à la formulation d'une méthode efficace d'enseignement de la science.

[284] Il s'agit d'une histoire discontinue de l'activité scientifique.

I– THEORIE POPPERIENNE DE LA DEMARCHE SCIENTIFIQUE

La méthode scientifique s'entend comme la démarche par laquelle le savant décrit la réalité. Il s'agit des normes ou des règles qui le guident dans sa recherche. Ceux qui font de la vérifiabilité le trait distinctif de la science considèrent que le savant procède par induction dans sa recherche. A l'inverse, ceux qui considèrent que les énoncés scientifiques sont déterminés par « la possibilité qu'ils ont d'être révisés, dans le fait qu'ils peuvent être critiqués et supplantés par de meilleurs[285] » estiment que la science procède par déduction. Conformément à la découverte du critère de falsifiabilité, Popper pense que la science empirique n'est pas caractérisée par la méthode inductive, mais par la méthode critique ou la méthode d'autocorrection de l'erreur, assurant le caractère falsifiable des théories scientifiques[286].

I-1- La science procède par essai et élimination de l'erreur

L'épistémologie poppérienne montre que la science procède par autocorrection. Il s'agit des tentatives rigoureuses de réfutation des conjectures portant sur la réalité. Cette méthode est constituée d'une phase dogmatique et d'une phase critique. La seconde consiste à faire des essais. Ceux-ci sont les tentatives conjecturales que l'on fait sur la réalité. Il s'agit des hypothèses portant sur la nature (des tentatives de description de la réalité). Pendant cette phase se forment des attentes, des régularités, des croyances que l'on soumet alors à la réfutation par des tests expérimentaux rigoureux. D'où la phase critique. Celle-ci consiste à éliminer les erreurs survenues lors des essais effectués. Il s'agit de soumettre à la critique les conjectures formées lors des tentatives de description de la réalité par l'opération. C'est en soumettant les attentes à la critique que les erreurs sont identifiées et éliminées. Lorsque le savant est engagé dans une recherche, il cherche des régularités ou des attentes qu'il s'efforce de confronter à l'expérience, afin de déceler les erreurs pour les éliminer. Dans son autobiographie *La quête inachevée*, Popper écrit : « la méthode d'essai (dogmatique) et d'élimination (critique) de l'erreur […] [est] le mode de découverte de tout organisme de l'amibe à Einstein [287]». Il ressort que le savant est guidé par deux règles méthodologiques dans sa recherche. D'abord, il fait des essais au cours desquels il formule des conjectures qu'il soumet ensuite à la critique en vue d'éliminer les erreurs qui surviennent lors de ces essais. Cela implique que le savant se lance dans la recherche avec des attentes, c'est-à-dire des connaissances latentes qui sont activées lors des essais. Autrement dit, « il n'existe pas d'observation impartiale. Toute observation est une activité qui a un but (trouver, ou contrôler, une régularité qui est, pour le moins, vaguement envisagée). la conjecture ou l'hypothèse doit précéder l'observation ou la perception [288]». On pense souvent

[285] Karl R. POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.47.
[286] Karl POPPER, *La connaissance objective*, Paris, Flammarion, 1998, p.146.
[287] Karl POPPER, *La quête inachevée*, Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.69.
[288] Karl POPPER, *Ibid.*, p.68.

que la méthode des sciences empiriques commence par l'observation. Or Popper montre ici que c'est la formation des hypothèses qui est le vecteur de la recherche. L'observation vient simplement expliciter ces conjectures latentes en conjectures affirmées afin de les soumettre à la critique rigoureuse. De ce fait, la méthode scientifique se caractérise aussi par l'évaluation des théories scientifiques, c'est-à-dire les procédures de mise à l'épreuve des théories. Elle consiste en des conjectures ou hypothèses sur la réalité et en des tentatives rigoureuses pour les réfuter ou les falsifier[289], sachant que les théories sont des descriptions de la réalité[290]. Ainsi, la mise à l'épreuve des théories se fait par une procédure déductive. C'est dans ce sens que Popper affirme :

> « La méthode qui consiste à mettre les théories à l'épreuve dans un esprit critique et à les sélectionner conformément aux résultats des tests, suit toujours la même démarche : en partant d'une nouvelle idée, avancée à titre d'essai et nullement justifiée à ce stade – et qui peut être une prévision, une hypothèse, un système théorique ou tout ce que vous voulez -, l'on tire par une déduction logique des conclusions. L'on compare alors ces conclusions les unes aux autres et d'autres énoncés relatifs à la question de manière à trouver les relatons logiques (telles l'équivalence, la déductibilité, la compatibilité ou l'incompatibilité) qui les unissent[291] »

On comprend ici que la méthode scientifique n'est rien d'autre que la mise à l'épreuve des conjectures en leur faisant passer des tests de réfutabilité. La science est caractérisée par la méthode hypothético-déductive, dans la mesure où on formule des conjectures ou hypothèses, ou des théories, desquelles on déduit des énoncés singuliers (des conclusions). Concrètement, l'évaluation d'une théorie se fait selon les quatre étapes suivantes : la comparaison logique des énoncés singuliers afin de juger de la cohérence de la théorie ; la recherche de la forme logique de la théorie afin de déterminer si elle est empirique (synthétique) ou tautologique, comparaison de la théorie à d'autres afin de déterminer si elle est la meilleure, dans le cas où elle serait corroborée ; et enfin voir si les conclusions singulières peuvent avoir des applications empiriques (pratiques)[292]. Cette dernière étape est essentielle, dans la mesure où elle permet d'écarter ou de garder la théorie. En effet, si les énoncés singuliers sont applicables ou confirmés, alors « la théorie a provisoirement réussi son test ». De ce fait, elle n'est pas rejetée. Par contre, si ces énoncés singuliers rentrent en contradiction avec la théorie, alors ils ne sont pas applicables empiriquement. Il en résulte que la méthode scientifique consiste à soumettre les théories ou les hypothèses scientifiques à des tests rigoureux par l'intermédiaire de l'inférence déductive. Cela signifie que la réfutation des théories est au fondement de la méthode scientifique, car celle-ci vise la mise en échec, et non la vérification par l'inférence inductive.

---

[289] Karl POPPER, *La connaissance objective*, Paris, Flammarion, 1998, p.146, 147.
[290] Karl R. POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.57.
[291] Karl R. POPPER, *Ibid*., p.28.
[292] Karl R. POPPER, *Ibid*., p.29.

De plus, la méthode autocorrectrice permet de faire le choix entre deux théories concurrentes. En effet, la science avance par compétition des théories. Les nouvelles apparaissent souvent comme des rectifications des anciennes. Même entre deux théories contemporaines, il peut y avoir une véritable lutte acharnée. Alors, comment choisir entre deux théories concurrentes ? Il est évident que la théorie la moins pertinente sera délaissée au profit de la meilleure théorie. Qu'est-ce qui détermine le caractère meilleur de la théorie ? L'affirmation poppérienne « la méthode scientifique, c'est la méthode des conjectures audacieuses et des tentatives ingénieuses et rigoureuses pour les réfuter » sous-entend en quelque sorte la définition d'un meilleur critère distinctif d'une théorie scientifique. Il poursuit : « une conjecture audacieuse est une théorie qui a un grand contenu – plus grand en tout cas que la théorie qui, nous l'espérons, va être supplantée par elle[293] ». L'audace est étroitement liée au contenu de vérité de la théorie. À ce stade, on peut se demander si le contenu de fausseté n'a pas aussi augmenté, car toute théorie contient aussi un contenu de fausseté, dans la mesure où la possibilité qu'elle soit fausse reste toujours ouverte. À cet égard la recherche du contenu de fausseté devient la voie essentielle pour trancher entre deux théories. La meilleure sera celle dont le contenu de fausseté est moins élevé. C'est-à-dire que la possibilité qu'elle soit fausse est plus petite que celle de l'autre théorie concurrente. C'est en testant rigoureusement la théorie (ayant un grand contenu de vérité) qu'on parvient à déterminer son contenu de fausseté :

> Si elle passe tous ces tests, il nous est alors permis d'avoir de bonnes raisons de conjecturer que notre théorie, dont le contenu de vérité (nous le savons) est plus grand que celui de la précédente, puisse ne pas avoir un contenu de fausseté plus grand […], nous pouvons alors prétendre tenir là une des raisons objectives de conjecturer que la nouvelle théorie constitue une meilleure approximation de la vérité que l'ancienne[294].

La théorie ayant un grand contenu de vérité, a un petit contenu de fausseté. Ainsi, elle s'approche mieux de la vérité que l'ancienne ; c'est elle qu'il faudrait choisir. Cette description poppérienne de la méthode scientifique ne trouve pas un écho dans l'apprentissage des savoirs scientifiques au collège et au lycée. Dans les cours de science, les savoirs sont transmis généralement dans un ordre inductif, parce que la science enseignée repose sur le principe de vérifiabilité des théories. Dès lors, il est tout à fait normal que l'apprentissage des connaissances scientifiques se fasse par la méthode inductive. Or Popper a montré que l'induction est un mythe. Ainsi, le mode inductif de transmission des savoirs scientifiques conduit à une représentation erronée de l'activité scientifique auprès des apprenants. Les implications pédagogiques d'une telle conception de démarche scientifique sont considérables.

[293] Karl POPPER, *La connaissance objective*, Paris, Flammarion, 1998, p.146.
[294] Karl POPPER, *Ibid.*, p.147.

En effet, le mode inductif conduit à un apprentissage par répétition, une entrave à la critique de l'apprenant, ce dernier est considéré comme un vase à remplir, puisque les connaissances qu'on lui enseigne sont valides, vraies définitivement. Ainsi, son jugement critique n'est pas requis, mais seulement sa capacité de mémorisation et de « maîtrise des techniques de calcul et de des démonstrations[295] ». A cet égard, on peut dire que la méthode inductive est une démarche inappropriée pour l'apprentissage des connaissances scientifiques, en ce sens qu'elle met l'accent sur la répétition, alors que la répétition empêche la découverte de nouvelles choses. C'est pourquoi Popper dit : « la doctrine inductiviste, selon laquelle tout apprentissage est de type routinier et même l'accroissement des connaissances est le résultat d'une formation d'habitude par les mécanismes répétitifs, se révèle donc erronée[296] ». L'induction est erronée parce que la répétition n'a pas pour finalité la découverte de nouvelles choses ou d'une « aptitude nouvelle », mais elle vise seulement à « familiariser » avec un déjà-connu. Cela a des implications pédagogiques à la fois chez l'enseignant et chez l'enseigné. Chez le premier, l'induction répétitive le conduit à faire usage toujours des mêmes procédés ou stratégies de transmission des savoirs. Il ne change pas ou ne varie pas ses manières d'enseigner. Il emprunte souvent les mêmes voies qui sont parfois caduques. De telle sorte que l'élève doit toujours faire les exercices, comprendre les notions selon les schémas déjà tracés par l'enseignant. Il doit suivre pas à pas la démarche de l'enseignant. Au niveau didactique, le fait de considérer que les théories scientifiques sont vérifiables conduit à une stagnation des contenus de savoirs enseignés, dans la mesure où la science enseignée demeure souvent la même malgré les apports de l'épistémologie ou des avancées qui peuvent intervenir au niveau de la science savante.

Toutefois la pérennisation de certains modèles classiques (inductifs) d'exposition des connaissances scientifiques en classe est due simplement à une transposition dans les cours des modèles utilisés par les savants : dans les chapitres un et deux de notre étude, nous avons que la pédagogie de la science repose sur des réflexions épistémologiques qui servent de fondement à l'enseignement de la science. Ainsi, l'exposition des savoirs en classe dépendra du principe épistémologique sur lequel on s'appuiera. C'est dans ce sens que Popper affirme dans le premier volume de son PostScript *Le réalisme et la science* :

> Si l'inductivisme a la faveur de bien des biologistes, c'est à mon avis affaire de tradition – une tradition qui remonte à Bacon, Boyle, Leeuwenhoek et aux débuts de la Royale Society […]. La force de cette tradition inductiviste n'est nulle part plus manifeste que dans ce que j'ai appelé le "style inductif'', c'est-à-dire une certaine manière de rendre compte de ses propres recherches selon un modèle traditionnel qui domine, de nos jours encore, dans nombre de revues de biologie […]. L'idée de base qui anime le style inductif est le suivant : il nous faut nous en tenir scrupuleusement aux observations effectives et nous méfier de toute théorisation ; celle-ci pourrait, en effet, nous conduire à des préjugés théoriques qui

[295] Dominique LECOURT, *La philosophie des sciences*, Paris, PUF, 2018, p.4.
[296] Karl POPPER, *Le réalisme et la science*, Paris, Hermann, 1980, p.63.

> risqueraient, pour peu que nous ne fassions pas très attention, d'infléchir nos observations[297].

On voit ici que les biologistes adoptent une manière inductive pour faire part de (communiquer) leurs recherches. Ils estiment que cette démarche est la meilleure, parce qu'elle obéit à la démarche scientifique qui fait de l'observation le point essentiel de la recherche en biologie. Alors, comment ne pas s'appuyer sur cette démarche inductive pour enseigner la biologie quand on sait qu'elle a reçu la validation des biologistes eux-mêmes ? C'est pourquoi les manuels scolaires de biologie ne peuvent qu'exposer les connaissances de la même manière que les savants exposent les résultats de leur recherche dans les revues de biologie.

Popper pense que cette méthode de présentation n'est pas conforme à l'image réelle de la science en tant qu'activité de réfutation des théories : la démarche critique d'essai et d'erreur. Le mode inductif par lequel les biologistes exposent le fruit de leur recherche enseigne une vision erronée de la science, celle qui consiste à dire que la science repose sur l'observation. L'observation précède la théorie, autrement dit, l'observation est désintéressée, c'est-à-dire qu'elle est neutre. Quand on observe les faits, on le fait sans idées préconçues, sans attentes latentes, sans théorie. L'objectivé consiste alors simplement à s'en tenir aux faits, c'est-à-dire de rendre des faits tels qu'on les observe. Or, Popper montre que l'observation n'est jamais neutre. L'observation d'un fait est souvent guidée par des attentes latentes qui ne demandent qu'à être trouvées ou contrôlées par l'observation. C'est dans cette perspective que Popper affirme :

> Sans doute l'idée maîtresse du 'style inductif' – s'en tenir strictement aux faits observés, écarter préventions et préjugés – est-elle des plus estimables. Et sans doute ceux qui ont été formés à écrire de cette manière ne se rendent-ils pas compte que cette même idée, estimable et apparemment inoffensive, est justement l'expression d'un préjugé (et, qui plus est, d'un préjugé philosophique…) et d'une théorie erronée de l'objectivité. L'objectivité ne résulte pas d'une observation désintéressée et dégagée de toute idée préconçue. L'objectivité, tout comme l'observation non prévenue, est le fruit de la critique, en particulier la critique des comptes rendus des observations : car il est impossible de se passer de théories, ou d'en faire abstraction, ou même d'empêcher qu'elles exercent une influence sur les observations. En revanche, nous pouvons tâcher de les reconnaître comme des hypothèses et de les formuler de manière explicite, de telle sorte qu'elles puissent être soumises à la critique.)[298]

On parvient à l'objectivité en soumettant à la critique les données acquises par l'observation. C'est pourquoi la transposition du style inductif dans la présentation des connaissances scientifiques dans les cours de science ne peut que contribuer à vulgariser une fausse représentation de la science auprès des élèves. C'est à ce stade que la méthode d'essai et d'élimination de l'erreur apparaît essentielle pour l'apprentissage des connaissances scientifiques (ce point fera l'objet d'un traitement plus large dans le chapitre VII).

---

[297] Karl POPPER, *Le réalisme et la science*, Paris, Hermann, 1980, p.67-68.
[298] Karl POPPER, *Ibid.*, p.68.

Deux remarques essentielles peuvent être faites sur la méthode réfutationniste. La méthodologie scientifique décrite par Popper se détermine par un caractère général et nécessaire. La méthode falsificationniste par laquelle la science avance est une caractéristique générale ou universelle de la manière dont les sciences empiriques procèdent indépendamment de leurs approches méthodologiques toutes particulières. Ainsi, Popper ne se démarquerait pas de l'entreprise du positivisme logique qui visait également la définition d'une méthode universelle de la science. Mais l'épistémologie poppérienne relative à la méthode scientifique est fondamentale pour l'apprentissage de la science parce qu'elle décrit une démarche plus proche de l'activité effective du savant. D'autre part, elle conserve le caractère empirique de la science, en ce sens qu'elle émane de l'activité du savant. Ce n'est pas une démarche externe que l'on tente d'appliquer à la science. De plus, la réfutation apparaît comme une évaluation de la démarche effective du savant quand il est engagé dans l'examen d'un problème. Autrement dit, la méthode de falsification a deux dimensions, à savoir la manière de juger une théorie quand elle est déjà élaborée et la manière dont le savant élabore une théorie, c'est-à-dire comment il questionne l'univers en vue de résoudre un problème scientifique. On pourrait dire qu'il y a ici une ambigüité, mais qui n'est qu'apparente, car la science consiste à interroger l'univers à partir des théories. C'est pourquoi ces dimensions de la méthode scientifique ne sont pas incompatibles. Elles s'entremêlent. À cet égard, peut-on dire que la méthode scientifique découle naturellement de la science ou bien qu'elle est conventionnelle ? La méthode critique est-elle effective en physique et en biologie ?

I-2- Méthode scientifique et conventionnalisme poppérien

Considérée comme la méthode effective de la science, la démarche critique ou la méthode d'essai et d'élimination de l'erreur peut sous-entendre l'idée largement répandue que la méthode scientifique ou la méthode des sciences empiriques est naturaliste. Ce qui signifie que la méthode scientifique découle naturellement de la science elle-même. Or Popper montre que cette conception naturaliste est incompatible avec l'activité effective de la science qui méthodologiquement repose sur notre pouvoir décisionnel.

I-2-1- La conception naturaliste de la méthode scientifique

La théorie de la méthode des positivistes logiques selon Popper, décrit la méthode scientifique comme étant naturaliste. En effet, ils estiment que seule la science empirique est pourvue de sens, parce qu'elle contient des énoncés synthétiques et non *a priori*, c'est-à-dire des énoncés qui décrivent la réalité empirique telle qu'elle apparaît à nos sens. Ainsi, tout ce qui ne relève pas de l'autorité de l'expérience ne peut pas être considéré comme scientifique. De ce fait, la

théorie de la méthode scientifique est, pour eux, une science empirique, dans la mesure où elle décrit la procédure effective de la science. Le naturalisme dont il s'agit ici renvoie au mot d'ordre de s'en tenir uniquement à l'autorité de l'expérience. Dans cette optique, la méthode scientifique apparaît comme découlant de l'expérience. Ce qui signifie qu'elle est naturelle au même titre que la science elle-même, que les faits que la science explique. C'est dans ce sens que Popper affirme : « cette conception, selon laquelle la méthodologie est elle-même une science empirique – l'étude du véritable comportement des savants ou de la véritable procédure de la science peut être qualifiée de naturaliste[299] ». Cette conception consiste à dire que la méthode scientifique est aussi naturaliste. C'est-à-dire que les règles méthodologiques des sciences empiriques sont dictées directement par la science ou la nature elle-même. Elles ne sont pas créées, ni inventées par le savant. Ce dernier les découvre, car la nature ordonne au savant comment il doit la questionner. Ainsi, la démarche inductive du savant n'est pas inventée par lui. C'est la nature elle-même qui oriente le savant. C'est pourquoi la conception naturaliste de la méthode scientifique est aussi qualifiée de théorie inductive.

De plus, la manière naturaliste d'aborder la méthode scientifique se répercute aussi sur l'analyse du langage de la science empirique. En effet, les énoncés des sciences empiriques sont considérés comme étant naturellement « doués de sens ». Autrement dit, les propositions scientifiques renferment d'emblée un sens qui vient directement de la nature, indépendamment de nous. Dans la mesure où elles expriment des états de choses, c'est-à-dire une réalité déterminée, qui renvoie aux choses, aux objets de l'expérience physique. Ces choses existent réellement dans le monde de nos sens.

Ainsi, ce qui est scientifique, c'est ce qui est doté d'une existence effective dans le monde. Dans ce cas, les propositions scientifiques sont identifiables par le fait qu'elles reflètent les choses qui sont dans le monde. Il paraît donc tout naturel que les énoncés scientifiques acquièrent leur sens de la nature elle-même. Selon Popper, Wittgenstein est le philosophe qui a contribué largement à développer l'analyse naturalise des énoncés scientifiques[300]. A travers cette analyse l'auteur du *Tractatus*, illustre le caractère naturaliste de la méthodologie scientifique. Car, les énoncés scientifiques sont naturellement « doués de sens ». « Naturel » est une propriété qu'ont les énoncés préalablement indépendamment de nos stipulations sémantiques, grammaticales et logiques arbitraires. Cela veut dire que les règles méthodologiques en tant que procédures inductives sont imposées au savant par l'expérience. Il ne les crée pas, mais les découvre de la même manière qu'il découvre la réalité empirique. C'est ainsi que Popper dit : « Le point de vue naturaliste naïf c'est-à-dire le point de vue selon lequel certaines liaisons

[299] Karl.R POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.49.
[300] Karl POPPER, *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, Paris, Hermann, 1999, p.386.

verbales seraient par nature douées de sens (légitimes, autorisées), et d'autres vides de sens (illégitimes, non autorisées)[301] ». Qui ignore que la science est une activité humaine qui repose en définitive sur l'accord de la communauté scientifique, et non sur la nature en tant que telle ? Cependant, l'auteur de *La logique de la découverte scientifique* montre que la conception naturaliste de la méthodologie décrit ou implique une certaine représentation de la méthode scientifique qui est inappropriée à la science empirique. En quoi, la critique poppérienne de la conception naturaliste de la méthode scientifique est-elle fondée ?

En effet, selon Popper la conception naturaliste de la méthodologie scientifique suppose que la science procède par induction. C'est dire que naturellement les savants utilisent la démarche inductive, dans la mesure où ils font souvent toute une série d'observations des faits particuliers. Ils répètent souvent des observations particulières. Et c'est à l'issue de ces répétitions qu'ils parviennent à formuler une loi, un principe ou une hypothèse universelle. Ainsi, la conception naturaliste ne voit pas que le principe d'induction est techniquement inapplicable à la science, parce que le sens de la critique fait défaut ; elle ne voit pas que l'observation répétitive d'un si grand nombre de fait ne peut permettre de conclure avec rigueur l'existence d'un fait universel. La rigueur signifie qu'il n'y ait aucun fait contradictoire qui puisse survenir. Or rien ne peut permettre d'affirmer qu'un tel fait ne puisse pas se produire. La probabilité de son apparition, même si elle est très minime, reste toujours possible. C'est ainsi que la conclusion selon laquelle « tous les corbeaux sont noirs », parce que l'expérience nous montre toujours des corbeaux noirs, n'exclut pas le fait que cette même expérience peut un jour nous révéler un corbeau blanc. Ce qui conduira alors à réviser notre hypothèse universelle : « tous les corbeaux sont noirs ». En voici une possible révision : dans l'état actuel de nos connaissances, « tous les corbeaux sont noirs ». C'est-à-dire au regard de ce que nous avons observé jusqu'à présent, on peut dire que tous les corbeaux noirs ; en ayant suffisamment conscience que le terme *tous* renvoie ici uniquement aux corbeaux observés jusqu'à présent. Sachant qu'un corbeau blanc peut exister quelque part dans la nature, mais il n'a pas encore été observé. Cela signifie que l'induction est empiriquement et rigoureusement soutenable au regard de l'expérience. C'est pourquoi Popper pense que la méthodologie naturaliste est insatisfaisante, car elle ne permet pas de « trancher certaines questions controversées comme celle de savoir si la science utilise réellement ou non le principe d'induction[302] », et qu'un tel principe conduit à des incohérences comme nous venons de le voir[303].

C'est pour cette raison essentielle que la démarche inductive ne peut être la procédure naturelle et normale de la science empirique. Dans la mesure où la découverte d'un fait ou d'une

[301] Karl POPPER, *Op cit*., p. 399.
[302] Karl R. POPPER, *Ibid.*, p.49
[303] Karl R. POPPER, *Ibid*., p.50.

loi n'est rien d'autre que « la proposition d'une convention ». Cela veut donc dire que les règles méthodologiques ne sont pas naturellement découvertes, mais formulées librement par les savants. De cette critique poppérienne, il ressort plusieurs implications et considérations sur la méthode scientifique. D'abord, la conception naturaliste ne décrit pas la méthode appropriée à la science empirique. Affirmer que les règles méthodologiques sont naturelles signifie que le savant n'a pas la liberté d'inventer ou de créer les règles méthodologiques, en ce sens qu'il les découvre dans la nature comme les faits scientifiques. Ce qui conduit ensuite à considérer que la méthode scientifique est transcendante et absolue, c'est-à-dire qu'elle est reçue toute faite de la tradition. De ce fait on peut l'appliquer à n'importe quel fait sans tenir compte des spécificités nouvelles[304]. Cela veut dire que la méthode scientifique est invariable comme les lois de la nature. Les méthodes empiriques qu'utilisent les savants sont fixées une fois pour toutes. C'est ce qui conduit enfin à la considération selon laquelle on n'a pas le droit de modifier ou de réviser les méthodes reçues des anciens. On ne peut rien retrancher ni ajouter, car ces méthodes ont été validées par les anciens. C'est pourquoi les savants actuels n'ont pas le droit de les remettre en cause. On ne change pas les procédures qui fonctionnent et qui ont fonctionné antérieurement.

Dans la pratique de l'éducation, des enseignants ont aussi une telle considération quant aux méthodes qu'ils utilisent et qu'ils transmettent aux apprenants ; par exemple, pour résoudre un problème ou faire un exercice un enseignant voudrait que l'apprenant utilise les mêmes procédés méthodologiques que lui. Rares sont les enseignants qui acceptent que les élèves utilisent d'autres démarches, quand bien même celles-ci conduiraient au même résultat. En effet, le fait que dans l'enseignement scientifique les méthodes pédagogiques sont perçues comme invariables, uniformes, est dû à la conception naturaliste de la méthode scientifique, parce qu'il y a cette idée que les méthodes pédagogiques doivent être calquées sur le modèle des méthodes scientifiques. De ce fait, les méthodes pédagogiques ayant été validées par la tradition ne doivent pas être révisées, mais simplement appliquées. Le problème, c'est qu'on a affaire à une méthode uniforme, transcendantale qu'on tente d'appliquer aux élèves sans tenir compte des spécificités de la situation particulière de la classe.

Par conséquent, l'incompréhension d'une notion enseignée n'est pas à chercher du côté de la méthode de transmission, mais le plus souvent du côté de l'apprenant. Seule sa responsabilité est mise en cause. S'il y a difficulté de compréhension ce n'est pas la faute de la méthode, mais de l'élève lui-même. Combien sont ces enseignants qui remettent en cause leur manière d'enseigner même lorsqu'ils sont confrontés à un petit nombre d'élèves qui ne comprend pas ? Comment cela serait-il possible quand l'enseignant ne pense pas qu'il peut inventer, créer une

[304] Cette considération vient du sens commun, en science on sait que les savants ne pensent pas comme ça. Il s'agit d'une idée répandue par l'opinion

méthode meilleure que celle qui lui a été enseignée lors de sa formation ? Or, ces méthodes transmises à l'enseignant devraient être considérées comme des simples orientations, des stimulations, des invitations, pour inciter l'enseignant à inventer une démarche pédagogique appropriée à la psychologie de sa classe. Cette façon naturaliste de concevoir les méthodes pédagogiques est due à la conception naturaliste de la méthodologie. Cependant, Popper montre que le pouvoir créateur du savant joue un rôle important dans la méthode scientifique.

I-2-2- Le conventionnalisme poppérien

Nous avons vu précédemment que la manière naturaliste de concevoir la méthode scientifique consiste à décrire l'attitude du savant, c'est-à-dire son attitude méthodologique naturelle lorsqu'il est engagé dans l'examen fructueux d'un problème. Cette attitude est dite inductive. Ce qui signifie que la méthode scientifique est spontanément inductive. Ainsi, la conception naturaliste donne une image de la méthode scientifique qui est uniforme, invariable, et dont les implications pédagogiques sont négatives : les professeurs de science ne changent pas souvent leur démarche pédagogique malgré les difficultés que les élèves peuvent rencontrer. On voit ici que la conception naturaliste de la méthode scientifique ne fait pas avancer la science, ou du moins qu'elle n'est pas conforme à la pratique effective du savant. Le conventionnalisme poppérien (un conventionnalisme limité) apparaît comme une description plus ou moins appropriée de la méthode scientifique. Celle-ci est considérée avant tout comme des conventions. C'est dire que les procédures méthodologiques des sciences empiriques sont dans une certaine mesure de pures productions de l'esprit humain. C'est dans cette optique que Popper affirme : « les règles méthodologiques sont ici considérées comme des conventions[305] ». Les conventions signifient que la méthode scientifique n'est pas forcément dictée par la nature de l'objet étudié. Elle est plutôt dictée par le sujet connaissant. Cela peut supposer qu'une telle méthode soit en déphasage avec la réalité empirique, car les conventions peuvent être extérieures à l'objet étudié, en ce sens qu'elles découleraient directement de l'esprit humain.

Dans ce cas, leur application peut ne pas cadrer avec les spécificités de l'objet étudié ; les conventions pourraient être définies de façon arbitraire. C'est pourquoi cette observation naïve peut valider la manière naturaliste de concevoir la méthode scientifique. Cependant, dans les lignes qui suivent, nous verrons comment Popper la dépasse. Autrement dit, comment la conception conventionnaliste poppérienne de la méthode scientifique cadre avec la pratique effective du savant, lorsqu'il est engagé dans l'analyse d'un problème. Ce que Popper vise à décrire ce n'est pas l'attitude du savant, mais les démarches ou règles méthodologiques qui conduisent au succès (la falsification n'est pas une négation de la science, mais une quête ou

[305] Karl R. POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.50.

un moyen de la faire réussir)[306], c'est-à-dire la découverte ou l'élaboration d'une nouvelle théorie.

Parler d'un conventionnalisme poppérien peut paraître contradictoire. Surtout quand on sait qu'il se revendique implicitement d'un certain empirisme critique ou rationaliste : ce qu'il veut c'est décrire la méthode appropriée de la science empirique. Le terme approprié ou conforme se rapprocherait plutôt d'une conception naturaliste. De ce fait, il serait plus aisé de parler d'une conception naturaliste au lieu du conventionnalisme chez Popper. Pour cette même raison, Popper apparaît comme un anti-conventionnalisme puisqu'il s'oppose à toute conception purement rationaliste ou théorique de la science[307]. Or Popper se revendique aussi d'un rationalisme critique (une forme de rationalisme appliqué) qui accorde une place importante à l'expérience, au sensible, à la réalité empirique. À cet égard, il n'est pas inapproprié de parler d'un certain conventionnalisme poppérien, lorsqu'il s'agit de la théorie de la méthode scientifique. La question est de savoir si les méthodes qui conduisent le savant au succès (corroboration) sont naturelles ou si elles sont inventées, créées par le savant. Est-ce que nous avons, en tant que successeurs, le pouvoir de modifier, de réviser les méthodes reçues de la tradition ? La réponse poppérienne est claire : les règles méthodologiques sont des conventions, mais des conventions non arbitraires et falsifiantes.

De façon générale, le conventionnalisme est la conception qui stipule que les hypothèses contiennent une part de convention. C'est-à-dire qu'elles sont des produits des décisions humaines. Ainsi, par convention, on entend une décision prise, c'est-à-dire un « un décret humain » pris par les savants. Il s'agit d'un accord intersubjectif entre les savants. Un tel décret n'est pas nécessaire, dans la mesure où c'est un choix que l'on fait parmi tant d'autres possibles qui peuvent aussi être acceptés. C'est dans ce sens que s'inscrit le conventionnalisme classique notamment chez Le Roy[308] et Poincaré. Poincaré est considéré comme un conventionnaliste modéré, en ce sens que tout dans la science n'est pas que conventionnel. C'est dire qu'il y a des principes qui s'imposent de façon cruciale aux savants indépendamment des décisions qu'ils peuvent prendre, même si les conventions occupent une place importante dans l'activité scientifique. Popper se démarque ainsi du conventionnalisme pour deux raisons fondamentales, à savoir que les conventions ne sont pas ultimes, elles sont toujours sujettes à la falsification. Autrement dit, les conventions doivent être des libres stipulations qui garantissent le caractère falsifiable de la science. Revenons sur la thèse poppérienne, à savoir que les méthodes scientifiques empiriques sont des conventions.

---

[306] Karl POPPER, *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, Paris, Hermann, 1999, p.411.

[307] Le terme est pris ici dans son sens trivial développé par le sens commun ou l'opinion : est théorique ce qui n'a pas de fondement avec la réalité empirique, la pratique, il s'agit une pure abstraction sans réelle valeur

[308] Lena SOLER, *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipse, 2000 ; p. 126.

En d'autres termes, les règles méthodologiques qui conduisent le savant au succès sont des décisions prises par les savants. Autrement dit, c'est le savant qui établit ou qui prend des décisions méthodologiques qui lui permettent d'aboutir à certains résultats positifs, c'est-à-dire à des découvertes scientifiques. Dans cette perspective, le rôle du savant est de définir des règles méthodologiques qui soient appropriées au jeu de la science. Et par jeu de la science on entend simplement l'activité de découverte. En clair, dire que les règles méthodologiques sont des conventions signifie que ces règles sont des décisions mieux des stratégies établies par le savant lui-même. La nature n'impose pas quelle règle il faut mettre en place dans l'examen d'un problème. Cela émane de l'autorité du savant lui-même. Par exemple, la nature ne fait pas une démarcation entre la science et la non-science. C'est nous-mêmes qui décidons, à travers des critères élaborés par nous-mêmes, ce qui est science et ce qui ne l'est pas. C'est nous-mêmes qui décidons de nommer ceci ou cela science ou non-science. C'est pourquoi « ce qu'il y a lieu d'appeler science doit demeurer matière à convention ou à décision[309] ». C'est nous qui fixons les critères de définition ou de signification de ce qu'on entend par science ou savant. La science elle-même ou la nature ne nous dit pas ce qu'est la science. C'est dire que ce sont les savants eux-mêmes qui décident ce qu'est la science ou pas par l'élaboration de certaines règles de décisions. Ici, la décision ne signifie pas que le savant prend une décision en toute subjectivité sans tenir compte de la spécificité de l'objet étudié ou que le choix d'une règle se fait hasardeusement. Non, le choix scientifique est toujours motivé par de bonnes raisons (a priori nous n'avons pas le droit de douter de la bonne foi du savant). Autant ces raisons sont multiples, autant ces choix sont aussi multiples.

Ainsi, l'arbitraire renvoie ici simplement au fait de choisir certaines règles méthodologiques et laisser d'autres qui sont aussi acceptables[310]. Au fond, nous n'avons pas de raisons de choisir certaines et de laisser d'autres. Elles sont toutes bonnes *a priori*, mais pour des raisons de commodités et des questions qui nous intéressent, on fait le choix d'un nombre des règles qui nous semblent appropriées, alors qu'il y a une infinie diversité de directives méthodologiques possibles[311]. Dans ce choix, on peut par exemple stipuler la règle générale que toute règle méthodologique établie doit garantir le caractère empirique de l'énoncé ou de la théorie. Dès lors, les règles méthodologiques sont indispensables, parce qu'elles permettent de fixer les cadres de la découverte scientifique et de déterminer dans quelles conditions méthodologiques les théories et les énoncés scientifiques peuvent être évalués. Sachant que ces dernières portent sur la réalité empirique, c'est-à-dire sur la nature. Alors, les méthodes des sciences empiriques

[309] Karl R. POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.49.
[310] Karl POPPER, *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, Paris, Hermann, 1999, p.410.
[311] Karl POPPER, *Op cit.*, 1999, p.392.

se résument en des règles ou des décisions méthodologiques. C'est à partir de ces décisions que nous décrivons la réalité. Les méthodes scientifiques sont des décisions qui disent comment examiner la nature. Et ces décisions consistent à conserver le caractère empirique des théories ou propositions scientifiques. Il s'agit d'une analyse déductive de la réalité, dans la mesure où les lois de la nature et les systèmes théories sont des prémisses qui permettent toujours de déduire ou de prédire des faits particuliers[312]. C'est pourquoi « sans les directives méthodologiques générales qui règlent notre méthode et notre traitement des lois de la nature, nous ne pourrions pas du tout avancer[313] ». Ce sont ces directives qui assurent le progrès de la science. Toute exploration plus profonde de la nature est toujours liée à certaines directives méthodologiques bien spécifiques. Par exemple, la description d'un objet ne retient qu'un nombre de caractéristiques finies, parmi le nombre infini de ses caractéristiques qui existent empiriquement. La rétention de ce nombre est une affaire de convention. Les décisions méthodologiques en tant que conventions sont choisies par nous-mêmes, et non imposées par la nature. Ces différents choix sont faits parmi les différentes possibilités qu'offre la nature.

Un autre point essentiel du conventionnalisme poppérien consiste à déterminer le statut d'une théorie de la définition dans le jeu de la science, ou du moins dans la démarche du savant. En effet, les définitions sont souvent posées au tout début de l'examen d'un problème scientifique. Autrement dit, l'exigence de définition est un principe méthodologique auquel chaque savant est appelé à se soumettre. Cela veut dire que dans la découverte scientifique, la définition est d'une importance capitale. C'est pourquoi dans la science enseignée on peut voir des définitions caduques, qu'on continue de transmettre aux apprenants malgré des innovations, des nouveautés qui surviennent souvent au niveau de la science en train de se faire. La définition permet, dans une certaine mesure, à elle seule de caractériser un objet. Or Popper montre que « ce ne sont pas des définitions, mais seulement des décisions méthodologiques qui peuvent empêcher à la science d'ignorer purement et simplement les observations qui ne lui conviennent pas[314] ». Cela veut dire que les définitions ne peuvent pas nous permettre d'identifier les faits singuliers qui ne rentrent pas dans la portée de l'objet étudié ; elle les exclut. Alors que les règles ou les décisions méthodologiques nous permettent de les prendre en compte. C'est là que nous pouvons mieux les distinguer de celles qui conviennent véritablement à l'objet étudié, « il n'y a que des définitions d'usage ». C'est dans l'application d'un concept, d'une notion que la définition trouve sa valeur. Dans cette perspective, la définition peut faire l'objet d'une révision, d'une correction, voire même d'un rejet. Il n'y a pas de définition définitive, tout peut toujours

[312] Karl POPPER, *Op cit.,* p.371.
[313] Karl POPPER, *Ibid*., p. 410.
[314] Karl POPPER, *Ibid.,* p.382.

être refait à la lumière de nouvelles découvertes fructueuses. De ce fait, la forme des règles méthodologiques consiste à ce que ces dernières se déterminent comme des critères de décision qui orientent la manière de traiter les théories scientifiques, de faire les choix scientifiques. Comment choisir entre des théories, entre des énoncés, ou encore entre des faits ? En science le choix se fait à partir des décisions méthodologiques. C'est ainsi qu'à partir de deux exemples précis, Popper nous montre à quoi ressemblent les règles méthodologiques en science : il donne deux exemples de règles méthodologiques que l'on rencontre le plus souvent dans les sciences empiriques ; ces deux règles sont étroitement liées :

> (1) Le jeu de la Science est en principe sans fin. Celui-là se retire du jeu qui décide un jour que les énoncés scientifiques ne requièrent pas de test ultérieur et peuvent être considérés comme définitivement vérifiés.
>
> (2) Une fois qu'une hypothèse a été proposée, soumise à des tests, et qu'elle a fait ses preuves, on n'est plus autorisé à la supprimer sans ''bonne raison''. Une ''bonne raison'' peut, par exemple, être son remplacement par une autre qui peut plus aisément être soumises à des tests ; la falsification de l'une de ses conséquences peut encore être une ''bonne raison''[315].

La règle (1) consiste à dire que les découvertes scientifiques se font de façon continuelle. Ainsi, les théories ou les propositions scientifiques que nous acceptons actuellement peuvent toujours être testées à nouveau, c'est-à-dire qu'elles ne sont jamais vérifiées une fois pour toutes. On peut la résumer de la manière suivante : la testabilité d'une théorie scientifique n'est jamais définitive ; on décide simplement de ne plus lui faire passer des « tests ultérieurs [316]». Si elle n'est pas souvent formulée de façon explicite, mais implicitement, les savants obéissent à cette règle, dans la mesure où les résultats auxquels ils parviennent ne sont jamais pris comme des vérités définitives. Cette règle est intéressante, car elle montre ce qu'est la nature de la science empirique et sa méthode en tant que démarche critique. Dans un paradigme quelconque, une théorie peut être élaborée sur la base des critiques des anciennes théories. De même, cette théorie est souvent admise après un certain nombre de critiques de la communauté scientifiques en question. C'est à partir de là que les succès de la science sont effectifs. La testabilité non continue est une exigence méthodologique à laquelle chaque savant semble obéir d'une manière ou d'une autre. Cette exigence empêche le savant d'aller de renonciation en renonciation. À un moment donné il est nécessaire de s'arrêter même si cet arrêt n'est pas définitif.

La règle (2), quant à elle, dit qu'on n'est plus en droit de rejeter une théorie qui a réussi les tests empiriques, sauf s'il y a des « bonnes raisons » de le faire. Lorsqu'une théorie a été corroborée, on la garde jusqu'à ce qu'elle soit supplantée par une autre plus satisfaisante. Si la satisfiabilité de la nouvelle théorie n'est pas prouvée, alors l'ancienne théorie reste jusqu'à preuve du contraire toujours d'actualité. Ainsi, cette règle montre dans quelles conditions une

[315] Karl R. POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.51.
[316] Karl R. POPPER, *Ibid*., p.52.

théorie scientifique corroborée peut être supprimée ou rejetée alors qu'elle était opérationnelle auparavant. Comme nous venons de le voir, l'une de ces conditions c'est la satisfiabilité de la nouvelle théorie. Et par satisfiabilité, on entend le fait d'être soumis plus aisément à des tests. Si une théorie ressort mieux des tests qu'une autre, alors la première est plus satisfaisante que la seconde. A cet égard, il y a une bonne raison de remplacer l'ancienne théorie par la nouvelle. Aussi, si l'ancienne théorie renferme des énoncés falsifiés, on peut la supprimer au profit d'une théorie qui n'a pas de conséquences falsifiées. Dans le jeu de la science, on voit bien que les savants ne rejettent pas ou n'acceptent pas une théorie tant qu'il n'y a pas de bonne raison de le faire. C'est dire que dans la recherche scientifique, il est communément admis que toute théorie qui a fait ses preuves reste valide tant qu'on n'a pas de « bonnes raisons » de la rejeter. Ainsi, ces deux règles se rapprochent, dans la mesure où le fait de décider de ne plus soumettre une théorie à des tests ultérieurs conduit nécessairement à considérer la théorie en question comme corroborée. C'est-à-dire qu'elle a passé avec succès les tests auxquels elle était soumise.

A l'instar de ces règles, on distingue plusieurs autres règles comme l'exigence d'objectivité scientifique[317] et le principe de causalité[318]. Le rapport entre les deux règles précédentes montre une certaine manière d'établir les règles de la méthode scientifique. En effet, pour formuler de façon explicite les règles de la méthode scientifique : « on commence par poser une règle suprême qui sert en quelque sorte de norme décidant des autres règles, c'est donc une règle de type supérieur. C'est elle qui nous dit que les autres règles de la procédure scientifique doivent être établies de manière à ne mettre à l'abri de la falsification aucun énoncé[319] ». Cela veut dire que les règles méthodologiques sont liées les unes aux autres. Dans l'examen d'un problème, on pose souvent des normes ou principes méthodologiques à partir desquels on déduit d'autres règles, de telle sorte qu'elles garantissent le caractère falsifiable des énoncés. En somme, les règles méthodologiques sont des conventions falsifiantes établies arbitrairement par rapport à l'infini diversité des faits empiriques qu'offre l'expérience.

La conception conventionnaliste poppérienne de la méthode scientifique montre que les règles ou les décisions méthodologiques de la procédure de la science sont inventées, créées par le savant, dans un rapport étroit avec la nature de l'objet étudié. Cela signifie que les règles méthodologiques ne sont pas définitives, ni invariables. La méthode scientifique est construite. Et chaque savant a le pouvoir de construire une méthode appropriée à son objet d'étude. Cette construction n'est pas réservée à une classe ou à une catégorie d'hommes. Même, le nouveau-né a en puissance les capacités de construction d'une méthode qui soit meilleure que celles reçues de ses prédécesseurs. D'après l'épistémologie falsificationniste, la science procède par

[317] Karl R. POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.53.
[318] Karl R POPPER, *Ibid.*, p.57.
[319] Kar R. POPPER, *Ibid*., p.51.

la méthode d'essais et d'élimination de l'erreur, c'est-à-dire par conjecture et réfutation. Cette manière de procéder ne part pas des observations immédiates, mais de l'activité théorique. Celle-ci consiste en la découverte de problèmes et la formulation d'hypothèses. C'est dans ce sens que Jean Baudouin affirme : « Popper a toujours pensé que la démarche scientifique s'originait dans les 'problèmes' et non dans les concepts[320] ». Pour Popper, la science est en quête de vérité, cherche à expliquer de mieux en mieux le monde par la recherche des problèmes. Le problème est au départ de la recherche scientifique. Et la formulation du problème est essentiellement une activité fondé sur la réflexion et non sur les observations immédiates. L'élaboration de la théorie de la relativité en est un bel exemple. Einstein est parti de l'analyse des problèmes théoriques concernant les mouvements des astres pour établir sa théorie. Il n'est pas parti des faits expérimentaux. Selon le rationalisme critique ou l'épistémologie poppérienne, la démarche scientifique consiste toujours à partir des problèmes et non des observations premières. Examinons maintenant comment se caractérise la méthode scientifique dans l'épistémologie bachelardienne.

[320] Jean BAUDOUIN, *Karl Popper*, Paris, PUF, 1989, p.29.

II – THEORIE BACHELARDIENNE DE LA METHODE SCIENTIFIQUE

Dans l'épistémologie bachelardienne, la méthode scientifique est perçue comme un processus dynamique et dialectique. Ainsi, la doctrine bachelardienne de la méthode scientifique s'oppose à un certain dogmatisme qui fait de la méthode scientifique une démarche figée.

II – 1 - Dogmatisme et inventivité méthodologique

La méthode est un chemin à suivre afin d'aboutir à un résultat donné, défini d'avance. La méthode est donc une démarche réglée au sens où elle renferme une suite d'opérations à accomplir, à respecter, afin de parvenir à un résultat souhaité. Ainsi, Descartes définit la méthode comme un ensemble de normes explicites et simples ; quiconque les respecte arrive sans obstacle à la connaissance vraie, au but fixé[321]. Il ne définit pas ici une méthode applicable à tout domaine de connaissance, mais il montre la nécessité de suivre un ordre qui conduit sûrement au résultat qu'on s'est fixé. Bachelard n'est pas loin de cette conception lorsqu'il affirme : « La méthode est une ruse d'acquisition, un stratagème nouveau à la frontière du savoir[322] ». Cela veut dire qu'en science, chaque discipline ou champ d'étude a une démarche propre pour approcher son objet.

Cette démarche n'est pas statique, elle évolue, elle est toujours une manière nouvelle d'accéder au savoir. La critique des méthodes en épistémologie a révélé que le projet d'une méthode scientifique applicable à toutes les sciences empiriques dans leur profondeur est illusoire, même dans le cas d'une épistémologique générale puisqu'il s'agit là simplement des similitudes en termes de principe général qui ne constituent pas le soubassement méthodologique de chaque discipline scientifique. Cette étude montre aussi que les méthodes ou les démarches d'acquisition du savoir ne sont pas si parfaites, comme on veut souvent le faire comprendre. Toutefois, les démarches peuvent devenir source de stagnation et d'inertie, dans la mesure où elles deviennent mécaniques, routinières. Dès lors, elles empêchent de comprendre le phénomène étudié sous d'autres aspects. C'est dans cette perspective que Bachelard affirme : « l'habitude de la raison peut devenir un trouble de la raison[323] ». La raison peut être affectée par ses propres habitudes en ce sens qu'elle devient mécanique à cause de la routine. Les pratiques routinières ne permettent pas d'atteindre la zone d'inconnu qui se cache derrière tout phénomène. La méthode peut être à la fois un moyen et un obstacle à l'acquisition de la connaissance objective. Ce constat est plus visible dans l'enseignement de la science. L'image qu'ont les

[321] Bachelard se démarque de Descartes en ce sens que la méthodologie cartésienne fait de la méthode quelque chose de figé, d'absolu. La méthode cartésienne est invariable. Alors que la conception bachelardienne fait de la méthode quelque chose qui s'adapte en fonction de l'objet.
[322] Gaston BACHELARD, *L'engagement rationaliste*, Paris, PUF, 1972, p.39.
[323] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué*, Paris, Quadrige/PUF, 1998, p.13.

élèves de la science dépend fondamentalement de la manière dont elle est enseignée. « L'origine du déclin d'intérêt pour les études scientifiques réside en grande partie dans la façon dont les sciences sont enseignées dans les écoles ». La transmission répétitive des résultats de la science conduit l'élève à une acquisition mécanique et dogmatique des notions scientifiques, en ce sens qu'il reçoit ce qui lui est enseigné comme des vérités définitives dénuées de toute forme d'erreur : la possibilité de questionner le savoir enseigné ne lui est pas offerte.

Ce que Bachelard dit, c'est que la méthode est un moyen, une manière de procéder pour résoudre un problème bien précis. Cela veut dire que le problème engendre la méthode à suivre. Ainsi, une épistémologie générale comme celle de Bachelard ne vise pas à décrire ou à définir une méthode particulière d'une science particulière, elle vise plutôt à décrire une tendance méthodologique générale en science. Alors, on peut se demander ce qui est au fondement de la démarche scientifique. D'aucuns n'hésitent pas à dire que c'est l'observation qui est à la base de la démarche scientifique, d'autres pensent que c'est l'hypothèse. Certains, comme Bachelard, pense que c'est le problème qui est au fondement de la démarche scientifique ; Le savant examine la nature, en commençant par formuler ou découvrir un problème précis. Ce dernier ne s'acquiert pas simplement par l'observation (immédiate) ou par la formulation d'une hypothèse. Ainsi, la formulation d'un problème scientifique se fait par un questionnement de la raison sur la nature. C'est en questionnant la nature qu'on parvient à découvrir un problème ou à le formuler. Cela veut dire que le problème scientifique ne se pose pas de lui-même comme le dit Bachelard ; c'est le savant, le chercheur qui le pose.

Par conséquent, le problème scientifique est construit selon les attentes de celui qui le formule. Mais cette construction ne signifie pas que le problème est artificiel ou qu'il n'a rien à voir avec la réalité empirique. Comme nous l'avons dit, l'objet scientifique est un objet abstrait-concret. Autrement dit, c'est un objet à la fois qui découle du monde sensible, mais aussi de la réflexion (la pensée). Dans ce cas, l'empirique et le rationnel fusionnent pour créer l'objet scientifique. Il n'est pas un pur naturel ni un pur rationnel. Mais il est les deux à la fois ; mi-empirique, mi-rationnel. A cet égard, on peut dire que la formulation du problème se fait sur la base d'un certain empirisme, à savoir la nature qui s'offre à nous. C'est parce que le savant a la nature en face de lui qu'il parvient à formuler un problème ; sans cette nature il ne formulerait rien du tout, car son questionnement n'aurait pas de matière pour la réflexion. Aussi, sans la pensée, la nature n'est rien, c'est-à-dire qu'elle ne peut être rendue intelligible, compréhensible sans la réflexion ou le questionnement. Dans un langage absolu, on dira que la nature ne pense pas, c'est pourquoi les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. Seul le savant ou le chercheur a le pouvoir de les formuler. D'où la formulation ou la construction du problème se fait toujours en rapport avec la réalité empirique. En d'autres termes, on construit le problème scientifique à

partir d'une base empirique. L'idée d'un questionnement neutre sur la nature est une utopie, au même titre qu'une observation sans théorie est totalement impossible. C'est pourquoi, dans la démarche scientifique, Bachelard montre que l'observation immédiate ne compte pas, car elle ne permet pas d'accéder à une connaissance approfondie de la réalité, en ce sens qu'elle se limite aux impressions premières. Or connaître, c'est aller au-delà de ces apparences empiriques, aller au détail, et le détail n'est pas ce qui frappe immédiatement nos sens. C'est seulement quand on questionne cette matière première qu'on accède à des connaissances véritables, à des choses très intéressantes qui ne sont pas visibles par les sens.

À cet égard, on dira, avec Bachelard, que la connaissance scientifique se trouve dans l'invisible, parce qu'elle transcende l'expérience immédiate. Et cette connaissance ne n'acquiert pas simplement par la perception, mais aussi par le questionnement ; et le questionnement permet de formuler un problème. La réponse à ce problème constitue ainsi la connaissance scientifique. La connaissance scientifique est avant tout la solution à un problème (une question). On pourrait nous objecter : qu'est ce qui fait alors la différence avec la connaissance commune, qui dans une certaine mesure est aussi la réponse à une question ? Et on dira : ne répondez pas en disant que la science est objective, car la connaissance commune peut l'être aussi[324]. D'après l'épistémologie bachelardienne deux éléments de réponse peuvent être évoqués, à savoir le caractère impersonnel et le caractère rectificationniste de la connaissance scientifique. En effet, la science, même si elle peut être l'œuvre d'un savant isolé, demeure impersonnelle, dans la mesure où sa validité ne dépend pas de celui qui l'énonce. Sa réalité existe indépendamment des jugements qu'on peut porter sur elle. Par exemple, la poussée d'Archimède est vraie indépendamment d'Archimède lui-même. Ce n'est pas notre jugement qui fait que la science soit vraie ou fausse. Cela signifie que la science est universelle contrairement à la connaissance commune qui est contextuelle. L'universalité de la science suppose qu'elle transcende les cadres spatio-temporels de son émergence. C'est pourquoi les principes ou les formules scientifiques sont applicables partout sur terre, dès que certaines conditions sont réunies. Ainsi, que l'on soit au fin fond de l'Alaska ou au fin fond de la forêt gabonaise la réaction chimique de la combustion d'un hydrocarbure avec du dioxygène produira toujours du H_2O et du CO_2. Cela montre le caractère impersonnel et universel de la science et donc de la connaissance scientifique.

Quant à son caractère rectificationniste, il convient de dire que la connaissance scientifique validée est une connaissance qui a subi plusieurs rectifications d'erreurs. C'est-à-dire qu'elle a été corrigée plusieurs fois avant de parvenir à une forme plus ou moins acceptable

[324] On peut faire une distinction entre l'objectivité de la science et celle de la connaissance commune. Voir qu'en science ce terme n'a pas la même signification que dans la vie commune.

scientifiquement. Le vrai en science s'acquiert par un effort de critique, visant à déconstruire et reconstruire les connaissances antérieures ou celles qui sont en vigueur. Alors que dans la connaissance commune, même si elle est aussi une réponse à une question, elle demeure une connaissance qui se fonde sur le principe d'identité[325]. Ce que Bachelard dit, c'est que toute connaissance scientifique est foncièrement la rectification d'une erreur, d'un savoir mal formulé, mal orienté. Cette rectification transcende ainsi l'expérience immédiate fondamentale à la connaissance commune. Cette transcendance rend compte des phénomènes qui ne sont pas visibles. Dans ce cas, on apprend des choses qui sont plus profondes que les simples données immédiates empiriques. On peut citer ici l'exemple précédent du spectroscope qui fait intervenir des phénomènes électriques et magnétiques qui ne sont pas visibles par l'observation immédiate. En résumé, la connaissance scientifique est la réponse à une question, à un problème scientifique. Mais il s'agit d'une réponse impersonnelle, universelle et critique ou rectificationniste. C'est pourquoi, le problème se situe au fondement de la démarche scientifique. Sans lui il n'y a pas de connaissance scientifique véritable.

Ainsi, l'esprit scientifique se caractérise par la capacité de formuler de vrais problèmes scientifiques. Ce que Bachelard montre ici c'est que les méthodes scientifiques ne sont pas valides de façon définitive. Le changement de méthode est une nécessité en science. Rien n'est absolu. Tout finit par perdre sa « fécondité » du début. Même les méthodes scientifiques s'usent avec le temps. Dans ce cas, la méthode n'est pas fixée une fois pour toutes ; ce n'est pas non plus une structure formellement bien définie pouvant être applicable à n'importe quel objet. La méthode n'est rien d'autre qu'un cheminement, un simple « stratagème », c'est-à-dire une manière d'examiner quelque chose. C'est une procédure, une façon de faire quelque chose. Cette façon de faire n'est pas unique, n'est pas la seule ou la plus essentielle pour examiner la chose en question. Un objet peut être examiné de plusieurs manières différentes, toutes acceptables. Il s'agit d'un pluralisme méthodologique. À travers cette réflexion bachelardienne sur la méthode, il s'agit d'une part de déconstruire une conception dogmatique de la méthode scientifique, celle-ci consiste à dire que la méthode scientifique est invariable et que ce n'est que de cette manière qu'on peut explorer l'objet d'étude[326], d'autre part, il s'agit de montrer que l'examen d'un objet peut se faire de plusieurs manières ; on peut procéder autrement que par la manière en vigueur pour explorer le même objet, chacun peut inventer sa propre démarche[327].

[325] Sur la connaissance commune et la connaissance scientifique, voir la section de notre étude.

[326] Le problème avec cette conception est qu'elle bloque l'inventivité et la critique, elle contraint d'examiner les phénomènes que dans une certaine direction. Or, la conception Bachelardienne ouvre les perspectives, crée l'esprit d'invention, sous-entend qu'il est possible de créer, de connaître autre chose que ce qui est en vigueur.

[327] Il ne s'agit pas ici d'un relativisme méthodologique. Seule l'objectivité, la quête de la vérité, l'humilité intellectuelle doivent motiver la recherche, par soi-même quand c'est nécessaire, d'un nouveau stratagème d'acquisition de la connaissance.

Tout protocole méthodologique n'est qu'un stratagème parmi tant d'autres stratagèmes possibles. Le fixisme méthodologique n'est pas un gage de scientificité, ni d'une pédagogie objective. Pour revenir à la question de savoir comment la science procède, l'épistémologie générale bachelardienne montre que la science procède de façon dialectique, autrement dit la démarche dialectique est la méthode essentielle de la science. En quoi consiste cette démarche dialectique ? Dans quelle mesure la science en fait usage ?

II-2- La démarche dialectique de la science

Nous venons de voir que chez Bachelard l'observation immédiate n'est pas au fondement de la démarche scientifique ; c'est la formulation du problème qui est le point de départ de la démarche scientifique. Quand le savant se lance dans l'exploration de la nature, il commence par formuler ou identifier un problème qu'il s'efforce de bien délimiter. Autrement dit, c'est par la formulation d'un problème bien précis que le savant explore le monde. Et l'examen de ce problème se fait par un procédé dialectique. Cette méthode dialectique peut être considérée comme une démarche critique. En quoi consiste la démarche scientifique dialectique ? Dans son sens antique, notamment chez Platon, la dialectique désigne l'art de dialoguer, de discuter. Il s'agit d'un échange enchainé d'arguments, de thèses entre deux personnes discutant. Cela signifie que la dialectique est une suite, une succession d'arguments. Dans une acception moderne, la dialectique renvoie davantage à un mouvement, un développement de la pensée qui s'effectue par une succession d'étapes. C'est notamment dans l'hégélianisme que se trouve cette conception de la dialectique. Ainsi, le mode dialectique s'applique au progrès de la pensée, de la connaissance, aux mouvements sociaux, ou simplement à la marche de l'humanité. C'est ainsi qu'aujourd'hui, quand on parle de dialectique, on se réfère dans une certaine mesure à l'acception moderne, c'est-à-dire : « [...] la théorie qui soutient que toute chose – et, notamment, la pensée – se développe selon des modalités caractérisées par la fameuse triade dialectique de la thèse, de l'antithèse et synthèse[328] ». La dernière étape est le résultat de la confrontation entre les deux premières étapes. Cela veut dire que dans tout développement, il y a toujours une chose qui s'oppose à une autre. Cette opposition conduit ensuite à un résultat qui est le mélange de ces deux choses. Dans la théorie de la connaissance, cela signifie qu'on connaît, qu'on acquiert la connaissance dans une perspective dialectique, dans la mesure où notre mode de penser s'effectue souvent par l'affirmation d'une conception unique, qui est confrontée ensuite à une autre thèse, c'est l'antithèse. Et, généralement, de cette confrontation on tire une conclusion qui consiste le plus souvent à réaffirmer la thèse, la thèse de départ, mais sous une forme modérée. La

[328] Karl POPPER, *Conjectures et réfutations*, Paris, Payot, 1985, p. 458.

dialectique au sens classique est une démarche qui consiste à connaître en tirant une synthèse de l'opposition entre deux termes.

Dans *La dialectique de la durée* Gaston Bachelard désigne la dialectique comme la mise en relation d'au moins deux termes, c'est-à-dire le rapport entre la thèse et l'antithèse (ou des antithèses). On peut supposer qu'il exclut alors le troisième moment de la dialectique classique qui est la synthèse, parce que une chose ne peut être à la fois elle-même et son contraire. L'être et le non-être sont deux entités différentes. Soit on connaît l'être, soit on connaît le non-être. Dans ce cas, la connaissance ne peut être à la fois affirmation d'une chose et en même temps la négation de cette chose. Ainsi, la dialectique est une mise en relation par opposition, par confrontation des contraires. Il s'agit d'une succession d'étapes marquées par une sorte de discontinuité. Cela veut dire que la première étape n'est pas prolongée par l'étape suivante. Au contraire, celle-ci contredit l'étape précédente. Mais la dialectique, au sens bachelardien, ne signifie pas que l'antithèse est simplement exposition des limites de la thèse. L'antithèse est une véritable connaissance, quelque chose de nouveau, une variable effective de l'objet de connaissance. C'est une autre facette, un autre détail de l'objet, au même titre que d'autres aspects du même objet.

Par exemple, un objet de connaissance renferme à la fois un aspect phénoménal et un aspect nouménal. Ces deux aspects paraissent comme des contraires, ils s'opposent ; ils sont différents. Et pourtant ce sont des détails véritables du même objet de connaissance. Une vision non dialectique (uniforme ou unique) aurait tendance à considérer soit l'aspect nouménal soit l'aspect phénoménal. Alors que ces deux aspects font partie de l'objet. De ce fait, on peut valoriser l'un au détriment de l'autre. Ensemble, les deux nous permettent de comprendre ou de connaître l'objet à des niveaux différents. De plus, l'antithèse peut être, contrairement à la thèse, la meilleure connaissance appropriée. Dans la mesure où elle permettrait de connaître de façon plus satisfaisante l'objet de connaissance. Ce qui pourrait nécessairement conduire à rejeter la thèse. Dans ce cas, il n'y a pas affirmation ou réaffirmation de la thèse, mais une pure et simple révocation de celle-ci. Et c'est désormais l'antithèse qui est considérée comme la connaissance véritable de l'objet. Cela veut dire que la thèse ou la première étape peut être une connaissance fausse ou approximative, alors que l'antithèse peut être une vraie connaissance plus approfondie de l'objet. Ceci est l'enseignement essentiel de la dialectique au sens bachelardien. En effet, la dialectique bachelardienne retient les deux premiers moments de la dialectique classique, avec la seule différence que l'antithèse a une valeur gnoséologique au même titre que la thèse. Car l'antithèse peut conduire à mieux comprendre l'objet que la thèse.

La dialectique bachelardienne montre qu'un objet présente plusieurs aspects, plusieurs détails à explorer ; une vision uniforme ou unique n'est pas suffisante pour comprendre de façon

satisfaisante un objet de connaissance. Cela revient à dire que la démarche dialectique est une méthode critique, au sens où elle fait intervenir la confrontation de la thèse par l'antithèse. Dans la dialectique bachelardienne, l'opposition entre la thèse et l'antithèse, entre une affirmation initiale et son opposé, n'est pas une simple contradiction, mais une différenciation. C'est-à-dire que l'antithèse, étant différente de la thèse, peut l'enrichir par sa différence. C'est dire qu'il peut y avoir implication de la thèse par l'antithèse, en ce sens que celle-ci peut englober certains éléments de la thèse. C'est ainsi que Bachelard présente la dialectique comme cette opération qui consiste à « sortir de la contemplation du même et chercher l'autre[329] ». Le même c'est la thèse, l'affirmation initiale, c'est la connaissance première, ce qu'on voit immédiatement. Alors que l'autre, c'est l'antithèse, c'est-à-dire l'élément inconnu qui n'est pas immédiatement observable. Ainsi, le même et l'autre ne sont pas nécessairement contradictoires, mais ce sont des éléments différents d'une même chose.

C'est ainsi que les nouvelles théories physiques ne contredisent pas forcément les anciennes. Elles sont simplement différentes. Elles apportent de nouvelles connaissances jamais imaginées ; alors que les théories classiques se limitent à ce qui est acquis, aperçu. A cet égard, la dialectique bachelardienne est une opération qui consiste donc à rechercher la différence, les éléments de connaissance qui ne sont pas immédiatement aperçus. C'est grâce à cette confrontation par la différence et non par la contradiction qu'on parvient à des idées ou des connaissances neuves. C'est dans ce sens que Bachelard dit : « dialectiser la pensée, c'est augmenter la garantie de créer scientifiquement des phénomènes complets, de régénérer toutes les va- riables dégénérées ou étouffées que la science, comme la pensée naïve, avait négligées dans la première étude[330] ». Dialectiser la pensée, c'est sortir du même (première étude), pour chercher l'autre (seconde étude) ; c'est remettre en cause, critiquer le savoir acquis, afin de parvenir à la découverte de nouvelles choses. L'approche dialectique est donc une seconde étude qui permet de mieux préciser, de comprendre, de bien établir le savoir ancien et d'accéder à des contenus de pensée qui étaient jusqu'alors inaperçus. L'opposition n'est pas nécessairement contradiction, de même que la différence n'est pas essentiellement contradiction. La différence est un enrichissement, un rapprochement, alors que la contradiction est un rejet, un élargissement de la séparation. Au fond, Bachelard montre ici qu'il y a un lien qui demeure entre deux termes opposés. Dans l'homme nouveau, il y a toujours des traces du vieil homme[331].

La dialectique au sens bachelardien est un mouvement, une opération successive d'étapes opposées, qui consistent à partir d'une étape positive à une étape négative. Il s'agit d'une opération de rupture et de réorganisation du savoir de base. C'est grâce à cette opération

[329] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, 1972, p.16.
[330] Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, Paris, PUF « Quadrige », 2012, p.17.
[331] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p. 7.

que la science progresse véritablement, car la réorganisation du savoir permet d' éclaircir les concepts scientifiques anciens. Cette réorganisation permet la constitution de nouvelles connaissances, dans la mesure où, en réorganisant le savoir anciens, surgissent de nouvelles questions fondamentales, de nouveaux problèmes qui appellent des réponses novatrices. Cela veut dire que la recherche s'oriente vers l'exploration des objets, des phénomènes qu'on n'avait jamais pensés ou aperçus. C'est ainsi que le savant dans ses recherches fait usage de la dialectique. Alors, comment la science procède-t-elle dialectiquement ? Dans quelle mesure la dialectique est-elle la méthode de la science ?

Comme nous venons de le voir, contrairement à la dialectique philosophique (par exemple Hegel[332]), la dialectique scientifique, selon l'épistémologie bachelardienne, met en confrontation la thèse et l'antithèse, dont le résultat n'est pas contradictoire, mais complémentaire. En science, l'opposition entre la thèse et l'antithèse aboutit à un résultat où la thèse complète l'antithèse, et vice versa. Cela veut dire que la thèse ou l'antithèse n'est pas nécessairement un rejet radical de l'une par l'autre, mais un possible englobement de l'une par l'autre. Ce genre de situation est assez fréquent en science. C'est ainsi que s'inscrit le rapport entre la physique classique et la physique contemporaine, notamment la Relativité. La Relativité inclut la mécanique newtonienne tout en la dépassant. Ainsi, il n'y a pas contradiction entre ces deux physiques, mais putôt un englobement de la première par la précédente.

De ce fait, d'un point de vue formel, la méthode dialectique en science consiste à formuler un problème quelconque à partir duquel est élaboré une réponse ou des réponses de type 1 (ce sont les premières approches de résolution du problème en question) ; c'est le groupe de la thèse. A côté de ce premier groupe de solution est élaboré une seconde réponse de type 2 ; c'est le groupe de solution de l'antithèse. Ce second groupe a pour vocation de contredire le premier groupe par l'apport de contre-hypothèses, contre-exemples, contre-arguments. De ces deux groupes de réponses, il ressort un résultat par confrontation des deux groupes : la solution du problème. Il s'agit d'une infirmation ou d'une confirmation de l'une des réponses ou des deux à la fois. Le deuxième niveau de la réponse, c'est l'englobement de l'une par l'autre. Ainsi, la méthode dialectique est essentiellement une méthode critique, en ce sens qu'elle procède par confrontation d'hypothèses ou de théories opposées. Une théorie avancée n'est pas systématiquement acceptée comme un axiome, même si on démontre son caractère vrai par des tests empiriques spécifiques. Accepter systématiquement une hypothèse, c'est la considérer d'emblée comme vraie, irréfutable ; et tous les tests mis en place visent essentiellement à montrer que la thèse est vraie.

[332] Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, Paris, PUF « Quadrige », 2012, p.136.

La méthode dialectique procède à l'inverse, elle consiste à nier, à réfuter et à rejeter. Aucune hypothèse n'est systématiquement acceptée, même après des tests empiriques victorieux. Elle est toujours opposée, confrontée à d'autres hypothèses. De plus, cette démarche dialectique expose des limites, des insuffisances, les erreurs que renferme l'hypothèse de type 1. À cet égard, la dialectique scientifique ne vise pas seulement à rejeter pour rejeter, à critiquer pour critiquer, mais elle vise plutôt à construire ou à reconstruire le savoir ou encore à élaborer un savoir nouveau. Dialectiser une notion scientifique, c'est montrer les aspects différents, voire opposés que contient cette notion. La science procède dialectiquement, dans la mesure où une hypothèse avancée est niée par la confrontation avec une hypothèse contraire ou opposée. Il ne s'agit pas d'une démarche spécifique, mais d'une procédure globale dans la communauté des savants. Ce n'est pas un procédé spécifique d'un savant isolé, qui fait avancer la science, mais une procédure globale de recherche. Mais, selon Bachelard, la démarche dialectique n'est pas la seule procédure de la science.

II-3- La démarche psychanalytique en science

Au-delà de la démarche dialectique, Bachelard montre que la science fait usage d'une certaine démarche psychanalytique. En quoi cette démarche consiste-t-elle ? Tout d'abord, commençons par faire une brève distinction entre la psychanalyse classique et la psychanalyse de la connaissance objective. La psychanalyse de la connaissance objective est une réorientation de la psychanalyse classique vers des objets de connaissance. Pour rompre avec les obstacles épistémologiques qui interviennent dans l'élaboration ou l'acquisition de la connaissance scientifique, Bachelard pense qu'il faut opérer une psychanalyse de la connaissance objective. C'est une analyse ou une pratique qui consiste à déceler et à rompre avec les entraves de la connaissance scientifique par une sorte de catharsis intellectuelle et affective, mais aussi par une surveillance intellectuelle de soi. C'est donc une réforme de la pensée. Le savant doit ainsi faire usage de la psychanalyse de la connaissance objective dans l'élaboration de la connaissance scientifique. Car la connaissance scientifique est une connaissance qui renferme toujours une part d'ombre. Et c'est en la surmontant qu'on parvient à une connaissance objective, rationnelle ou nouvelle.

D'après Lalande catharsis signifie « purification, évacuation ou […] purgation[333] ». Ces trois termes au-delà de leur différence évoquent communément une même réalité bien évidente : l'action qui consiste à faire sortir quelque chose de négatif de quelque chose qui à terme la rend meilleure ou saine. En psychanalyse classique, il s'agissait d'enlever du psychisme par le rappel à la conscience tous les désirs ou idées ou encore souvenirs enfouis dans l'inconscient qui causent des troubles physiques ou mentaux. Par catharsis intellectuelle et affective, Bachelard désigne une libération de l'esprit et de la science de tout ce qui est dans la connaissance présente, et qui bloque le progrès intellectuel ou scientifique, c'est-à-dire ce qui empêche l'accès à une connaissance nouvelle, objective et rationnelle. Cette opération est intellectuelle et affective, parce qu'il s'agit d'opérer une rupture avec les connaissances antérieures (les idées sclérosées) et « l'adhésion passionnée à des intuitions sensibles[334] » que le savant prend comme des acquis. C'est dire qu'elle s'attaque aux concepts, aux représentations que l'homme de science se fait sur le monde.

Cette catharsis prend en charge l'examen de la connaissance scientifique, particulièrement de tout concept, image, habitude intellectuelle qui ralentit le progrès de la science. C'est-à-dire l'apparition de nouvelles connaissances ou découvertes qui modifient profondément nos schèmes intellectuels et notre approche du monde. « On connaît, dit Bachelard, contre une con-

[333]André LALANDE, *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, Paris, Quadrige/PUF, p.126.
[334]BACHELARD cité par Lena Soler, *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipse, 2000, p.168.

naissance antérieure, en détruisant les connaissances mal faites, en surmontant ce qui dans l'esprit même fait obstacle à la spiritualisation[335] ». Autrement dit, l'acquisition de la connaissance scientifique doit toujours commencer par un questionnement ou une remise en cause décisive et active, c'est-à-dire par un renversement des anciennes certitudes, des anciennes réponses et acquis affectionnés par l'homme de science qui ne conduisent pas à la connaissance objective des phénomènes. C'est pourquoi « toute culture scientifique doit commencer par une catharsis intellectuelle et affective[336] ». A travers cette affirmation, Bachelard montre que la connaissance scientifique commence obligatoire par le fait d'ôter de la science tout ce qui trouble ou fait obstacle à son développement rationnel Cette catharsis apparaît non seulement comme une destruction initiale, mais aussi comme une reconstruction du savoir, dans la mesure où elle consiste d'abord à déceler et à détruire les obstacles épistémologiques contenus dans la connaissance actuelle et par la suite reconstruire un savoir nouveau sur la base des cendres de l'ancien.

C'est pourquoi il faut d'abord « détruire pour créer[337] ». Il s'agit d'extirper de la science de toutes les connaissances mal faites, à savoir les idées premières, images stéréotypées ou les démarches pour élaborer une connaissance scientifique objective. A ce titre, pour Bachelard, l'*Histoire naturelle* de Buffon (1707-1788) zoologiste et naturaliste français du Siècle des Lumières, pourrait être relue : si on la regarde avec les yeux de l'empirisme naïf, alors il est clair qu'on la prendra pour une connaissance objective[338]. Mais si on la regarde avec les yeux du rationalisme ouvert, alors on se rendra bien compte qu'elle trahit elle-même les intuitions premières à noyau subjectif de son auteur. En effet la hiérarchie qu'il établit entre les animaux est une connaissance erronée ou mal faite puisqu'il n'y a aucun critère objectif, c'est-à-dire rien de biologique qui prouve la supériorité du lion parmi les animaux. On peut même encore poser le problème autrement : est-ce-que cette hiérarchie nous permet de comprendre l'essence des animaux ? N'est-ce pas là une manière pragmatique d'étudier les animaux ? Cela est aussi patent dans l'histoire des sciences physiques. Cette hiérarchie est « précisément le type de ces données immédiates que la pensée scientifique nouvelle doit reconstruire [339]». Du coup, la tâche première de l'homme de science est de psychanalyser la connaissance scientifique, de reconstruire continuellement le savoir.

Ainsi, « on ne peut se prévaloir d'un esprit scientifique tant qu'on n'est pas assuré, à tous les moments de la vie pensive, de reconstruire son savoir[340] ». En d'autres termes, celui

[335] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.16.
[336] *Ibid.*, p.21.
[337] Gaston BACHELARD, *La terre et les rêves de la volonté*, Paris, Vrin, 1965, p.48.
[338] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.45.
[339] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, Quadrige/PUF, 2009, p.75.
[340] Gaston BACHELARD, *Op Cit.*, p.10.

qui prétend avoir l'esprit scientifique, c'est celui qui est animé par la remise en cause permanente de ce qu'il croit connaître sur le monde. Il ne prend pas pour acquis définitif ce qu'il sait. C'est dire qu'il ne se complait pas d'un conservatisme théorique. Il fait passer à chaque fois son savoir au crible de la raison. Cela veut dire que la connaissance scientifique est une connaissance qui s'actualise toujours. Car en science il n'y a pas de vérité absolue. Les nouvelles découvertes viennent souvent remettre en cause les anciennes. C'est dans cette optique que l'auteur du *Matérialisme rationnel* affirme : « tout savoir doit être à tout moment reconstruit[341] ». Cela veut dire que la psychanalyse de la connaissance objective est aussi une émergence du savoir, essentiellement une élaboration d'une connaissance nouvelle.

La catharsis intellectuelle et affective se fait en trois étapes à savoir : déceler, rompre et reconstruire. Par le questionnement et la critique, l'homme de science doit d'abord déceler les obstacles épistémologiques contenus dans la connaissance scientifique présente. Ensuite, il pourra procéder à leur destruction en les rejetant. En d'autres termes, il ne fait plus usage de ces concepts dans sa recherche. Cela suppose donc une mise à plat de tout son savoir, de ce qu'il pensait connaître objectivement sur le monde. Sur ce soubassement il peut enfin bâtir de nouvelles connaissances rationnelles et objectives. Il peut ainsi parvenir à des connaissances inédites, jamais envisagées. Le questionnement est à la base de toute connaissance scientifique. Ainsi, une connaissance questionnée est libérée des ténèbres, c'est-à-dire des faussetés, des erreurs et des approximations. Car la connaissance non questionnée cache toujours une masse d'inconnue que seule la critique ou le questionnement peut déceler et rectifier. C'est pourquoi il faut de façon permanente une surveillance intellectuelle de soi, laquelle consiste à veiller sur sa pensée. C'est à ce stade qu'on peut identifier ses propres erreurs puisqu'« en veillant toujours sur son secret, l'inconscient finit par désigner l'endroit où il se cache[342] ». Lorsqu'on ne laisse pas transparaître toute sa pensée, vient un moment où elle se manifeste d'elle avec toutes les ombres qu'elle contient. Cela n'est possible que lorsqu'on acquiert la capacité de pourvoir cacher et exposer sa pensée à chaque fois.

III- CONVERGENCES ET DIVERGENCES

Lorsqu'on aborde la question de méthode scientifique deux positions s'opposent foncièrement, à savoir les partisans de la seule déduction d'un côté et les partisans de la seule induction de l'autre. Cependant, au regard de l'épistémologie bachelardienne et poppérienne,

[341] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.10.
[342] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué*, Paris, Quadrige/PUF, 1998, p.69.

ces deux groupes pris séparément traduisent une image tronquée de la science, de sa démarche, de ses finalités et de ses valeurs.

III-1- La démarche scientifique entre déduction et induction

Bachelard et Popper montrent que la science ne procède ni exclusivement par déduction ni exclusivement par induction. Ainsi, l'association de leurs pensées permet de voir que la méthode scientifique est une démarche hypothético-déductive ou une démarche déductivo-inductive. Cela peut nous paraître contradictoire quand on connait la pensée poppérienne, car celle-ci présente l'induction comme un mythe[343]. De plus, cette contradiction pourrait se voir dans la terminologie hypothético-déductive. Certes Popper est un partisan de la déduction, mais il n'exclut pas le fait que la science fait usage de l'induction.

Le raisonnement inductif peut être présent dans l'activité scientifique. Certaines façons de procéder font intervenir ce type de raisonnement, même si cela ne veut pas dire que la science s'appuie rigoureusement sur ce qu'on appelle la méthode inductive. Car l'induction ne peut conduire sûrement aux lois ou aux théories, parce qu'elle risquerait de tomber dans l'erreur. C'est dans cette perspective que Popper accorde une certaine importance à la démarche inductive en science : « C'est une démarche valable non parce qu'elle connaît des réussites, ni davantage parce qu'elle nous dit qu'elle est fiable ni que sais-je encore, mais parce qu'elle nous dit qu'elle mène inéluctablement à l'erreur, et suscite ainsi en nous la conscience de la nécessité de rechercher ces erreurs, afin de les éliminer [344]». Pour Popper, au contraire, la science procède par la méthode critique, la méthode d'essai et d'erreur, la méthode des conjectures et des réfutations. Cette méthode est une démarche hypothético-déductive. Elle consiste à formuler une hypothèse et à en tirer des implications soumises à la critique. Cette critique conduit soit à un rejet soit à une acceptation provisoire de cette implication. Ainsi, la démarche hypothético-déductive peut paraître exclusivement déductive si on se limite seulement à la formulation de l'hypothèse. Cependant, la formulation de l'hypothèse ne se fait pas *ex nihilo* ; il y a un tas de choses qui interviennent initialement dans la formulation d'une hypothèse. Or cette formulation peut se faire par généralisation ou induction. C'est souvent l'apparition d'un problème particulier intéressant qui conduit le plus souvent à la formulation d'une hypothèse ou d'une théorie.

Dans La valeur inductive de la relativité Bachelard montre que l'induction occupe une place importante dans l'activité scientifique. Il définit l'induction comme une sorte de généralisation. Autrement dit, la démarche inductive consiste à englober une théorie dans une nouvelle théorie ayant un degré d'universalité plus grande. Le remplacement d'une théorie par une autre signifie que la nouvelle est une généralisation de l'ancienne au sens où elle inclut cette dernière

[343] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1976), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.208.
[344] Karl POPPER, *Ibid*., p.209.

tout en expliquant des nouveaux phénomènes, comme c'est le cas de la Relativité par rapport à la mécanique newtonienne : « on a coutume de dire que le système de Newton représente la première approximation de notre connaissance mécanique des phénomènes de la gravitation alors que le système d'Einstein réalise une connaissance plus poussée, plus fine, plus complète, qui retrouve d'ailleurs les résultats newtonien par le jeu normal de simplifications numériques[345] ». C'est pourquoi en associant la pensée bachelardienne de la généralisation inductive à la pensée poppérienne, on pourrait prétendre que la science procède à la fois par déduction et par induction[346]. En effet la généralisation peut partir des théories antérieures pour aller vers une théorie plus étendue. C'est dire que la nouvelle théorie généralisante peut conduire à des extensions successives, c'est-à-dire à des implications singulières. Il s'agit des différentes « possibilités amplificatrices d'une théorie ». C'est, par exemple, le processus qui fait passer la relativité restreinte à la relativité « générale ».

III- 2- Les finalités de la science empirique

Parler du but de la science n'est pas quelque chose d'inutile, car la science est une activité rationnelle, et toute activité rationnelle a toujours une finalité nous dit Popper. C'est dans ce sens que qu'il affirme : « lorsque nous parlons de la science, nous avons bien, semble-t-il, le sentiment plus ou moins clair que l'activité scientifique a quelque chose de spécifique ; or puisque cette activité a tout l'air d'être rationnelle, et qu'une activité rationnelle doit avoir une fin, il n'est pas dit que tenter d'expliciter le but de la science soit une entreprise entièrement futile [347]». Il est nécessaire de réfléchir sur le but de science, parce que cela conduit au fond à s'interroger sur le problème de la méthode scientifique, de comment procède la science. À la question de savoir quelle finalité peut avoir la pratique scientifique, Popper répond que « le but de la science est de découvrir des explications satisfaisantes de tout ce qui nous étonne et paraît exiger une explication [348]». Cela signifie que la pratique scientifique ne vise pas seulement à donner des explications de tout ordre, mais qu'elle vise à produire des explications qui soient satisfaisantes, acceptables et qui tendent à s'imposer à tous, à cause de son caractère plus ou moins objectif.

Dès lors, l'activité scientifique a pour but de produire les explications qui rendent compte des phénomènes de façon approchée : qui se rapprochent avec plus de précision de la

[345] Gaston BACHELARD, *La valeur inductive de la relativité* (1929), Paris, Vrin, 2014, p.69.
[346] Popper, en rejetant radicalement l'induction, exclut la généralisation de l'activité scientifique. Ainsi, il fait un parti pris de ne pas examiner le passage de la relativité restreinte à la relativité générale. Alors que Bachelard examine en profondeur cette question.
[347] Karl POPPER (1983), *Le réalisme et la science*, Paris, Hermann, 1990, p. 152.
[348] Karl POPPER *Ibid*., p.152.

réalité des phénomènes étudiés, selon une certaine manière de procéder. Et une explication satisfaisante est une explication causale, c'est-à-dire « un ensemble d'énoncés dont l'un décrit l'état de chose à expliquer (l'*explicandum*) alors que les autres, les énoncés explicatifs forment l'explication au sens strict du terme (l'*explicans* de l'*explicandum*)[349] ». L'*explicandum* est toujours supposé vrai, existant et non imaginaire. Dans ce cas, l'*explicans* doit être découvert, recherché et trouvé. Il s'agit de partir du connu pour aller vers l'inconnu. L'*explicans* n'est pas souvent connu de prime abord, il faut le trouver à partir de l'*explicandum* qui est toujours connu *a priori*. Ainsi, pour que l'*explicans* ou l'explication stricte soit satisfaisants il faut qu'ils remplisse certaines conditions, à savoir l'implication logique de l'*explicandum* et la nécessité d'être vrai. En effet, l'explication doit contenir la chose à expliquer, dans la mesure où ce que l'explicans mentionne n'est rien d'autre qu'une certaine façon de rendre compte de l'explicandum. Dans cette condition, l'explicans ne doit pas être considéré comme faux ou imaginaire, mais existant réellement, puisqu'il découle directement de la chose à expliquer supposée toujours vraie. Par ailleurs, « s'il n'est pas établi qu'il est vrai, comme ce sera le cas en général, il doit exister des données indépendantes en sa faveur [350]». L'explication que la science semble exiger, est celle qui rend compte de l'*explicandum* avec plus de précision ; ce qui renvoie à une question de degré. Popper illustre cette idée de degré en faisant une distinction claire entre les explications satisfaisantes et les explications non satisfaisantes en se référant à l'histoire des sciences.

Conclusion

Il n'est pas aisé de faire un croisement pertinent entre la pensée poppérienne et la pensée bachelardienne sur le sens de la démarche scientifique. Il est vrai que les deux auteurs ont des approches différentes. On pourrait recenser plusieurs problèmes qui les opposent clairement. Le statut de l'induction est sans doute le principal. Bachelard accorde clairement une valeur à l'induction. Son livre *La valeur inductive de la relativité* le montre avec évidence, même s'il lui donne un sens bien particulier. Dans cet ouvrage, qui fait partie de ses premiers écris, Bachelard déploie une énergie inouïe pour montrer que la théorie de la relativité a une dimension inductive. La théorie d'Einstein a naturellement un caractère général[351]. Elle s'applique à plusieurs champs de phénomènes. Alors que Popper, depuis le début de son œuvre, rejette l'induction. Selon lui, l'induction ne relève pas strictement de la démarche scientifique. On a même envie de dire que la réflexion poppérienne prend don point de départ dans la critique de la

[349] Karl POPPER *Op cit*., p. 152.
[350] Karl POPPER *Ibid*., p.152.
[351] On distingue deux types de généralisation : une généralisation par le bas et une généralisation par le haut. Ces généralisations ne visent pas à fonder la science, mais à l'expliquer seulement.

démarche inductive. Dans *La logique de la découverte scientifique*, Popper commence par examiner le problème de l'induction, c'est-à-dire celui de l'analyse des méthodes des sciences empiriques. Dans ce livre, il dit clairement qu'il combat l'idée selon laquelle les sciences empiriques se distinguent par la méthode inductive, c'est-à-dire l'inférence consistant à tirer les énoncés universelles ou les théories des énoncés particuliers.

Ce qui nous intéresse ici, ce n'est pas simplement de présenter les accords et les désaccords entre les deux penseurs, mais plutôt la manière dont ils élaborent une conception dynamique d'enseignement de la science tributaire de leur conception de la démarche scientifique. Pour nos deux auteurs, la science procède véritablement par la démarche hypothético-déductive empirique. Celle-ci consiste toujours à partir d'un problème fructueux, à partir duquel on formule une hypothèse de laquelle on tire des énoncés particuliers (des solutions provisoires). Cette démarche est essentiellement critique, dans la mesure où il s'agit d'une confrontation entre différentes hypothèses, entre différentes solutions avancées, afin de trouver la meilleure solution, c'est-à-dire celle qui répond de façon satisfaisante au problème posé. Les expériences ou l'expérimentation servent simplement à trancher parmi les différentes hypothèses évoquées. Il s'agit d'une méthode visant à corriger l'erreur. Or la correction de l'erreur est par nature pédagogique : apprendre de ses erreurs pour accéder au savoir vrai. Cela implique que l'apprentissage par l'erreur est une meilleure manière de transmettre et d'accéder véritablement à la science, parce que cet apprentissage est conforme à la pratique effective de l'activité scientifique. L'erreur apparait ici comme le trait d'union entre la falsification et la rectification dans l'enseignement. Autrement dit, l'erreur est primordiale dans l'enseignement de la science. Elle assure et montre qu'on est toujours en quête du bon chemin conduisant à la vérité.

Nous pouvons alors conclure que Popper et Bachelard ne donnent pas le même sens à l'induction. Leurs sensibilités ne sont pas identiques. Le premier cherche à montrer les insuffisances de l'induction : son incapacité à produire une loi ou une théorie, qui sont par essence universelle, sur la seule base de l'observation des cas particuliers. Alors que le second cherche à montrer l'importance de l'induction : le fait qu'une loi ou une théorie peut regrouper plusieurs phénomènes à expliquer. Bachelard ne cherche pas à fonder une loi ou une théorie sur des cas particuliers. Popper se situe est préoccupé par le problème des fondements, alors que Bachelard est plutôt dans l'explication. Par conséquent, ils ne traitent pas la même manière l'induction : Popper analyse le problème du fondement des inférences inductives, alors que Bachelard traite la question de l'explication des inférences inductives. En réalité, leurs approches convergent vers la définition d'une pédagogie de l'erreur, laquelle constitue sans aucun doute une meilleure façon d'enseigner et de faire apprendre les savoirs, parce qu'elle ne fait pas de l'erreur une

fatalité mais une condition nécessaire de tout apprentissage, particulièrement des savoirs scientifiques. Apprendre par erreur c'est mettre l'esprit toujours en quête de connaissance. L'élan spirituel ne s'arrête pas malgré les difficultés rencontrées ; c'est une condition pour un enseignement apaisé.

CHAPITRE VI : LES CONCEPTIONS BACHELARDIENNE ET POPPERIENNE DU PROGRES SCIENTIFIQUE

Introduction

Au chapitre précédent nous avons vu que, malgré quelques points de désaccord clairs, Bachelard et Popper convergent vers une conception dialectico-critique de la démarche scientifique. Ici, nous voulons essentiellement analyser leurs conceptions de l'évolution de la science. Comprendre la nature de l'activité scientifique, c'est aussi saisir comment la science progresse effectivement.

L'étude du rapprochement entre Bachelard et Popper renferme plusieurs difficultés. En effet, les deux auteurs appartiennent à deux traditions épistémologiques différentes où les conceptions des études philosophiques sur la science ne sont pas les mêmes. Dans la tradition anglo-saxonne, l'analyse de la science ne met pas généralement l'accent sur l'historicité des sciences, du moins à l'époque de Popper. En revanche, dans la tradition française, l'histoire est une méthodologie d'analyse de la science, notamment des études de Bachelard et certains de ses prédécesseurs. Ces clivages sont-ils insurmontables ? Comment alors proposer une ligne de comparaison entre eux ? Leurs conceptions du progrès scientifiques sont-elles continuistes ou discontinuistes ? Les conséquences épistémologiques de leurs conceptions peuvent-elles servir de fondement à un enseignement critique des sciences ?

Si on examine ces deux auteurs, en dehors des tendances générales de leurs traditions respectives, alors on se rendra compte certainement des lignes de continuité effectives dans leurs pensées[352]. Telle est l'hypothèse que nous voulons analyser dans ce présent chapitre, à travers le concept de la dynamique de la science, en passant par une étude poussée de la spécificité de leurs conceptions du progrès de la science.

[352] Jean-Claude BEAUNE, « Bachelard et Popper, deux ennemis intimes : obstacles épistémologiques et falsifiabilité », *Bachelard : confiance raisonnée et défiance rationnelle*, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, 2006, p.47-68.

I – CONCEPTION DYNAMIQUE DU PROGRES SCIENTIFIQUE

Jusque dans la première moitié du XXe siècle, prévalait une certaine conception cumulative des connaissances scientifiques en France comme en Autriche. Parallèlement, Popper et Bachelard développent respectivement des conceptions qui vont à l'encontre de la conception linéaire du progrès scientifique. Ils conçoivent une évolution dynamique de la science. Conception qui semble actuellement admise dans la recherche, mais qui peine toujours à pénétrer le monde de l'enseignement[353]. Revenir sur les conceptions bachelardienne et poppérienne du progrès scientifique apparaît alors comme une nécessité épistémologique pour l'enseignement de la science, comme nous le verrons en détail dans les trois derniers chapitres de notre étude. Comment se caractérise la conception poppérienne du progrès scientifique ? Qu'en est-il de celle de Bachelard ?

I-1 La conception poppérienne du progrès scientifique

Dans la pensée poppérienne la notion de progrès se comprend à travers trois concepts essentiels, à savoir l'idée de vérité, de savoir acquis et de conditions nécessaires du progrès[354].

I-1.1 Le progrès scientifique comme quête de la vérité objective

Popper commence par critiquer l'idée de transformation. Il considère que le progrès n'est pas une simple transformation, car celle-ci suppose que rien ne se perd[355]. Le changement opéré concerne seulement le contenant et non le contenu. Dans un processus de transformation ce qui est au début se retrouve toujours à la fin. La chose transformée demeure la même, bien que son apparence change. Ainsi perçue, la transformation conduit à une idée non satisfaisante du progrès qui porte sur deux éléments tels que l'« agrandissement d'une structure originelle » et les « différentiations et intégrations successives ». Ces deux caractéristiques de la notion faible du progrès impliquent l'idée d'une accumulation des connaissances. Or l'accumulation ne signifie pas nécessairement l'apport de quelque chose de nouveau et surtout de meilleure. C'est ainsi qu'on peut comprendre cette célèbre citation apocryphe « rien ne se perd, tout se

[353] Fanny MBOUI NGUEMA, « Bachelard et Popper : modèles du changement scientifique et conceptions du progrès », thèse de doctorat, Université Montpellier 3, 2009, dir. Anastasios BRENNER.

[354] L'idée de progrès signifie en général un mouvement évolutif, une transformation méliorative. Ce qui sous-entend souvent une accumulation de nouvelles connaissances positives. En science, l'idée de progrès renvoie aussi à cette idée générale du progrès. Autrement dit, le progrès scientifique renvoie généralement à l'idée d'une amélioration des connaissances scientifiques, c'est-à-dire « une évolution vers un mieux ». Ce qui signifie que la théorie se caractérise par une efficacité prédictive, une meilleure approximation de la vérité et des exigences esthétiques. Ainsi, le progrès scientifique est perçu comme une augmentation des connaissances scientifiques par accumulation. Or, dans la même perspective de la logique de la découverte scientifique, Popper décrit le progrès scientifique en terme falsificationniste. Certes, il retient les caractéristiques qui déterminent le progrès scientifique, mais il pense que ce progrès ne se fait pas par accumulation des connaissances, plutôt par réfutation des théories. En d'autres termes, la croissance du savoir scientifique se fait par conjectures et réfutations, essai et erreur.

[355] Karl R. POPPER, *Conjectures et réfutations*, Paris, Payot, 1985, p.321.

transforme [356]» attribuée au célèbre chimiste français Lavoisier. Il voulait dire que dans une réaction chimique aucun corps (substance) ne disparait (n'est détruit). Il n'y a rien dans l'élément *A* qui ne soit dans l'élément *B* ; en clair c'est un même élément *C* qui se développe à travers les différentes étapes successives (*A* et *B*). Par conséquent, il n'y a rien de nouveau et de mieux qui se crée véritablement.

Pour Popper, le progrès renvoie à un mouvement continu vers un mieux. C'est pourquoi la science est le seul domaine où l'on peut parler « sans ambigüité et de manière pertinente de progrès [357]» parce que c'est la seule activité humaine où les « erreurs soient systématiquement critiquées et avec le temps, rectifiées ». En d'autres termes, Popper veut dire qu'il n'y a pas de progrès sans la correction de l'erreur. En effet, l'erreur a une valeur heuristique : elle montre qu'il y a quelque chose qu'on peut perdre (par exemple une hypothèse ou une théorie) et être remplacée par une meilleure. Le progrès scientifique renvoie donc à la recherche de meilleures théories.

Le développement dont parle Popper n'est pas une simple accumulation des observations mais « l'élimination réitérée de théories scientifiques remplacées par des théories meilleures ou plus importantes ». En fait la science progresse, dans la mesure où il y a une concurrence entre les théories. Parmi les théories existantes, les savants choisissent la plus satisfaisante par le moyen de la testabilité consistant à réfuter, c'est-à-dire à soumettre les théories à l'épreuve de l'expérience dans le but de rejeter celles qui sont non satisfaisantes[358]. Mais, qu'est-ce qu'une théorie satisfaisante ou la théorie la plus satisfaisante ?

Il y a progrès lorsque les savants parviennent à trouver la théorie la plus satisfaisante. Cette satisfiabilité se juge à partir d'un critère de progrès simple et intuitif : l'assujettissement à des tests cruciaux et au contenu empirique. En effet, la théorie satisfaisante ou préférable est celle qui passe avec succès les tests empiriques cruciaux visant à la réfuter. Si elle résiste, alors elle n'est pas rejetée mais corroborée par l'expérience. Son contenu empirique transcende celui de ses concurrentes ou devancières. La théorie qui constitue un véritable progrès est celle qui résiste à la falsifiabilité et dont le contenu informatif est le plus élevé. Dans *Conjectures et réfutations* Popper écrit : « la théorie qu'il faut préférer, selon un tel critère est celle qui en dit le plus, c'est-à-dire celle qui contient la plus grande masse d'informations empiriques […]. En un mot, notre préférence va aux théories intéressantes, audacieuses et dont le degré d'information est élevé qu'à des théories triviales [359]». Une telle théorie explique plus et mieux des phénomènes inédits que ses devancières ou ses concurrentes. De ce fait, cette théorie peut être plus

[356] Antoine LAVOISIER, *Traité élémentaire de chimie*, Paris, Cuchet, 1789, p. 140–141
[357] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.321.
[358] Karl R. POPPER, *Ibid*., p.319.
[359] Karl R. POPPER, *Ibid.*, p.322.

sévèrement testée que les autres. C'est le cas de la théorie newtonienne par rapport à celle de Kepler et de Galilée[360]. A cet égard, on pourrait penser que le progrès scientifique s'effectue de théories en théories. C'est par l'élaboration des théories de plus en plus satisfaisantes que la science progresse. Ainsi, la recherche de « système déductifs plus perfectionnés » (les meilleures théories) apparait comme la tâche primordiale du savant. Cependant, Popper n'est pas de cet avis. Il montre que, si la science progresse, ce n'est pas en raison de la recherche des meilleures théories. En d'autres termes, la recherche des théories n'est pas primordiale, parce que l'élaboration des théories part toujours d'un problème. Celui-ci est à la base de toute recherche. La recherche de la meilleure théorie est toujours liée à la résolution d'un problème intéressant. Le problème est donc antérieur à la théorie. C'est la formulation ou la découverte des problèmes qui pousse le savant à rechercher une théorie, une théorie qui puisse donner une réponse adéquate au problème formulé. En cela, Popper avance ce qui suit :

> Il convient de se représenter la science comme une démarche qui progresse à travers la formulation de différents problèmes pour en venir à des problèmes toujours plus fondamentaux. En effet, les théories scientifiques – qui visent l'explication – ne sont rien d'autres que des tentatives pour résoudre des problèmes scientifiques, c'est – à - dire des problèmes liés à la découverte d'explications […]. Les savants se proposent toujours de manière explicite de résoudre les problèmes en élaborant des théories qui permettront de leur apporter des solutions : en expliquant, par exemple, des observations inattendues qui demeuraient inexpliquées. Mais toute théorie inédite qui présente un intérêt réel donne naissance à des problèmes nouveaux : problèmes de compatibilité, de définition d'une procédure permettant d'effectuer des tests d'observation nouveaux que l'on n'avait pas encore imaginés[361].

A travers ces propos, Popper montre clairement que ce qui est au commencement de la science, c'est le problème scientifique et non la théorie. Celle-ci est élaborée par le savant dans l'optique d'apporter une solution au problème. Si la science venait à s'arrêter, par exemple un pan d'une recherche quelconque en mécanique, ce ne serait pas à cause de la non-existence des problèmes, mais du fait que ceux-ci ne seraient pas découverts ou formulés par le savant. La formulation des problèmes conduit toujours vers des problèmes nouveaux plus fondamentaux. Les solutions apportées donnent souvent lieu à des problèmes nouveaux. Ce qui conduit à l'élaboration de nouvelles théories et ainsi de suite. C'est pourquoi, à travers ce processus, on ne peut qu'apprendre des choses nouvelles sur le monde par les théories ; la croissance du savoir scientifique ne peut que continuer. Dans cette perspective les expérimentations et les observations ne viennent qu'après coup, dans la mesure où leur but est de soumettre les théories à la réfutation afin de trouver la théorie la plus intéressante, celle qui apporte une véritable solution au problème.

Ainsi, pour Popper : « c'est pour tester les théories, les théories nouvelles en particulier, que nous avons soigneusement mis au point les expérimentations et les observations les plus

[360] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.326.
[361] Karl R. POPPER, *Ibid.*, p.329.

intéressantes [362]». Les savants font des expérimentations et des observations simplement pour voir si les théories sont véritablement des solutions sérieuses aux problèmes qu'elles tentent de résoudre. La science progresse parce que fondamentalement et primordialement, il y a formulation ou découverte de problèmes scientifiques. Lorsqu'on affirme que la science progresse de problème en problème, et que les théories scientifiques sont des tentatives sérieuses de résolution de ces problèmes, il y a en arrière-plan une certaine idée de la vérité. Autrement dit, le progrès scientifique a un sens parce que la science vise la vérité. Les théories ne sont pas de purs instruments fantaisistes pour satisfaire à notre curiosité. Elles sont élaborées pour accéder à la vérité. A cet égard, la vérité se présente comme un principe régulateur qui permet de juger si telle ou telle théorie constitue un véritable progrès par rapport à ses concurrentes ou devancières. Dans cette perspective, le progrès consiste à se rapprocher de plus en plus de la vérité. Il s'agit précisément de la vérité objective et de la vérissimilarité. Qu'est-ce cela signifie en réalité ?

Selon Popper, la vérité objective est un critère de qualité et une norme. Dans le premier cas (la qualité), la théorie doit être vraie, c'est-à-dire porter sur la réalité, les faits réels. Dans le second cas (la norme), il s'agit d'une hypothèse fondamentale que doit suivre ou viser la théorie. Par exemple, « l'idée même de l'erreur – ou de notre faillibilité – implique l'idée de la vérité en tant que norme qui ne sera nécessairement pas atteinte (c'est en ce sens que la vérité est une idée régulatrice) [363]». Lorsque le savant élabore une théorie, intuitivement, il fait référence à une certaine théorie objective de la vérité, à savoir la vérité des théories scientifiques en tant que correspondance avec les faits. Ce qu'on demande à une meilleure théorie, c'est d'être une meilleure correspondance avec les faits réels ou empiriques. C'est seulement à cette condition qu'on peut véritablement juger s'il y a progrès scientifique ou pas. Toute théorie remplissant cette condition constitue un véritable progrès par rapport à celles qui sont rejetées. Elle s'accorde mieux avec les faits, contrairement à ses concurrents ou devancières.

Par conséquent, elle explique mieux, c'est-à-dire plus complètement. C'est ainsi qu'il y a véritablement progrès scientifique. Cependant, la vérité objective ne dépend pas du sujet. Elle est en dehors de lui, car elle porte sur les faits qui existent indépendamment de lui. La correspondance ou l'accord avec les faits ne relève pas de ce que le sujet doit admettre ou pas. Alors que la vérité subjective dépend entièrement de ce que le sujet admet ou pas ; il s'agit de sa croyance : la vérité c'est ce que croit le sujet ou le savant. Cette conception de la vérité a prévalu très longtemps dans l'histoire de la philosophie des sciences et la théorie de la connaissance, notamment chez des penseurs comme Descartes, Kant, Wittgenstein, Schlick, etc. La théorie

[362] Karl R. POPPER, *Op ci.*, p.320.
[363] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.339.

de la vérité objective était devenue suspecte. Mais les travaux de Tarski vont redonner à cette théorie toute sa portée épistémologique et gnoséologique. C'est dans ce sens que Popper affirme dans *Conjectures et réfutation* :

> « L'apport le plus décisif de ce théoricien (Tarski) et l'intérêt véritable que représente sa théorie pour la philosophie des sciences empiriques réside dans la réhabilitation de la théorie de la vérité objective ou absolue comme correspondance qui était devenue suspecte. Il a en effet revendiqué le libre usage de la notion intuitive de vérité comme accord avec les faits [364]».

La théorie de la vérité objective avait fait l'objet d'un rejet avant les travaux de Tarski. Grâce à la théorie tarskienne (bien qu'elle soit d'ordre logique), la vérité objective va être rétablie, surtout en science où elle renvoie à l'adéquation (correspondance) entre la théorie et les faits qu'elle prétend décrire ou expliquer. La théorie tarskienne permet de comprendre la correspondance avec les faits. Autrement dit, elle explique les conditions dans lesquelles un énoncé ou une théorie peut se trouver correspondre avec les faits et donc être vraie. A cet égard, cette théorie constitue une véritable approche de la vérité objective. En effet, pour Tarski, il est possible d'expliquer la vérité objective d'un énoncé (ou d'une théorie) en se référant à deux notions fondamentales : le métalangage et le langage-objet. Le métalangage (sémantique) permet de voir si le langage-objet (syntaxe) correspond effectivement aux faits, dans la mesure où le métalangage porte sur le sens des entités exprimés par l'assertion ou la théorie, c'est-à-dire les énoncés et les faits auxquels ils se réfèrent.

A cet effet, la théorie tarskienne définit la correspondance aux faits comme étant l'effectivité du rapport entre l'énoncé et les choses empiriques qu'il prétend décrire. Un énoncé correspond aux faits si et seulement si les entités qu'il décrit sont effectivement tels qu'il les décrit. Par exemple : « l'énoncé ou l'assertion la 'neige est blanche' correspond aux faits si et seulement si la neige est effectivement blanche [365]». Ainsi, le calcul logique de cette assertion permet, par la référentialisation et les tests empiriques, de voir si effectivement et empiriquement la neige est blanche. Si cette opération se trouve concluante, alors on dira que cet énoncé est vrai, car il correspond effectivement aux faits. Dans *Conjectures et réfutations*, Popper écrit :

> « L'élément décisif en effet dans cette découverte que pour parler de correspondance avec les faits […] il faut recourir à un métalangage qui permet de parler de deux choses : des énoncés et des réalités auxquelles ils renvoient (Tarski qualifie ce métalangage de sémantique, alors qu'un métalangage permettant de parler d'un langage-objet, mais non des faits auxquels celui fait référence est syntaxique) [366]».

Ce que Popper veut nous dire, c'est qu'au regard de la théorie tarskienne du métalangage, il est tout à fait possible de faire une distinction claire entre deux types de discours, afin de mieux

[364] Karl R. POPPER, , *Conjectures et réfutations,* Paris, Payot, 1985, p.321
[365] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.332.
[366] Karl R.POPPER, *Ibid.,* p.332.

comprendre la correspondance avec les faits : le sémantique et le syntaxique. Le premier identifie les faits véritables comme dans l'exemple sur la neige. Quant au second, il traite des pures entités linguistiques d'un point de vue logique, sans forcément s'intéresser à l'existence empirique effective des réalités auxquels il renvoie. On comprend donc que la vérité objective ou correspondance avec les faits ne dépend pas des affirmations ou des infirmations du sujet connaissant. Il s'agit d'un rapport métalogique entre la théorie et les faits. Par conséquent, la théorie tarskienne permet de voir, à travers l'application de la sémantique, parmi nos théories, celle qui constitue une meilleure correspondance avec les faits. C'est justement à partir de cette idée que Popper adapte la conception logique tarskienne de la vérité à ses propres réflexions épistémologiques. La théorie objective de la vérité permet de rendre compte de la réfutation par les faits, par le biais de la méthode critique, contrairement aux théories subjectives de la vérité qui « ont la curieuse propriété d'être irréfutables (en ce sens qu'elles parviennent trop aisément à se soustraire de la critique) [367]», dans la mesure où on peut toujours adapter la croyance rationnelle à l'état du monde, afin qu'ils y correspondent au sens de cohérence, d'évidence et d'utilité.

Selon Popper, les théories subjectives de la vérité sont au nombre de trois. Il s'agit de celles qui posent la vérité comme cohérence, comme évidence et comme utilité. Elles sont subjectives, dans la mesure où elles définissent la vérité comme étant la croyance vraie ou rationnelle, au sens où celle-ci serait bien fondée par le seul pouvoir du sujet. Ces théories subjectives représentent la vérité ou la connaissance comme une disposition mentale, c'est-à-dire ce que nous croyons ou pas, nos convictions, etc. ; « Toutes proclament, à quelque degré, que la vérité est ce que nous sommes fondés à croire ou admettre [368]». Il s'agit de la croyance bien fondée rationnellement, même si elle est toujours du ressort d'un sujet rationnel, débarrassée de toutes connaissances non fondées par la raison (ou par l'expérience). Dans ce cas, la vérité renvoie simplement à ce que nous pensons être vrai ou admettons de l'être : l'adéquation entre notre pensée et le monde qui peut être vérifié par des opérations logiques ou utilitaires. C'est justement là une difficulté majeure de ces théories subjectives. Elles semblent incapables de rendre compte du progrès scientifique, car elles ne peuvent pas expliquer la vérité comme correspondance avec les faits. Par contre, la théorie objective de la vérité assure le progrès scientifique, car elle pose la vérité comme ayant une existence objective, c'est-à-dire qu'elle se situé en dehors ce que ce nous pouvons croire ou affirmer au sujet des faits. Dans cette perspective, le progrès scientifique consiste à rechercher les théories vraies ou celles qui se rapprochent le plus de la vérité. Ainsi, les théories élaborées peuvent être réfutées parce qu'il peut toujours arriver qu'elles ne correspondent pas avec les faits. A cet égard, elles sont rejetées au lieu de chercher

[367] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.336.
[368] Karl R.POPPER, *Ibid.,* p.333.

des moyens pour les mettre forcément en accord avec les faits. C'est dans cette optique que Popper dit :

> « La théorie de la vérité objective […] nous autorise en effet à formuler des assertions comme celle-ci : une théorie peut fort bien être vraie alors même que personne n'y accorde foi et même s'il n'y a aucune raison de penser qu'elle le soit, et telle autre théorie pourra être fausse alors que nous avons d'assez bonnes raisons d'y souscrire [369]».

La souscription, c'est-à-dire l'acceptation ou l'adhésion à une théorie ne fait pas d'elle une vraie théorie. Au contraire, elle peut être une théorie fausse tenue pour vraie, alors que celle qu'on prend pour fausse peut être la vraie théorie, au sens où elle s'accorderait mieux avec les faits. Cela signifie qu'au regard de la théorie de la vérité objective, le progrès passe nécessairement par la recherche de la théorie la plus satisfaisante qui, à son tour, peut être aussi remplacée par une autre meilleure. En résumé, il y a progrès scientifique lorsque les théories sont vraies ou se rapprochent plus de la vérité objective, c'est-à-dire correspondent avec les faits. Une telle théorie a un contenu informatif plus élevé que d'autres. Elle renseigne plus sur le monde. Par conséquent, il y a progrès scientifique quand la théorie est en accord avec les faits empiriques. Elle exprime les faits et non nos croyances. Toutefois Popper pense que la théorie de la vérité objective n'est pas suffisante pour comprendre le progrès scientifique.

Si une théorie correspond avec les faits plus que d'autres, alors on tient là une condition acceptable pour le progrès scientifique. Cependant Popper montre que la vérité objective n'est pas suffisante pour comprendre le progrès scientifique. En effet, l'idée de vérité objective peut sous-entendre que la vérité est définitive et que l'on peut y parvenir de manière ultime. Ce qui conduirait à un arrêt de la *marche* progressive de la science. Si on accède à la vérité objective ultime, que nous reste-t-il alors à connaître ? Rien ! Dans cette situation, comment la science pourrait-elle continuer, si on part de l'hypothèse que la meilleure théorie est celle qui permet d'accéder à la vérité objective ultime ? C'est pourquoi la théorie de la vérité objective ne suffit pas pour expliquer pourquoi la science progresse sans cesse ; pourquoi ce progrès est toujours continuel. A cet égard, on peut dire que l'idée de vérité objective n'est pas suffisante pour expliquer le progrès scientifique, par contre elle « pourrait inciter certains à soutenir que la vérité, en définitive, ne joue pas de rôle très important aux yeux des négativistes, même en tant que principe régulateur [370]». Autrement dit, ceux qui pensent la vérité comme justification ou confirmation, à savoir « les adeptes de la vérification », pourraient objecter que les réfutationnistes accordent une faible place à la vérité[371]. Pour ces derniers, la vérité serait insignifiante ; ce qui les intéresserait ce n'est pas la vérité elle-même. Toutefois, Popper pense que cette objection est tout à fait fausse ou erroné, car l'épistémologie faillibiliste accorde une grande importance

[369] Karl R.POPPER, *Op cit.,* p.334.
[370] Karl R. POPPER, *Ibid.,* p.341.
[371] Karl R.POPPER, *Ibid.,* p.338.

à la vérité puisque, d'après cette épistémologie, la science a pour but la recherche de la vérité ou la recherche des théories vraies. C'est dire que ce qui est fondamentale, en science, ce n'est pas le fait d'élaborer les théories ou de formuler sans cesse des problèmes ; c'est plutôt le fait que la résolution des problèmes soit de véritables solutions apportées par les théories en vue de réduire véritablement notre ignorance. C'est ainsi que pour les réfutationniste « seule l'idée de la vérité nous permet de parler, avec pertinence, d'erreur ou de rationalisme critique, et rend possible la discussion, c'est-à-dire la critique où nous cherchons à découvrir nos erreurs avec l'objectif concerté d'en éliminer la plus grande part, afin de nous approcher de la vérité [372]». En d'autres termes, ce qui est fondamentale dans le falsificationisme, c'est la recherche de la vérité. Cette dernière est l'idéal recherché, sans elle il n'y aurait pas de concurrence entre les théories, donc pas de progrès scientifique.

On sait que la science a pour but la quête de la vérité ou des théories vraies. Cependant, la vérité en question n'est pas une simple vérité, c'est-à-dire une vérité triviale comme la simple découverte d'un phénomène qui n'a rien à voir avec une tentative sérieuse de résolution d'un problème important. Dans cette perspective, il suffit que nos théories apportent de telles vérités, pour dire qu'il y a un progrès scientifique. Or, ce qui fait réellement le progrès scientifique, c'est le fait que la science recherche une vérité qui n'est pas simple, c'est-à-dire une vérité intéressante ou importante, dont la portée est plus élevée, voire difficile à atteindre. Il s'agit d'une vérité inédite dont on ne soupçonne même pas l'existence effective. La science recherche une vérité pertinente au sens où cette vérité constitue avant tout la réponse intéressante à un problème fondamentale. L'effort et l'espoir de trouver une telle vérité engagent nécessairement une lutte entre les théories afin de retenir celle qui se rapproche le plus de la vérité pertinente. C'est pourquoi Popper affirme : « la simple vérité ne suffit pas, ce que nous voulons, ce sont des réponses à nos questions [373]». Ce que l'on recherche en science c'est la résolution des problèmes qui ouvre les perspectives de la recherche. Dès lors, les vérités scientifiques qui ne se déterminent pas comme des solutions à ce genre de problèmes n'ont aucun intérêt pour la science. Une simple vérité n'a pas de place en science, car elle ne fait pas avancer la discussion scientifique portant sur l'examen fructueux d'un problème important. En somme, nos théories ne sont que des moyens pour parvenir à une vérité pertinente, à la solution d'un problème important.

C'est dans cette optique que les meilleures théories remplacent celles qui ne sont pas satisfaisantes. Même si, après la falsification, on se rend compte que ces théories sont fausses, au moins elles montrent qu'il y a quelque chose de plus intéressant à connaître. Cela constitue

[372] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.339.
[373] Karl R.POPPER, *Ibid.*, p.340.

une espérance, quant à la découverte de la vérité pertinente. Cela signifie qu'on peut se rapproche davantage de la vérité. Même avec des théories fausses, on se rapproche plus près de la vérité, dans la mesure où à partir de l'échec (la théorie a été prouvée fausse), on est amené à formuler d'autres conjectures plus pertinentes, et ainsi de suite jusqu'à la découverte de celle qui serait une meilleure approche de la vérité. Alors, « il n'y a en effet aucune raison de ne pas affirmer que telle théorie correspond mieux aux faits que telle autre […] semble mieux correspondre à la réalité que telle autre [374]». Cela veut dire qu'en science quand on dispose du concept de vérité pertinente, il devient alors tout à fait possible de choisir entre deux théories t_1 et t_2 par la vérissimilarité. Il s'agit d'un « concept forgé par Popper en 1960, pour montrer qu'il n'est pas dénué de sens de parler du fait qu'une théorie fausse puisse être plus 'proche du vrai' qu'une autre [375]». Intuitivement cela peut paraître illogique. Et pourtant, si on prend deux théories concurrentes t_1 et t_2 qui ont été mises en échec par l'expérience, on peut quand même voir par l'analyse celle qui se rapproche le plus de la vérité pertinente. On pourrait alors choisir la t_2 au lieu de la t_1. Par exemple, la théorie d'Einstein est préférable à celle de Newton[376], car la première se rapproche mieux de la vérité pertinente que la seconde.

L'idée de vérité pertinente (difficilement atteinte) pourrait supposer que les théories scientifiques sont de pures illusions au sujet de la réalité, dans la mesure où elles seraient incapables de parvenir à la vérité absolue. Dans ce cas, comment s'en tenir aux théories qui ne peuvent pas nous dire ce qu'est réellement le monde ? Au regard du rationalisme critique, cette difficulté ne nous condamne pas à rejeter la conception du progrès scientifique en tant que recherche de la meilleure théorie par la réfutation. Non ! Les théories scientifiques ne sont pas potentiellement toutes fausses. Popper avait bien pris conscience de cette difficulté apparente qu'il tente de surmonter par la vérissimilarité. Il ne s'agit pas d'une apparence de vérité mais d'une approche de plus en plus près de la vérité, c'est-à-dire une approximation de la vérité. C'est dans optique que s'inscrivent les termes *ressemblance* et *similaire* trouvant ainsi leur pleine valeur en tant que correspondance avec les faits. Dès lors, il est tout à fait possible d'affirmer que les théories scientifiques ne sont que des approximations d'une vérité pertinente. C'est-à-dire qu'elles ont potentiellement la propriété de se rapprocher au plus près de la vérité sans nécessairement l'atteindre. C'est dans ce sens que Popper déclare :

> « Eu égard aux progrès accomplis par la connaissance scientifique, nombre de théoriciens ont été conduits à affirmer que même si nous ignorons la distance plus ou moins importante qui nous sépare de la vérité, nous pouvons, et c'est ce qui se produit fréquemment, approcher de plus en plus de la vérité [377]».

[374] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.343.
[375] Renée BOUVERESSE, *Le rationalisme critique de Karl Popper*, Paris, Ellipse, 2000, p.77.
[376] Renée BOUVERESSE, *Ibid.*, p.78.
[377] Karl R.POPPER, *Conjectures et réfutations*, Paris, Payot, 1985, p.342.

En d'autres termes, il existe des degrés de vérité ou d'une meilleure approximation ou encore correspondance avec les faits, de telle sorte qu'on peut par une mesure comparative de leur vérissimilarité, faire le choix entre deux théories t_1 et t_2. En ce sens que t_2 a un degré de vérissimilarité plus élevé que celui de t_1. La mesure comparative de la vérissimilarité consiste à examiner les contenus des deux théories. C'est en comparant les contenus logique et empirique des deux théories en concurrence, qu'on parvient à voir que la théorie t_2 a un degré de vérissimilarité plus élevé que celui de t_1. Et, le contenu logique et le contenu empirique permettent à leur tour d'examiner les contenus de vérité et de fausseté. En effet, examiner le contenu logique ou empirique, c'est en quelque sorte analyser la réalité des entités auxquelles les théories renvoient. Si à l'issue de cette analyse, il s'avère que t_2 ait un contenu de vérité plus élevé que celui de t_1, alors t_2 se présente comme la meilleure théorie ayant la meilleure approximation de la vérité, c'est-à-dire qu'elle approche plus près de la vérité que t_1. Cela signifie qu'elle a alors un degré de vérissimilarité plus élevé. Par conséquent, elle nous apprend plus sur le monde.

Dans *Conjectures et réfutations*, Popper dit : « les comparaisons de contenus empiriques et de contenus logiques aboutissent toujours à des résultats identiques. Et, on peut en donner une justification intuitive en observant que plus un énoncé a exclu (ou interdit) d'expériences possibles, plus il informe sur le monde de l'expérience [378]». Le contenu logique, nous dit Popper, c'est « la classe de tous les énoncés qui découlent logiquement » d'un énoncé ou d'une théorie, alors que son contenu empirique renvoie à « la classe de tous les énoncés de base » ou les faits empiriques de base qui contredisent cette théorie. Intuitivement, on sait que si la théorie t_2 interdit plus et a plus de conséquences vraies que la théorie t_1, alors on est amené à affirmer sans ambiguïté que la théorie t_2 informe plus sur la réalité empirique que la théorie t_1. Par conséquent, t_2 constitue une avancée par rapport à t_1, au sens où elle permet d'expliquer ce que cette dernière explique et ce qu'elle ne parvenait pas à expliquer.

De ce fait la théorie qui représente un progrès est celle qui explique à la fois les faits antérieurs et des faits empiriques nouveaux. Dans ce cas, le progrès scientifique peut être évalué à partir du contenu de vérité et du contenu de fausseté des théories concurrentes, dans la mesure où le contenu logique et le contenu empirique sont étroitement liés à la vérité et à la fausseté (contenu de vérité et contenu de fausseté). Le contenu logique ou empirique d'une théorie peut avoir la propriété d'être vrai ou faux. Et, dans le cadre de la comparaison des deux théories, on dira que celle qui a le contenu de vérité plus élevé et un contenu de fausseté moins élevé est la meilleure théorie. C'est dans ce sens que Popper affirme encore :

> « Si l'on pose que les contenus de vérité et les contenus de fausseté de deux théories t_1 et t_2 sont comparables, on pourra dire que t_2 ressemble plus étroitement à la vérité ou correspond mieux aux faits que t_1 , si et seulement si 1) le contenu de vérité de t_2 est supérieur à celui

[378] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.344.

> de t_1 sans qu'il soit de même de son contenu de fausseté, 2) le contenu de fausseté de t_1 est supérieur à celui de t_2 sans qu'il en aille de même de son contenu de vérité [379]».

La théorie la plus satisfaisante, ou celle qui constitue un meilleur degré de vérissimilarité, obéit à deux conditions fondamentales, à savoir que l'ensemble des éléments faux qui en dérivent est strictement inférieur de celui de la théorie qu'elle supplante. D'autre part, elle doit être plus corroborée que la théorie antérieure. On peut le savoir à partir des résultats des tests empiriques sévères ou des expériences cruciales auxquels on soumet les deux théories. Si t_2 passe victorieusement les tests auxquels échoue t_1, même dans le cas où t_2 serait réfutée à son tour, t_2 conserve tout de même sa supériorité par rapport à t_1. Elle réussit où cette dernière échoue. C'est pourquoi « nous avons donc le loisir de continuer de préférer t_2 même après *invalidation*, parce que nous sommes fondés à penser qu'elle s'accorde mieux avec les faits que t_1 [380]». C'est ainsi que la théorie de Newton réussit où celles de Kepler et de Galilée échouent. Ici, Popper veut nous faire comprendre que la simple correspondance avec les faits et la vérité pertinente ne suffisent pas pour saisir pourquoi il y a sans cesse progrès des connaissances scientifiques. Or, ce qui fait que la science progresse, c'est simplement le fait que les théories sont de véritables approximations (vérissimilarité) de la vérité pertinente. De ce fait, la meilleure théorie n'est pas simplement celle qui correspond avec les faits, mais celle qui constitue la meilleure correspondance avec les faits, au sens où elle a un contenu de vérité plus élevé que ses concurrentes, et un contenu de fausseté inférieur à celui de ces dernières.

On peut résumer la conception poppérienne du progrès scientifique de la manière suivante : les théories scientifiques sont en perpétuelle concurrence, certaines moins satisfaisantes sont éliminées ou supplantées par d'autres plus satisfaisantes ou meilleures. C'est ainsi que notre connaissance sur le monde croît toujours. Toutefois, cette conception du progrès ne peut être comprise que si on dispose de l'idée que tout progrès (y compris scientifique) ne se fait pas *ex nihilo* mais par rapport à une base, comme quelque chose d'un savoir déjà constitué. Tout progrès part toujours de quelque part. Les nouvelles théories n'apparaissent pas spontanément. Elles s'inscrivent souvent dans long travail entamé par des théories antérieures. Nous pensons qu'il s'agit effectivement d'une conception non statique mais dynamique, le progrès scientifique n'est pas présenté comme accroissement linéaire des connaissances scientifiques. Le remplacement des théories moins satisfaisantes par des théories plus satisfaisantes montre que le progrès scientifique est par nature discontinu. Cette conception a des conséquences pédagogiques intéressantes. D'abord, elle nous enseigne une vision dynamique de la science, laquelle est conforme à la réelle activité scientifique qu'il il convient de partager avec les élèves. Ensuite, elle

[379] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.345-346.
[380] Karl R. POPPER, *Ibid.*, p.348.

montre des éléments épistémologiques qui peuvent contribuer à faire croître le savoir scientifique dans la pratique de l'enseignement. L'enseignement classique de la science est linéaire. Cela ne correspond pas au progrès effectif de la science. Clairement Popper nous invite à reconsidérer la manière d'exposer les connaissances scientifiques en classes.

I-1.2 Les fondements du progrès scientifique

Popper pense que le progrès scientifique ne se fait pas *ex nihilo*. Il prend appui sur des connaissances déjà existantes, c'est-à-dire un savoir bien constitué qui sert de point de départ de toute nouvelle connaissance plus satisfaisante. Le progrès dans un domaine quelconque de la science part toujours d'un savoir de base auquel tout le monde peut se référer. C'est à partir de ce savoir déjà constitué qu'on peut véritablement juger si telle théorie constitue une avancée par rapport à telle autre. C'est dans ce sens que Popper dit que « la critique ne procède jamais à partir de rien[381] ». La croissance du savoir part toujours d'un savoir constitué qui est admis par tous. C'est le savoir de base à partir duquel on élabore un savoir supérieur. Ce savoir acquis n'est pas un savoir basique au sens d'élémentaire ou un savoir suffisamment attesté. C'est simplement un ensemble de connaissances préalables sur lesquelles on s'appuie. Celles-ci constituent ce qu'on appelle la source du progrès.

La science progresse de problème en problème et le savoir constitué est nécessairement lié à l'analyse d'un problème. Lorsqu'on est engagé dans une recherche quelconque ou dans une discussion critique, il y a tout un ensemble de connaissances préalables admises par tous ceux qui sont engagés dans cette recherche. Ces connaissances sont généralement explicites, il peut même arriver que certaines de ces connaissances soient implicites. En effet, ces connaissances préalables sont dites savoirs constitués ou savoirs acquis. Il ne s'agit pas d'un savoir subjectif ou arbitraire, c'est plutôt un savoir objectif, construit et produit par la communauté scientifique des chercheurs, notamment ceux qui se sont antérieurement adonnés à l'étude du problème en question. Cela signifie simplement que l'étude d'un problème admet *a priori* un ensemble de connaissances valides, partagées par tous ceux qui examinent ce problème. Dans *Conjectures et réfutations*, Popper dit clairement que l'examen d'un problème est toujours subordonné à l'acceptation d'un ensemble de choses qui sont liées à ce problème[382]. Ces choses constituent ce qu'il appelle le savoir acquis ou savoir de base sur lequel on s'appuie dans le cadre d'une recherche. Ce savoir constitué peut être souscrit à titre provisoire. Ce n'est pas un

[381] Karl R. POPPER, *Op cit*., p.352.
[382] Karl R.POPPER, *Ibid.*, p.352 :

savoir indélébile auquel on ne s'en sépare jamais, au contraire tout au long de la discussion critique, on peut cesser de le prendre comme référence, dans la mesure où on découvre d'autres sources plus importantes, plus satisfaisantes.

Le savoir constitué désigne enfin toutes sortes de choses non problématiques qu'on admet sur un problème étudié. Il s'agit des informations, des connaissances initiales ou autres auxquelles l'on souscrit sans critique ; elles sont acceptées d'emblée comme étant valides, on ne les récuse pas (c'est en cela qu'elles sont non problématiques, elles ne souffrent d'aucune contestation). Dès lors, on peut penser[383] sans doute que ce savoir n'est pas fondé en raison, qu'il n'est pas certain, voire qu'il n'est pas valide. Pour la simple raison qu'on souscrit sans critique. C'est pourquoi il méritait d'être déconstruit avant toute recherche ou toute entreprise véritable d'élaboration d'un savoir véritablement fondé en raison. Cependant, Popper montre que ce savoir ne peut être mis en question ou récusé de façon totale et radicale, dans la mesure où on ne maîtrise pas ce savoir dans les moindres détails. Il y a des aspects de ce savoir qui échapperont toujours à la récusation de la raison, même la plus méticuleuse des raisons. En effet, il y a toujours des aspects non problématiques qu'on admet, ne serait-ce qu'inconsciemment, même si certaines parties de ce savoir peuvent être radicalement récusées. Et cette récusation peut se faire à tout moment dès lors qu'on rencontre des difficultés liées justement à la souscription non problématique de certains aspects de ce savoir :

> « Néanmoins la majeure partie de cet immense savoir constitué auquel nous nous référons constamment dans toute discussion de type courant ne pourra naturellement pas, pour des raisons d'ordre pratique, être mise en question ; en outre, une tentative mal inspirée qui consisterait à tout mettre en question – donc à faire table rase – pourra aisément entrainer la faillite de la discussion critique envisagée (car s'il nous fallait partir du point dont Adam lui-même est parti, je ne vois pas par quelle raison nous nous trouverions plus avancés que lui en fin de parcours)[384] »

Pour des raisons pratiques, il est impossible de faire table rase de tout le savoir acquis. Car on n'est pas assuré d'avoir la pleine maîtrise dans tous les contextes ou les détails du savoir constitué. Ensuite, si c'était possible, cela ruinerait la discussion critique elle-même ou la recherche, en ce sens qu'on referait tout l'édifice du savoir et on commencerait où nos prédécesseurs ont commencé. Or, intuitivement, on sait que cette régression est pratiquement irréalisable pour deux raisons : 1) cela signifierait repartir dans le temps et passer point par point et pas à pas exactement comme les prédécesseurs. 2) Et, même si cette régression était possible, on se retrouverait au même niveau qu'eux, sans avantage aucun. Enfin, l'immense savoir constitué referme des points recevables. C'est sur ces points que prend appuie la discussion critique. De ce fait, le progrès consiste à faire fructifier le savoir constitué. Ainsi, toute marche vers le progrès

[383] Il s'agit particulièrement du cartésianisme qui récuse tout savoir préalable non fondé par la critique rationnelle.
[384] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.352.

exige préalablement un inventaire, mieux une critique des connaissances acquises préalablement. Afin de se séparer de celles qui ne peuvent constituer une base solide pour l'élaboration de nouvelles connaissances plus satisfaisantes. Cela signifie que le savoir acquis ne peut être mis en question que partiellement. C'est dans ce sens que Popper affirme :

> « Qu'à un moment donné, nous tenions d'ordinaire pour acquis une grande part du savoir classique (car presque tout notre savoir nous vient de la tradition), voilà qui ne fait pas problème pour les tenants de la réfutation ou du faillibilisme. Ceux-ci, en effet, ne souscrivent pas à ce savoir constitué parce qu'ils le tiendraient pour établi, suffisamment assuré ou encore pour probable [385]».

C'est tout le savoir classique qui nous vient de la tradition, c'est-à-dire des prédécesseurs. Généralement, on prend pour acquis cet immense savoir. On le considère souvent comme un savoir suffisamment certain, valide. Cependant, l'épistémologie réfutationniste montre que ce savoir toujours établi ou bien fondé est susceptible d'être critiqué, du moins certains aspects de ce savoir. Poursuit Popper, « chaque parcelle de ce savoir est susceptible de critique » ; on peut le récuser à tout moment. Bien sûr, il ne s'agit pas d'une remise en cause radicale ou absolue à la manière cartésienne, mais c'est seulement certaines parties qui peuvent être récusées, comme on l'a vu précédemment. C'est pourquoi le savoir constitué ou classique ne peut être accepté que provisoirement. Cela signifie que le savoir classique, dans quelque domaine que ce soit, ne doit pas être pris pour des vérités incontestables, dans la mesure où ce savoir renferme toujours des zones d'ombre, des taches qu'il faudrait identifier, puis détruire avant d'élaborer un savoir nouveau plus satisfaisant.

Malheureusement, la tradition est souvent perçue comme irrécusable. Toute recherche de la vérité qui commencerait par la critique des connaissances de référence, dans un domaine quelconque, serait perçue comme non productive, non fructueuse, parce que l'on pense souvent que les connaissances traditionnelles ne doivent pas être refaites ; elles sont la référence même de la vérité. Pour le dire trivialement, on pense que le savoir constitué n'est pas faux, il ne renferme pas d'erreurs, parce qu'il a été élaboré par des prédécesseurs de renom. Or, en réalité, ce savoir acquis n'est pas exempt d'erreurs. De ce fait, le critiquer est une nécessité pour l'avancement des connaissances, pour une approximation de plus en plus près de la vérité.

Toutefois, une certaine conception holiste de la science (par exemple cette de Quine) stipule que la critique du savoir constitué ne peut se faire que de façon globale. Autrement dit, l'immense savoir acquis ne peut être jugé partie par partie, ce n'est qu'en tant qu'ensemble qu'on peut véritablement le critiquer. En effet, le savoir constitué forme un ensemble d'énoncés ou d'hypothèses qui portent sur le monde. Si bien que ces énoncés sont liés les uns aux autres, même de manière inconsciente. De ce fait, contester un élément de ce système, c'est contester

[385] Karl R. POPPER, *Op cit*., p.352-353.

le système dans son ensemble. Cela montre que les tests empiriques ont pour tâche principale de critiquer non pas un énoncé particulier, mais un système théorique dans son ensemble. Cependant, le faillibilisme montre que, si on parvenait à détruire un système théorique dans son l'ensemble, voire l'immense savoir constitué, alors cela ruinerait la discussion critique et fructueuse d'un problème. Par conséquent, cela conduirait à un arrêt de la recherche de la vérité, donc pas de progrès. La conception holiste des tests empiriques de nos systèmes théoriques ne tient pas, dans la mesure où le système n'est jamais testé que par certaines parties de celui-ci. C'est-à-dire que ce n'est pas le système dans son ensemble qui est testé, seulement certaines hypothèses ou énoncés qui le composent. Tester un système, c'est tester certains énoncés bien particuliers. C'est ainsi que Popper dit :

> « Force nous est de reconnaître que, souvent, il ne nous est possible de tester qu'un grand pan d'un système théorique donné et éventuellement, parfois, le système dans son ensemble […]. Il est possible dans bon nombre de cas, de découvrir quelle est l'hypothèse responsable de la réfutation ou pour le dire autrement, quel élément ou quel groupe d'hypothèses avaient permis de déduire la prédiction qui s'est trouvée réfutée [386]».

Un système théorique n'est pas souvent réfutable dans sa globalité, car tout n'est pas à rejeter. C'est-à-dire qu'il contient non seulement des choses recevables, mais aussi des choses non recevables. De ce fait, on peut identifier, dans le cas où une théorie s'est révélée réfutée, l'hypothèse qui est à l'origine de la réfutation. Cela signifie que la réfutation n'est pas à imputer à tous les énoncés qui composent le système, mais seulement à un énoncé ou à un groupe d'énoncés. On peut découvrir cet énoncé ou groupe d'énoncés par le « recours aux preuves d'indépendances ». Celles-ci consistent à rechercher des contre-exemples qui permettent de voir que certains axiomes du système qui ne peuvent être déduits du reste système. C'est dire que le système peut contenir des énoncés qui peuvent avoir de ce savoir une relation d'indépendance avec les autres hypothèses qu'il comporte. Si on réussit à trouver tel énoncé ou groupe d'énoncés, alors le système contient un contre-exemple qui le réfute. Ainsi, la thèse poppérienne, à savoir qu'un système théorique ou le savoir constitué ne peut être mis en question que partiellement, implique qu'il y a des points non critiques dans le savoir acquis qu'il faudrait prendre en compte, ne serait-ce que provisoirement. Il n'y a pas de véritable progrès scientifique sans la prise en compte d'un savoir classique bien constitué. La critique de chaque parcelle rend toujours possible l'examen de ce savoir et ainsi que le progrès acompli, là où le holisme l'exclut complètement. Il en résulte que le savoir acquis est souvent perçu comme quelque chose d'indépassable. C'est dire qu'on ne critique pas généralement le savoir classique, au motif que c'est un savoir vrai, bien construit par nos prédécesseurs. Ceux-ci constituent souvent des références

[386] Karl R.POPPER, *Op cit*., p.353.

incontestables. Ainsi, dans la plupart des activités humaines, le savoir constitué est souvent perçu comme incontestable. On ne critique pas, ou ne refait pas l'héritage laissé par les Anciens.

En science, le savoir constitué ou l'héritage des Anciens est généralement soumis à la réfutation permanente. Car la science opère par la démarche critique, et elle vise la recherche de la vérité. En effet, la démarche critique consiste à soumettre les théories scientifiques à l'examen critique. Il s'agit des tests empiriques visant à opposer un contre-exemple à la théorie afin de la réfuter. Lorsque le savant est engagé dans l'examen d'un problème, il vise à élaborer une théorie dont le degré de vérissimilarité est plus élevé que toute autre théorie déjà existante et qui pourrait même exister. Cela signifie que la science ne cherche pas nécessairement à donner des réponses, plutôt à découvrir les problèmes les plus intéressants. C'est pourquoi, le savoir hérité des Anciens passe aussi par la critique. C'est dans ce sens que s'inscrit cette affirmation poppérienne :

> « L'un des traits caractéristiques de la situation qui est celle du savant est que le savoir constitué s'accroît constamment. Lorsque nous rejetons certaines parties de savoir, d'autres, étroitement liées demeurent. Bien que nous puissions tenir, par exemple, la théorie de Newton – son système d'idées et le système formel déductif qui en découle – pour réfutée il demeure possible d'admettre, comme partie du savoir constitué, la vérité approchée, dans certaines limites, de ses formules quantitatives [387]».

Cela veut dire que la science est toujours en perpétuelle progression au sens où la connaissance scientifique augmente sans cesse. De plus, le savoir acquis renferme toujours des points recevables avec lesquels le savant travaille, même quand certaines parcelles de savoir sont rejetées. L'exemple du système de Newton est éclairant. Au regard, des avancées en mécanique notamment avec les travaux d'Einstein, le système newtonien peut être considéré comme réfuté. Cependant, certains points (la vérité approchée, les formules quantitatives) demeurent tout de même recevables. Ces points ont contribué au développement de la connaissance en mécanique. Le système newtonien a permis de comprendre la nécessité de la notion de vérité approchée dans la recherche scientifique de la vérité. Cette notion est un élément décisif pour décrire le progrès scientifique. C'est dire que le savant fait souvent intervenir le savoir acquis dans la recherche de la vérité par la réfutation des théories. A cet égard, l'intervention du savoir acquis dans la recherche de la vérité consiste, comme dit Popper, à trouver des contre-exemples, dans cet immense savoir, qui puissent invalider ou réfuter certaines hypothèses que le savant formule. Lorsqu'on soumet une théorie à des tests empiriques, la première chose à faire, c'est de regarder dans le savoir acquis s'il n'y a pas des contre-exemples qui viennent s'opposer à la théorie en question. Et, souvent, on s'attend à ce que dans le savoir acquis on trouve de tels contre-exemples, dans la mesure où c'est un savoir que l'on pense valide, parce que validé par les Anciens. C'est un savoir qui a fait ses preuves.

[387] Karl R. POPPER, *Conjectures et réfutations*, Paris, Payot, 1985, p.354.

En effet, la réfutation d'une théorie commence premièrement par les hypothèses les moins intéressantes, celles qui ont une faible probabilité de se produire. Le savoir acquis offre ainsi des possibilités de trouver des contre-exemples à ces hypothèses moins intéres- santes : « un test empirique sérieux est toujours une tentative visant à produire une réfutation, à opposer un contre-exemple. Dans cette recherche de contre-exemples, il nous faut faire inter- venir le savoir acquis [388]». Les points recevables que l'on retient dans le savoir classique servent en quelque sorte, dans un premier temps, à tester une théorie. Ce qui est demandé à une théorie, c'est qu'elle puisse transcender le savoir classique, en réussissant les tests empiriques auxquels elle est soumise (les contre-exemples). Ainsi, cette réussite réduit, au fur et à mesure que la théorie sera testée, le nombre de contre-exemples qui peuvent réfuter la théorie. De ce fait, la possibilité pour la théorie d'être testée empiriquement s'amoindrit. Or « après réfutation, le caractère des théories se trouve préservé et rien ne vient en diminuer l'éclat[389] ». Ce que Popper veut dire ici c'est que la recherche de contre-exemples donne la possibilité à la théorie d'être toujours soumise à des tests empiriques sévères. Alors que la résistance à ces contre-exemples l'en prive davantage. C'est dire qu'il y aura toujours des faits empiriques qui réfutent la théorie. La science progresse parce qu'elle part toujours d'un savoir acquis à partir duquel on teste les théories par la recherche de contre-exemples. Ainsi, le progrès scientifique se juge toujours par rapport à un savoir bien constitué admis par tous.

Dans les lignes qui précèdent, nous avons vu que l'épistémologie réfutationniste décrit le progrès scientifique en termes d'élimination de théories au profit de certaines qui sont plus satisfaisantes :« la nature rationnelle et empirique de la science tient à la manière dont celle-ci progresse, c'est-à-dire à la manière dont les savants choisissent parmi les théories qui s'offrent à eux afin de retenir les meilleures ou (si aucune d'elles n'est satisfaisantes) exposent les raisons qui leur font rejeter l'ensemble des théories existantes [390]». Cela implique que le progrès scientifique n'est pas cumulatif, mais discontinu. Car il consiste avant tout en la falsification des théories. A cet égard, il y a progrès lorsque les savants parviennent à élaborer une théorie qui se rapproche de plus en plus près de la vérité que les autres, et ceci par rapport au savoir constitué. Jusqu'ici, nous n'avons pas insisté sur la structure même de la théorie, c'est-à-dire comment formellement on peut dire que la théorie constitue un progrès par rapport la structure d'autres théories devancières ou concurrentes. C'est ce que nous allons voir dans les pages qui suivent, à travers des conditions nécessaires du progrès de la connaissance.

[388] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.354-355.
[389] Karl R. POPPER, *Ibid*., p.355.
[390] Karl R. POPPER, *Ibid*., p.319.

I-1.3 Les conditions du progrès scientifique

Popper distingue trois conditions nécessaires du progrès scientifique, à savoir les critères de simplicité, de tests indépendants (prédiction nouvelle) et de corroboration. Ces conditions sont les qualités formelles qu'une théorie progressiste doit remplir. En quoi consistent ces conditions nécessaires ?

La simplicité n'est pas un concept facile à saisir. En général, on conçoit la simplicité comme venant de l'adjectif simple. Du grec *aplous*, le terme simple désigne « ce qui n'a pas de parties, et s'oppose à complexe ou composé [391]». Ainsi, la simplicité, c'est le caractère de ce qui est unique, qui ne contient qu'une partie, constitué d'un élément identique à lui-même. C'est ce qui se donne à voir sans difficulté, dont l'apparaître ne soulève aucune confusion ou ambiguïté. Une hypothèse, une notion ou une théorie simple ne fait pas intervenir plus d'éléments opposés pour sa compréhension. Le caractère unique, ou l'univocité dont il s'agit ici, est à comprendre comme « la totalité de l'extension » d'une notion ou d'une théorie. De ce fait, on dit d'une théorie ou d'une hypothèse qu'elle est simple si elle a la qualité d'être extensive, c'est-à-dire ouverte, englobante d'une part. D'autre part, si tous les éléments qui rentrent dans sa portée ne sont pas contradictoires, de manière à compliquer la compréhension de la théorie même. Il y a ici comme un paradoxe de dire que la science vise des théories simples, car la science est souvent perçue comme une activité complexe. C'est-à-dire que les théories scientifiques ne sont pas des choses pour lesquelles on peut facilement maîtriser la quintessence, dans la mesure où les savants les élaborent souvent au prix de difficultés énormes. La théorie est l'histoire de sa propre complexité. Qui oserait dire que la théorie de la mécanique quantique est simple, si l'on s'appuie seulement sur son expression mathématique très poussée ?

De plus, la simplicité scientifique serait confondue avec une simple clarté. Or, une théorie peut être claire sans pourtant être simple. Autrement dit, une théorie peut bien se comprendre assez facilement sans qu'elle remplisse la condition de simplicité scientifique. Une telle théorie peut contenir des tas de choses confuses, contradictoires, même si elle s'énonce aisément. Pour Popper la simplicité renvoie à la propriété unificatrice. En effet, une théorie est simple si et seulement si elle est capable d'unifier les théories précédentes et les connaissances actuelles ; si elle englobe les théories ou connaissances antérieures tout en les dépassant. Une telle théorie a un degré d'extension plus élevé que celle d'autres théories. Dans ce cas, le caractère universel de cette théorie apparaît plus grand que celui de ses concurrentes, dans la mesure où elle explique et les résultats des théories précédentes. C'est à cet égard que la théorie nouvelle constitue un véritable progrès par rapport à ses devancières, au sens où elle explique les théories

[391] *Encyclopédie philosophique universelle, Les notions philosophiques Dictionnaire*, tome 2, Paris, Puf, 1990, p.2390.

antérieures, mais aussi de nouveaux faits que celles-ci ne parvenaient pas à expliquer. Ainsi, on apprend de nouvelles choses sur la structure du monde. C'est pourquoi « il est nécessaire que la théorie nouvelle procède d'une idée unificatrice simple et puissante[392] ». La simplicité est une condition nécessaire que doit remplir toute nouvelle théorie, afin de constituer un véritable progrès dans l'exploration des secrets de la nature. Ce qui signifie que la nouvelle théorie va plus loin que ses devancières. De ce fait, il suffit d'une petite quantité de tests sévères pour réfuter ou corroborer la théorie en question. D'où le fait qu'une théorie progressiste se détermine par sa simplicité empirique et sa simplicité théorique. C'est en cela qu'elle dépasse ses devancières ou ses concurrentes. Tant que ces deux conditions de simplicité ne sont pas réunies, il ne peut avoir un véritable progrès scientifique, malgré le fait que la théorie soit nouvelle. Par ailleurs, il ne suffit pas que la théorie nouvelle soit nécessairement simple, encore faut-il qu'elle soit capable d'être testée indépendamment, c'est-à-dire qu'elle produise des prédictions nouvelles inédites.

L'épistémologie falsificationniste montre que le progrès scientifique est étroitement lié à la satisfaction de la condition des tests indépendants. Pour qu'il ait progrès, il faut que la théorie passe par des tests indépendants. C'est-à-dire qu'elle ait une efficacité prédictive par rapport à ses devancières ou concurrentes. L'efficacité prédictive renvoie au fait que la théorie prédit avec plus ou moins de précision, (on sait très bien que la précision n'est qu'une valeur approchée, car la précision stricte ou l'exactitude absolue est hors de notre portée), des nouveaux phénomènes inédits, c'est-à-dire des faits qui jusqu'ici demeuraient obscures, inaccessibles aux théories anciennes. A cet égard, il est clair que la théorie nouvelle se caractérise par une capacité explicative plus grande et plus performante que celle de ses devancières. Ainsi, il y a progrès, dans la mesure où il y a augmentation des phénomènes prédictifs : on découvre de nouveaux problèmes, des nouvelles difficultés empiriques ou théoriques à résoudre. Et donc, on connaît de mieux en mieux la nature, du moins on suppose la connaître mieux. C'est pourquoi « nous exigeons en effet également que la nouvelle théorie puisse être testée de manière indépendante [393]». À part le fait que la nouvelle théorie remplisse la condition de simplicité, c'est-à-dire qu'elle explique les théories antérieures, il est nécessaire qu'elle prédise aussi des nouveaux phénomènes inédits. C'est ainsi que Popper affirme : « elle ne doit pas seulement expliquer tous les phénomènes qu'on lui destine à élucider, mais il est nécessaire qu'elle comporte des conséquences nouvelles et susceptibles d'être testées (d'un type inédit, de préférence) : elle doit permettre de prédire des phénomènes qui n'ont pas été observés jusqu'alors[394] ». Chaque théorie a des objectifs clairs. Elle vise à expliquer certains phénomènes

[392] Karl R. POPPER, *Conjectures et réfutations*, Paris, Payot, 1985, p.356.
[393] Karl R. POPPER, *Ibidt*, p.357.
[394] Karl R. POPPER, *Ibid*., p.357.

précis, à répondre à des problèmes bien définis par le savant. En fait, celui-ci sait où il veut aller ou aboutir. C'est dire qu'il examine des faits dont il a plus ou moins une certaine idée, simplement à cause du savoir constitué (qui offre un tas de choses déjà observées). Cependant, la théorie avec laquelle il travaille ne doit pas seulement atteindre ses objectifs, encore faut-il qu'elle le conduise à découvrir des choses qui n'étaient pas envisagées initialement. Il s'agit de choses que le savant ne soupçonnait même pas de connaître. Cette sérendipité est possible par les tests indépendants auxquels on soumet la théorie. Ceux-ci consistent à mettre la théorie à l'épreuve de l'expérience, en dehors des conditions initiales qui lui ont été assignées. A cet égard, l'efficacité prédictive renvoie à la capacité de la théorie d'atteindre ses finalités (expliquer les phénomènes auxquels il devait répondre), mais aussi de découvrir de nouveaux phénomènes initialement jamais observés.

Cela exclut toute possibilité pour la nouvelle théorie d'être *ad hoc* ou circulaire. Une théorie *ad hoc* est une théorie qui peut convenir à l'ensemble des faits ou à tout fait que l'on veut expliquer. Cela consiste à ajuster la théorie afin qu'elle soit toujours en accord avec les résultats de l'expérience. Si ces résultats sont en contradiction avec la théorie, alors il faudrait la modifier pour qu'il y ait une adéquation entre la théorie et les faits à expliquer. Aussi, on peut faire adapter des phénomènes de tout type à la théorie afin de la confirmer, en écartant d'emblée tout fait qui rentrerait en contradiction avec la théorie. Dans ce cas, la théorie *ad hoc* ne nous apprend rien de plus, dans la mesure où elle intègre toutes solutions possibles au pro- blème examiné. Or le fait que la nouvelle théorie prédise des phénomènes inédits, ouvre la possibilité de « restreindre l'éventail du choix offert par les diverses solutions possibles du problème envisagé (dont un grand nombre ne présente pas d'intérêt) [395]». La théorie non *ad hoc* fait le tri entre les solutions. Elle conduit à choisir les solutions qui sont importantes et néces- saires, c'est-à-dire celles qui sont véritablement des solutions au problème examiné. Par contre, la théorie *ad hoc* intègre même au problème des solutions qui ne sont pas importantes.

A cet égard, la condition des tests indépendants ou de prédiction inédite, implique le progrès scientifique, dans la mesure où la nouvelle théorie satisfaisant à cette condition, dépasse la théorie devancière, en expliquant celle-ci, mais surtout elle conduit à la découverte des phénomènes jamais observés jusque-là d'une part. D'autre part, elle conduit à de nouvelles expériences inédites, à de nouveaux problèmes et solutions totalement différents des objectifs de départ de la théorie. Pour ces raisons, la théorie nouvelle est nettement supérieure et préférable à la théorie précédente. Car ce qu'on recherche ce sont des théories ayant un degré d'universalité plus élevé. En effet, ce genre de théorie permet de mieux saisir la nature. Elle explique les problèmes traités par les théories anciennes, tout en expliquant aussi des problèmes plus récents.

[395] Karl R. POPPER, *Ibid.*, p.357.

C'est pourquoi, il est nécessaire que la théorie nouvelle remplisse la condition de tests indépendants ou d'efficacité prédictive. C'est en ce sens que Popper dit dans *Conjectures et réfutations* :

> « Dès lors que la deuxième condition se trouve satisfaite, la formulation de la théorie nouvelle représente une avancée potentielle, quelle que puisse être l'issue des tests. Elle se prête mieux à être testée que la précédente théorie : le fait même qu'elle explique tout ce qu'expliquait celle-là et soit, de surcroît, à l'origine de tests inédits suffit à lui assurer cette supériorité. Cette condition est en outre le garant d'une fécondité, plus ou moins importante, de la nouvelle théorie en tant qu'instrument exploratoire : elle nous inspira des nouvelles expériences, et même si celles-ci se trouvent produire une réfutation immédiate de la théorie en question, elles auront permis à notre savoir factuel de progresser, grâce à ces résultats imprévus. De plus, celles-ci nous conduiront à poser de nouveaux problèmes qui devront être résolus à l'aide d'autres théories explicatives [396]».

Même si la nouvelle théorie se trouve réfutée par l'expérience, elle conserve sa supériorité par rapport à la théorie précédente, en ce sens qu'elle implique de nouvelles conséquences inédites et rend compte de ce que la théorie antérieure expliquait. Cela montre que la nouvelle théorie est plus élevée que sa devancière. En effet, la réfutation d'une théorie montre que les objectifs ne sont pas atteints. Par conséquent, il faut continuer d'examiner le problème en élaborant une autre théorie explicative capable de rendre compte du problème en question et de nouveaux problèmes jamais envisagés. Ainsi, la réfutation de la nouvelle théorie n'est pas un frein au progrès de la science, au contraire c'est un facteur essentiel à l'exploration de plus en plus profonde des secrets de la nature.

Pour qu'il ait progrès scientifique la théorie nouvelle doit satisfaire aux conditions de simplicité et de tests indépendants. Il s'agit pour elle d'unifier divers phénomènes et de produire des prédictions inédites. Ce qui conduit à des nouvelles expériences et de nouveaux problèmes, et ainsi de suite. Ces deux premières conditions sont des réquisits formels. Il suffit de faire une analyse logique pour voir si elles sont satisfaites ou pas. La structure formelle de la nouvelle théorie doit intégrer les énoncés de l'ancienne théorie. De plus, ses axiomes de base devraient impliquer d'autres axiomes qui ne sont pas étroitement liés à ces axiomes de base. Par ailleurs, la condition de tests indépendants et celle de simplicité sont nécessaires pour le progrès scientifique. Alors, Popper montre qu'elles ne sont pas suffisantes, autrement dit, il y a une troisième condition que doit remplir une nouvelle théorie progressiste. Contrairement aux deux premières conditions (formelles), la troisième condition est d'ordre empirique. Elle renvoie à des tests empiriques, à la réalité empirique de la théorie. La nouvelle théorie doit être testée empiriquement, elle doit être soumise aux objets de la nature tels qu'ils existent dans le monde. C'est ainsi que Popper dit :

> « La formulation d'une théorie satisfaisante obéit, à mon sens, à une troisième condition : il nous faut exiger que cette théorie passe, avec succès, un certain nombre de tests nouveaux et très rigoureux à la fois […], ce n'est qu'en testant empiriquement la nouvelle théorie

[396] Karl R. POPPER, *Op cit.*, p.357-358.

> qu'on sera en mesure de savoir si elle est satisfaite (c'est donc un réquisit d'ordre matériel), une condition relative au succès empirique [397]».

C'est dire que pour qu'il ait progrès scientifique, la nouvelle théorie doit nécessairement réussir à certains tests empiriques auxquels elle est soumise. Sans ces réussites, il est difficile à la science de progresser. En effet, une théorie intéressante et remarquable ou simplement satisfaisante peut échouer à tout moment, s'il y a des faits empiriques qui viennent la réfuter. C'est le cas de la théorie de Bohr, Kramers et Slater avancée en 1924. Cette théorie va être réfutée par les expériences sur les coïncidences réalisées par Bothe et Geiger. Cependant, Popper montre que cette réfutation n'est pas en réalité un échec. C'est une réussite négative, au sens où elle inspire de nouveaux problèmes, de nouvelles expériences[398].

Si la science ne réussit pas, il est tout à fait possible, qu'on aille de réfutation en réfutation. A chaque fois qu'une nouvelle théorie est formulée, et que sa réfutation intervient effectivement, la science ne progressera pas : « Une suite ininterrompue de théories réfutées aurait tôt fait de nous plonger dans l'embarras et de nous réduire l'impuissance [399]». Cela voudrait dire que la réfutation entraine une sorte d'éternel recommencement de la recherche et, laisse en chemin certains problèmes non résolus, ne serait-ce que provisoirement. Par conséquent, on n'apprendrait pas grande chose de la nature. Notre ignorance relative aux secrets de la nature ne diminuerait pas. C'est pourquoi il est nécessaire que nos théories réussissent à certains tests empiriques. Sinon la science cesserait de progresser. C'est dans ce sens que Popper dit :

> « Si la troisième de nos conditions ne se trouvait pas satisfaite dans un nombre raisonnable de cas, il deviendrait impossible à la science de continuer de progresser. En conséquence, si ce progrès doit se poursuivre et si l'on ne veut pas assister à un déclin de la rationalité scientifique, les réussites ne sauraient se limiter aux seules réfutations et des succès positifs sont eux aussi nécessaires [400]».

Pour que la science aille toujours de l'avant, il ne faut pas que les théories soient réfutées de façon interrompue, encore faut-il que les nouvelles théories ou les prédictions nouvelles soient corroborées par des tests empiriques. C'est dire qu'à un moment donné il faut que nos théories rentrent en accord avec certains faits empiriques. Cette corroboration signifie que nous avons réussi à trouver des solutions importantes au problème envisagé. Car ce que nous cherchons avec les théories c'est la quête de la vérité, nous rapprocher plus près d'elle.

Ainsi, les théories qui réussissent (provisoirement) nous rapprochent de plus en plus de la vérité et elles constituent une meilleure approximation de celle-ci, dans l'état actuel des connaissances. C'est à cet égard, qu'on peut véritablement évaluer la place des réfutations réussies dans l'immense savoir acquis et dans l'examen du problème envisagé. De plus, la corroboration

---

[397] Karl R. POPPER, *Conjectures et réfutations*, Paris, Payot, 1985, p.358
[398] Karl R. POPPER, *Ibid*., p.359.
[399] Karl R. POPPER, *Ibid*., p.60.
[400] Karl R. POPPER, *Ibid.*, p.359.

permet de faire une démarcation entre les théories *ad hoc* et les théories satisfaisantes. Par théorie non importante ou sans intérêt, on entend des théories qui n'apportent pas de véritables solutions au problème examiné. Dès lors, cette dernière ne fait pas progresser notre savoir scientifique, dans la mesure où elle n'implique pas des découvertes inédites sur la nature : « ainsi, la troisième condition énoncée, tout comme la deuxième, sert à éliminer les théories sans intérêt et autres théories *ad hoc* [401]». Toute théorie, peut être testée indépendamment, même si elle est *ad hoc* ou sans intérêt. Mais cela n'exclut pas le fait qu'elle peut toujours être réfutée au regard de certains tests empiriques rigoureux. Cela montre que la théorie en question n'est pas satisfaisante, c'est-à-dire qu'elle ne peut véritablement constituer une sérieuse solution au problème envisagé. Notre préférence ira tout naturellement à la théorie qui réussit à partir des preuves expérimentales. Elle nous apprend quelque chose de plus sur le monde ou la nature. C'est une victoire sur l'inconnu, une réduction de notre ignorance. Réduire l'ignorance est le but fondamental de toute théorie. Par conséquent, toute théorie qui ne se rapproche pas de ce but, dans le cadre d'un problème examiné, est immédiatement éliminée de la course vers la vérité. Revenons maintenant sur la nécessité de la corroboration.

Nous avons indiqué que la théorie nouvelle ne vise pas la réfutation d'autres théories. Sa finalité ultime c'est la recherche de la vérité. Même quand une théorie est réfutée c'est toujours dans la perspective de se rapprocher plus près de la vérité, de connaître le monde avec plus de précision. C'est dans ce sens que la réussite des théories est essentielle pour faire progresser notre connaissance scientifique.

De là, il ressort une certaine nécessité des réussites de nos théories. Autrement dit, la corroboration est essentielle et fondamentale pour le progrès scientifique. Sans elle, il n'y aurait véritablement pas de progrès à proprement parler, parce que les réfutations à elles seules condamnent en définitive la science à s'arrêter d'un moment à un autre. En effet, comme nous l'avons vu précédemment, la nécessité de la corroboration renvoie au fait que les théories sont avancées non pas pour être rejetées, mais pour accéder à la vérité. Cela ne veut pas dire que la réfutation est sans importance. C'est une démarche essentielle dont la vocation est d'éliminer les théories non satisfaisantes, celles qui ne résolvent pas le problème examiné. On sait qu'une théorie ne résout pas le problème envisagé, quand elle ne résiste pas aux tests empiriques rigoureux auxquels elle a été soumise. Or, l'épistémologie invalidationniste montre que les théories ne sont pas formulées par pure fantaisie ou par caprice. C'est ainsi que Popper affirme : « notre objectif en tant que savant est de découvrir la vérité eu égard au problème posé, et nos théories représentent des tentatives sérieuses en ce sens [402]». Cela veut dire que le rôle du savant

[401] Karl R. Popper, *Op cit*, p.361.
[402] Karl R. POPPER, *Ibid*., p.362.

est de découvrir la vérité, de résoudre un problème scientifique intéressant. Ainsi, les théories ne sont pas de simples instruments exploratoires, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas élaborées pour simplement essayer d'approcher la réalité ; pour le dire trivialement, les théories ne sont pas des jouets. Ce sont de choses sérieuses, que l'on use pour comprendre la structure du monde. Les théories sont vraies en ce qu'elles se caractérisent en tant que véritables tentatives explicatives des phénomènes naturels. Même une théorie réfutée a été formulée (en son temps) en vue de cette finalité explicative des secrets de la nature. Les théories scientifiques sont de véritables outils dont nous disposons pour comprendre la nature.

C'est pourquoi il est demandé que nos théories les plus satisfaisantes parviennent à résister aux tests empiriques dans certains cas, même si ce n'est que provisoire. Si on prend la théorie de Kepler comme dépassée par celle du Newton, elle n'est pas réfutée dans son entièreté. Elle nous apprend quand même quelque chose, et ainsi fait reculer un pan de notre ignorance sur les phénomènes célestes. Le fait que Newton part de Kepler et de Galilée, pour élaborer son propre système, prouve clairement que le progrès scientifique prend sa source dans l'examen critique du savoir constitué. Les théories précédentes expliquent des choses qui sont provisoirement acceptées par la communauté des savants, même s'ils reconnaissent leurs faiblesses par rapport à la nouvelle théorie. La corroboration est une condition nécessaire et essentielle au progrès, contrairement aux deux premières conditions qui ne sont que nécessaires.

A ce stade, on peut se demander, si c'est le savant qui fait en sorte que la corroboration se produise ou que les théories soient réfutées à un moment donné ? Une réponse peut être tirée dans l'histoire même de la philosophie. Elle consiste à dire que la science est une activité humaine comme toute autre, et la nature qu'on interroge à l'aide de théorie scientifique est muette. De ce fait, l'homme en tant que « maître et possesseur de la nature (Descartes) » met en elle ce qu'il veut connaître d'elle (Kant). Nous apprenons des choses sur la nature que ce que nous avons voulu y voir. Dans tous les cas, même si on parvient à connaître des choses dont nous n'avons pas soupçonné l'existence, toujours est-il que c'est grâce à notre questionnement initial qu'on arrive à les découvrir. Le hasard est toujours provoqué. Ainsi, la corroboration peut être perçue comme l'œuvre du savant. C'est lui qui fait en sorte que les théories réussissent ou pas.

Cependant Popper montre que la réussite d'une théorie ne dépend pas de nous. Elle est due à la chance et surtout au fait que la structure mathématique du monde sur lequel on travaille ne soit pas complexe. C'est par pure contingence et hasard que nos théories résistent aux tests empiriques. En effet, lorsqu'on formule une théorie, rien ne dit d'avance que la théorie va réussir ou pas. Il n'y a aucune garantie, dans la mesure où on ne connait pas *a priori* des faits entrant en accord ou en désaccord avec la théorie. Ce n'est qu'à l'issue d'un certain nombre de tests empiriques qu'on pourrait connaître les faits qui corroborent ou réfutent la théorie. C'est

dans ce sens que s'inscrit cette affirmation poppérienne : « de toute évidence, il ne dépend pas de nous que soit satisfaite la troisième de nos conditions[403] ». Si nous pouvons faire en sorte que nos théories soient simples et prédisent potentiellement des faits nouveaux à partir d'une analyse logique, de certains axiomes fondamentalement posés, on peut en déduire d'autres, alors que la réussite de la théorie dépend exclusivement de l'expérience empirique. Il s'agit de soumettre la théorie à des réalités empiriques qui ne sont pas notre création. Ce sont elles qui peuvent décider de la corroboralité ou la réfutabilité de la théorie. Ce n'est pas le savant qui crée les preuves expérimentales ; elles existent indépendamment de lui. Malgré, la bonne volonté du savant à vouloir que la théorie réussisse, seule l'expérience permet de vérifier « certaines prédictions d'un genre nouveau [404]».

Par conséquent, la corroboration et la réfutation sont des facteurs décisifs au progrès scientifique. Car l'échec d'une théorie est au fond une réussite, bien que négative. Elle montre que la théorie en question n'est pas satisfaisante. Alors, il faut l'exclure de la course, et en chercher une autre plus satisfaisante. Le combat pour la vérité continue. Quant à la réussite positive (corroboration), elle montre que la théorie en question peut être retenue, elle constitue (pour le moment) la meilleure approximation de la vérité que d'autres. Cela signifie que le réfutationisme n'est pas une négation de la science. Au contraire, il vise les réussites des théories, dans l'optique de se rapprocher de plus en plus près de la vérité. Les théories non satisfaisantes doivent être éliminées au profit de celles qui permettent de mieux comprendre la structure du monde. Par conséquent, une théorie qui remplit seulement les deux premières conditions, sans la troisième, peut faire avancer la connaissance scientifique. Il faut qu'en plus d'elles, cette théorie résiste aux tests empiriques, c'est-à-dire qu'elle réussisse à faire certaines prédictions réussies pour qu'il y ait véritablement progrès scientifique (augmentation, accroissement positive de la connaissance scientifique). Une question demeure cependant : cette conception poppérienne du progrès scientifique se rapproche-t-elle de celle de Bachelard ?

I-2 La conception bachelardienne du progrès scientifique

Pour Bachelard l'évolution de la science se fait par obstacle et rupture épistémologique. Cette conception discontinue du progrès scientifique croise celle de Popper comme nous venons de le voir.

I-2.1 Progrès scientifique et obstacles épistémologiques

[403] Karl R. POPPER, *Op cit*, p.362.
[404] Karl R. POPPER, *Ibid.*, p.362.

L'idée d'obstacle épistémologique est étroitement liée à celle du progrès scientifique dans la mesure où la science progresse toujours en buttant contre les obstacles. Le progrès scientifique signifie une « évolution vers un mieux [405]», c'est-à-dire une amélioration de la connaissance scientifique (dans un domaine bien précis par exemple en Physique) au sens où les théories scientifiques acquièrent une efficacité prédictive : une capacité à mieux connaître les phénomènes scientifiques qu'ils soient anciens ou nouveaux[406]. C'est dans ce sens que s'inscrit le progrès scientifique à l'âge du nouvel esprit scientifique, qui a plongé l'homme dans un nouveau continent, celui de l'infiniment petit. Cela suppose que la science antérieure faisait obstacle à cette nouvelle science. Elle était un obstacle à la connaissance des phénomènes microscopiques car la science était perçue à cette époque comme une étude des objets macroscopiques. D'Aristote à Newton, cette conception est la même, au point qu'on pensait encore au XIXe siècle que la science avait atteint son apogée et que ses concepts primordiaux ne pouvaient pas connaître de réforme ou de refonte. C'est dans la recherche et l'acquisition de la connaissance que l'esprit est confronté aux obstacles épistémologiques. En d'autres termes, « c'est dans l'acte même de connaître, intimement qu'apparaissent par une sorte de nécessité fonctionnelle des lenteurs et des troubles[407]». Les obstacles épistémologiques ne sont pas extérieurs à la connaissance scientifique elle-même. C'est à l'intérieur qu'on les retrouve, car la pensée scientifique connait toujours des lenteurs et des troubles qui freinent son développement.

L'obstacle épistémologique est défini de façon générale comme étant « ce qui dans la connaissance présente, entrave l'accès à une connaissance *autre* [408]». C'est tout ce qui est lié à la connaissance scientifique actuelle et empêche de parvenir à une nouvelle connaissance ; ce sont les causes de stagnation, de régression et d'inertie qui sont contenues dans la connaissance scientifique elle-même. En effet, la connaissance scientifique n'est pas un savoir purifié de toute impureté. Mais elle contient toujours des ombres qui obstruent le passage à un nouveau savoir. C'est dire que l'accès à la connaissance scientifique est un chemin parsemé d'em- buches. « C'est là [dit Bachelard] que nous montrerons des causes de stagnation et même de régression, c'est là que nous décèlerons des causes d'inertie que nous appellerons des obstacles épistémologiques[409]». Les obstacles épistémologiques sont des causes de stagnation, de régression et d'inertie, c'est-à-dire tout ce qui, présent, dans la connaissance actuelle empêche l'accès à une connaissance nouvelle plus rationnelle et objective. Ces causes rendent la pensée scientifique immobile ou régressive. Au sens où la recherche scientifique ne produit pas des choses

[405] Léna SOLER, *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipse, 2000, p.210. Souligné dans le texte.
[406] Des problèmes qui étaient restés jusque-là inconnus, que les scientifiques antérieurs n'avaient même pas soupçonnés.
[407] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.15.
[408] Léna SOLER, *Op cit.*, p.166.
[409] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.15.

nouvelles et elle va même jusqu'à reprendre des choses déjà passées qu'elle présente comme une connaissance nouvelle et objective.

C'est ce que nous révèle l'histoire de la photochimie telle que nous la fait comprendre Bachelard : au XVIIIe et XIXe siècles la photochimie est primitive, elle s'appuie sur l'expérience immédiate[410]. Une telle conception empêchait de parvenir à une connaissance plus approfondie sur le rapport entre la lumière et la matière ; certains problèmes étaient ainsi voilés. Ce rapport nécessitait plus de recherches au lieu de se contenter seulement des affirmations approximatives sur l'action de la lumière, comme le font Macquer, Fourcroy, etc. C'est donc auprès des scientifiques, des chimistes eux-mêmes, qu'on observe les obstacles épistémologiques dans la photochimie ancienne. Il s'agit des causes de stagnation et d'inertie telle la connaissance du réel, la connaissance antérieure, des habitudes intellectuelles, des doctrines, des conceptions, des théories etc. Cela montre que la science progresse non pas de façon cumulative, mais de façon discontinue. Il survient toujours des mutations radicales en histoire des sciences, qui apportent des changements, un renouveau de la pensée scientifique, et en même temps celui de notre représentation du monde tel qu'on le voit avec la théorie de la relativité et la mécanique quantique. L'épistémologie bachelardienne est donc une épistémologie dynamique, qui a pour tâche de rendre compte de l'histoire discontinue de la science empirique par la notion d'obstacle épistémologique[411].

Bachelard présente les obstacles à la connaissance scientifique dans une sorte de chronologie fonctionnelle : ils se présentent dans un ordre où certains sont au commencement et d'autres à la fin. En effet, certains obstacles sont premiers dans la formation de l'esprit scientifique chez l'élève, dans la mesure où l'esprit est confronté à ces derniers au début de la formation scientifique. Et si un obstacle n'est pas surmonté, il finit par devenir une véritable cause de sclérose de l'esprit de l'apprenant, au sens où celui-ci ne pourra pas progresser dans la culture scientifique. Il accumulera des incompréhensions, c'est-à-dire des principes, des notions, des calculs, des formules incomprises. De plus, cet obstacle épistémologique a aussi une portée historique. Cela veut dire que c'est le premier obstacle auquel a été confrontée la pensée scientifique dans sa genèse. Selon Bachelard, l'esprit scientifique est entravé dès sa naissance par des obstacles contraires. C'est dans ce sens que la science au XVIIe siècle a été enseignée dans une perspective purement empiriste, ce qui constituait un véritable obstacle de base à la culture scientifique.

[410] Gaston BACHELARD, *Etudes*, Paris, J Vrin, 1970, pp.43-74.
[411] Jean SEIDENGART, « Ruptures et révolutions scientifiques : la révolution copernicienne », *Actualité et postérité de Gaston Bachelard*, Paris, Vrin, 1997, dir Pascal Nouvel, p.141.

Il s'agit principalement de l'expérience première. On entend par là l'observation première, c'est-à-dire la perception immédiate des phénomènes naturels « placée avant et au-dessus de la critique ». Elle produit ainsi une connaissance immédiate. Or, les connaissances immédiates ou premières sont impures, c'est dire qu'elles sont brouillées, confuses. Elles ne donnent pas une compréhension objective des phénomènes naturels. C'est dans cette optique que s'inscrit un individu sans connaissance scientifique préalable qui observe pour la première fois un corps immergé ; il va sans doute penser que ce corps flotte parce qu'il est léger. Cela signifie qu'il ignore l'effet de la poussée d'Archimède. De ce fait, penser que la légèreté est à l'origine de la flottaison est une connaissance erronée ou fausse, car l'observation première ne lui donne pas ici une connaissance objective. Il faut alors aller au-delà de cette observation pour comprendre effectivement le phénomène de la flottaison, car « cette observation première se présente avec un luxe d'images, elle est pittoresque, concrète, naturelle, facile »[412]. L'observation est imagée et colorée ; c'est-à-dire qu'elle présente les images premières des phénomènes naturels qui se présentent à nos sens et attirent notre attention, nous charment, par leurs aspects. Une telle observation est négative puis qu'elle est une image, elle est « un reflet ou une copie […] c'est quelque chose de lié au sens de la vision »[413]. L'image ne conduit pas à l'essence des choses ou des phénomènes, dans la mesure où elle a pour fonction première de produire des copies et non de créer des choses. C'est pourquoi elle est plus liée au sens qu'à la raison. On comprend donc que l'image se situe du côté de la matière, du sensible, souvent considéré comme une source de connaissance non fiable par la tradition rationaliste depuis Platon. C'est ainsi que « les philosophes, depuis Platon, ont toujours vu dans l'image une forme inférieure de la représentation, voire un obstacle à la pensée »[414]. A travers cette affirmation, Auroux montre que l'image entrave l'accès à la connaissance objective, car elle empêche de penser ; elle limite le sujet à ce qu'il voit, aux phénomènes naturels tels qu'ils se présentent à lui. C'est dans ce sens que Bachelard montre que l'observation première est toujours un premier obstacle à la culture scientifique, car elle attache l'esprit aux images naturelles des phénomènes, aux objets de la nature sans les questionner.

Par exemple, l'image d'une mangue verte ou mûre (jaune) empêche de connaitre l'essence de la mangue. Ainsi, penser l'essence de la mangue exige qu'on aille au-delà de cette image, qu'on transcende le simple cadre de la sensibilité pour contempler la dimension nouménale, qui ne peut être saisi que par la raison. Bachelard considère alors l'expérience première

[412] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique* (1938), Paris, Vrin, 2004, p. 23.
[413] Sylvain AUROUX *et al.*, *Dictionnaire des auteurs et des thèmes de la philosophie*, Paris, Hachette, 1991, p. 119.
[414] Sylvain AUROUX *et al.*, *Ibid*., p. 220.

comme le premier obstacle à la culture scientifique, dans la mesure où elle vient avant la critique. Cette observation impure valorise les images et le pittoresque, qui sont des véritables causes de stagnation de la pensée scientifique. Il y a ici production d'une connaissance première marquée par la sensibilité, qui entrave la connaissance objective des phénomènes. Ainsi, l'expérience première se caractérise comme « une philosophie facile qui s'appuie sur un sensualisme plus ou moins franc, romancé, et qui prétend recevoir ses leçons directement clair, net, sûr »[415]. La connaissance immédiate éloigne l'esprit des traits essentiels des phénomènes. Dans la pratique de l'éducation, cette affirmation peut trouver une explicitation effective, tout l'intérêt pédagogique des notions scientifiques permet de mieux le cerner.

Au-delà du pittoresque et des images, l'affectivité constitue le trait le plus caractéristique de l'expérience première. L'expérience première exprime plus la subjectivité de l'observateur. L'observation première d'un phénomène se fait toujours avec une masse d'affection, entendue comme l'ensemble des sentiments ou des considérations affectives que le sujet concentre sur un objet. D'une part, on juge affectivement le phénomène, c'est-à-dire qu'on pose une sorte de valeur affective sur lui : on le juge avec nos passions et nos désirs. D'autre part, l'observation première suscite en nous certaines émotions. Dans un tel contexte, l'observateur omet de regarder les éléments les plus essentiels du phénomène, il se limite à la simple apparence. C'est pourquoi Bachelard affirme : « ce qu'il y a de plus immédiat dans l'expérience première c'est encore nous-mêmes, nos sourdes passions, nos désirs inconscients »[416]. En d'autres termes, dans l'expérience première l'observateur est plus manifeste que l'objet lui-même, car le sujet projette sur l'objet ses impressions. Cela signifie que, lorsqu'il est face aux phénomènes, il manifeste de manière spontanée des sentiments sur ces derniers.

Par conséquent, ces sentiments influencent la représentation objective qu'on peut se faire de ces phénomènes. C'est dans ce sens qu'on voit seulement ce qui provoque en nous l'émotion et non ce qui suscite en nous la critique ou la réflexion. Ainsi, l'accès à la connaissance objective se trouve entravé par nos affects. Même lorsqu'on pose un jugement dans le cadre de l'expérience première, il est pleinement subjectif, puisqu'on le fait avec nos passions et nos désirs. C'est ici comme on le verra dans la suite de notre propos, l'une des raisons pour lesquelles il est nécessaire de développer une psychanalyse de la connaissance objective dans la recherche scientifique, dont l'objectif est de susciter des ruptures épistémologiques ou de surmonter les obstacles épistémologiques. Un regard approfondi sur l'étude bachelardienne de la notion d'obstacle épistémologique ouvre la voie à une considération d'obstacles pédagogiques secondaires, car Bachelard commence d'abord par montrer la présence de l'intuition

[415] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique* (1938), Paris, Vrin, 2004, p. 23.
[416] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p. 54.

première comme premier obstacle à la culture scientifique, avant de montrer par la suite comment l'esprit rencontre d'autres obstacles qui découlent déjà du contact avec la culture scientifique. Le caractère secondaire de ces obstacles est décrit par Bachelard en termes psychologiques et non de manière temporelle, puisqu'il se réfère abondamment à la pensée préscientifique et au XVIIIe siècle, pour les caractériser et pour montrer leur résistance, au-delà même des contextes qui leur ont donné naissance. On peut voir alors comment, à une même époque, se manifestent des obstacles épistémologiques bien différents de telle sorte que, si l'on veut mieux les caractériser chez Bachelard, il serait mieux de parler des obstacles premiers et des obstacles secondaires. Il s'agit principalement de la connaissance générale, de l'obstacle verbal, de la connaissance unitaire et pragmatique, du substantialisme, et de l'animisme.

Par « connaissance générale », Bachelard désigne l'ensemble des idées globales ou globalisantes qui portent sur un phénomène. Sa valorisation, d'après Bachelard, a commencé depuis Aristote, se poursuivant jusqu'à Bacon. Le premier affirmait qu'il n'y a de science que du général comme pour dire que l'explication phénoménale ou ce qui explique les objets de la nature, c'est l'analogie, c'est-à-dire ce qu'ils ont de commun. C'est le mouvement par exemple qui est à l'origine de toute chose physique et naturelle. Les hommes, les animaux, les végétaux sont logés à la même enseigne. Quant à Bacon, avec sa méthode inductive, il prétend aboutir à la loi générale qui gouverne des phénomènes particuliers à partir de la ressemblance qu'ils sont supposés avoir. C'est dire qu'à partir de l'observation d'un ensemble de faits on conclut hâtivement qu'ils sont régis par les mêmes principes. Par exemple, « les professeurs de philosophie décrivent rapidement la chute de divers corps et concluent : tous les corps tombent[417]». Par une collection de faits particuliers, ces professeurs prétendent parvenir à la loi scientifique générale de la chute des corps : belle illustration de résumés généraux qui immobilisent la pensée et bloquent la recherche approfondie.

La connaissance générale est une connaissance inductive voire empiriste. Car elle consiste à partir de l'observation des phénomènes ou des faits de la nature pour faire ressortir leur dénominateur commun (l'identité des phénomènes). Il s'agit, selon Bachelard, des grandes vérités, des définitions intangibles qui sont placées à la base de la compréhension des phénomènes scientifiques. Ce sont des généralités les plus grandes que l'on met au fondement de la culture scientifique. C'est ainsi « qu'à la base de la mécanique, dit Bachelard, tous les corps tombent. A la base de l'optique tous les rayons lumineux se propagent en ligne droite. A la base de la biologie : tous les êtres vivants sont mortels. On mettrait ainsi au seuil de chaque science, de grandes vérités premières [418]». Cependant, ces grandes vérités premières aux allures de lois

[417] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.68.
[418] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.68.

scientifiques générales apparaissent comme des causes d'inertie de la pensée scientifique, dans la mesure où elles ne donnent pas une connaissance objective du phénomène étudié, en ce sens qu'elles ne font pas une explication détaillée du phénomène. Mais elles répondent de manière générale au problème posé. Dans ce cas, il y a occultation des traits spécifiques ou essentiels qui définissent le phénomène. Or la connaissance scientifique est par essence un savoir précis qui vise le détail. « Pour l'esprit préscientifique, poursuit Bachelard, le verbe tomber est suffisamment descriptif, il donne une essence du phénomène de la chute [419]». Autrement dit, la loi générale de la chute des corps empêche de comprendre ce qui est véritablement à la base de la *chute*. Comme le dit Bachelard, les lois générales répondent en bloc sans questionner les phénomènes.

D'où le fait qu'elles n'expliquent pas les phénomènes en tant que tels, mais elles expliquent seulement les mots. Elles sont seulement linguistiques et non scientifiques. D'une considération phénoménale, elles sont marquées par le caractère de la sensibilité, de l'empirisme naïf, car elles ne portent que sur le naturel immédiat, c'est-à-dire sur les données sensibles. C'est pourquoi il est difficile à partir d'elles de tout comprendre, de tout expliquer. De ce fait, la connaissance générale est par essence une connaissance vague et imprécise.

Dans l'épistémologie bachelardienne, l'obstacle verbal et la connaissance unitaire et pragmatique sont aussi présentés comme de véritables sources de ralentissement de la formation de l'esprit scientifique ou du progrès scientifique. Par « obstacle verbale » Bachelard désigne le fait qu'un seul mot, une seule image constitue l'explication d'un ensemble de phénomènes distincts. C'est l'explication de plusieurs phénomènes scientifiques à partir d'un seul mot explicatif. Il s'agit précisément des habitudes verbales des savants dans l'explication des phénomènes naturels. Ces mots explicatifs sont vus comme des matrices, c'est-à-dire comme des mots fédérateurs, qui expliquent tout avec une évidence claire et distincte : on se réfère à un même mot pour expliquer les phénomènes mécaniques, électriques, chimiques etc. C'est le cas de l'éponge. Au XVIIIe siècle, ce mot expliquait tout, que ce soit dans les sciences physiques ou dans l'histoire naturelle. Une telle explication entrave la connaissance scientifique, dans la mesure où le mot explicatif exprime simplement les phénomènes de nature différente par des métaphores. Or, « les métaphores séduisent la raison [420]». Les métaphores ne donnent pas une représentation objective de la réalité scientifique, dans la mesure où elles ne produisent que des simples vues générales qui voilent les traits essentiels des phénomènes. Le phénomène ne peut être connu profondément. Aussi, l'enseignement de la science n'est pas épargné par des « mots obstacles [421]». Un enseignant de science devra donc faire attention à la présence de ces mots

[419] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.69.
[420]Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.95. [421]
Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.100.

explicatifs dans son enseignement. Par contre, « la connaissance unitaire et pragmatique » est la connaissance qui consiste à expliquer les phénomènes scientifiques par « référence à un principe générale de la nature[422] » et par induction utilitaire. Les phénomènes sont dans un tout homogène et harmonique. C'est-à-dire qu'ils sont unis par une seule et même chose de la Nature.

Par exemple, la perfection de la nature constitue le principe à partir duquel s'expliquent tous les phénomènes naturels. Ceux-ci sont considérés comme obéissant tous à une perfection, à une sorte d'harmonie. Aussi, ces phénomènes sont considérés comme ayant une utilité. Dans ce cas, on s'écarte de la connaissance véritable, dans la mesure où l'unification grandiose des phénomènes éloigne des aspects particuliers, détaillés, qui sont nécessaires à la compréhension profonde des objets de la nature. De même, l'explication par l'utilité n'explique pas le phénomène lui-même, mais son but et non ce qu'il est. Ainsi, connaître un phénomène par son utilité c'est demeurer dans une méconnaissance de son essence. Comme l'a si bien montré Bachelard, la physique et l'électricité des XVIe, XVIIe, et XVIIIe siècles sont remplies d'explications unitaires et pragmatiques qui faisaient obstacle à une compréhension objective des phénomènes physiques et électriques à ces époques.

Quant à l'« obstacle substantialiste », Bachelard désigne la tendance qui consiste à « unir directement à la substance des qualités diverses aussi bien une qualité superficielle qu'une qualité profonde, aussi bien une qualité manifeste qu'une qualité occulte [423]». C'est l'explication d'un phénomène naturel à partir de plusieurs propriétés de la substance qu'on lui attribue. Ainsi, l'explication substantielle est une entrave à la connaissance objective, dans la mesure où elle est brève et péremptoire. C'est-à-dire qu'elle donne une représentation limitée et mal orientée du phénomène. De ce fait, la réponse qu'elle apporte, arrête la recherche, bloque la pensée, ne suscite pas le désir d'aller au-delà de ce qu'on connaît déjà sur le phénomène, puisque cette connaissance est trop vite considérée comme un acquis. Ce qui est acquis ne peut plus faire l'objet d'une quelconque étude. Cependant, en science, une connaissance acquise n'est jamais une connaissance absolue, car les théories scientifiques sont en perpétuelle rupture. Par ailleurs, le substantialisme manifeste dans les sciences physiques apporte des vérités qui semblent être absolues. C'est dans ce sens que Bachelard affirme : « la réponse substantialiste étouffe toutes les questions [424]». Cette attitude est constante dans l'histoire de l'électricité. Par exemple, plusieurs auteurs du XVIIIe siècle attribuaient au fluide électrique plusieurs qualités substantielles parfois opposées entre elles, pour paraphraser Bachelard. Dans l'enseignement de la science, les explications substantialistes exercent les mêmes ravages. Le substantialisme

[422] Gaston BACHELARD, *Op cit.,* p.101.
[423] Gaston BACHELARD, *Ibid.,* p.116.
[424] Gaston BACHELARD, *Ibid.,* p.124.

entrave aussi l'acquisition de la connaissance scientifique chez l'apprenant. De ce fait, ces explications donnent des réponses qui bloquent la pensée de l'élève, c'est-à-dire qu'elles ne suscitent pas en lui des questions nouvelles. De plus, elles l'orientent vers des faux problèmes, étant donné que la connaissance d'un phénomène à partir de ces diverses qualités empiriques ne permet pas de le connaître véritablement.

En résumé, Bachelard définit l'obstacle épistémologique comme étant tout ce qui dans l'acte de connaître entrave l'accès à une nouvelle connaissance (objective). Ces obstacles sont inhérents à la science elle-même. Ils sont contenus dans la science et sont liés à l'esprit de l'homme. C'est dans l'esprit qu'on les vit puisque connaître est un acte spirituel. De même, Bachelard constate que l'enseignement de la science est aussi confronté aux obstacles épistémologiques qu'il appelle particulièrement obstacles pédagogiques, comme étant ce qui fait obstacle à l'acquisition de la connaissance scientifique chez l'élève. Il s'agit notamment de l'expérience première, de la connaissance générale, du substantialisme, de l'animisme, de la connaissance unitaire et pragmatique, etc. ; ils s'opposent tous à la connaissance, c'est-à-dire à la formation de l'esprit scientifique chez l'apprenant. Cela est perceptible dans l'enseignement à partir de l'état de la science enseignée et de la manière dont elle est transmise dans le secondaire. D'où les obstacles épistémologiques comme ce qui freinent le développement de la connaissance scientifique. C'est en surmontant ces obstacles que la science empirique avance véritablement. C'est quand il y a rupture épistémologique que le progrès scientifique est effectif.

I-2.2 Progrès scientifique et ruptures épistémologiques

La rupture avec les obstacles épistémologiques, dans la perspective de l'éducation scientifique, passe nécessairement par une destruction préalable de tout ce qui résiste au questionnement de la pensée pour aboutir à une reconstruction du savoir, puisque la psychanalyse de la connaissance objective apparaît comme « mise en question et reconstruction sur de nouvelles bases psychologiques et épistémologiques [425]». Comme l'a si bien montré Bachelard, il est nécessaire de détruire l'ancien savoir pour élaborer un savoir nouveau pur ou objectif dans le processus de formation de l'esprit scientifique chez l'apprenant. Bachelard montre que la culture scientifique commence par une « catharsis intellectuelle et affective ». De même, la formation de l'esprit scientifique chez l'élève se fonde sur cette catharsis, qui est en réalité une sorte de destruction et de reconstruction du savoir. Par cette destruction initiale du savoir, Bachelard désigne une désorganisation, une mise à plat des connaissances initiales. Il s'agit d'une

[425] Bernadette FLEURY et Michel FABRE, « Psychanalyse de la connaissance et Problématique des pratiques pédagogiques. La longue marche vers le processus ‘'apprendre''» *Recherche et Formation*, N°48, 2005, p.77.

mise en question de ce que le sujet connaît déjà. Il s'agit alors de « renverser les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne [426]». Ce renversement exige préalablement que l'enseignant décèle les obstacles épistémologiques contenus dans l'esprit de l'élève. C'est dire que l'enseignant doit d'abord identifier tout ce qui est présent dans l'esprit de l'enfant et qui l'empêche d'accéder à la connaissance scientifique, avant de les détruire. Il s'agit de repérer les connaissances empiriques, c'est-à-dire les idées, les représentations et même les concepts qu'il a sur le monde.

L'enseignant doit aussi repérer l'affectivité ou du moins la valorisation que l'élève concentre sur un phénomène scientifique, car « nous avons tant besoin d'être tout entier dans notre vision du monde : mais c'est précisément ce besoin qu'il faut vaincre [427]». On comprend que l'enseignant doit détruire chez l'élève deux catégories d'obstacles épistémologiques, à savoir les obstacles liés à la vie quotidienne et ceux qui sont liés à la culture scientifique elle-même. En effet, avant de venir à la culture scientifique, c'est-à-dire au cours de science, il a déjà acquis une certaine connaissance empirique. Etant déjà dans la culture scientifique, il rencontre d'autres obstacles qui dépendent non plus de lui mais de la science enseignée. C'est pourquoi Bachelard dit qu' « il s'agit alors, non pas d'acquérir de culture expérimentale, mais de changer de culture expérimentale [428]». Ce changement de culture suppose que la première ne soit pas scientifique, c'est un obstacle qu'il faut détruire. Ainsi, après l'identification des obstacles épistémologiques, il faudrait maintenant que l'enseignant amène les élèves à renoncer avec eux, en les censurant, en les disqualifiant.

Cette opération consiste à montrer à l'élève que les idées ou les représentations qu'il a sur le monde sont fausses. Dans cette perspective, l'apprenant cesse de les considérer comme des vérités scientifiques ou comme un savoir scientifique. De même, il cesse de poser des valorisations sur des phénomènes. En un mot, l'élève est conduit à changer d'intérêts sur les phénomènes, en critiquant négativement les premières tensions qu'il a sur le phénomène. Il s'agit de montrer que la représentation qu'il a de tel phénomène n'est pas juste. Aussitôt s'amorce dans le psychisme de l'enfant le processus de rejet, c'est-à-dire de déconsidération de ses propres idées. C'est une sorte de mise à niveau de ses propres schèmes intellectuels. Et le succès de cette opération réside dans le fait que la destruction s'accompagnerait d'une explication rationnelle. Il s'agira de montrer en quoi telle idée ou représentation première de l'élève sur tel ou tel phénomène est fausse. Dans l'enseignement de la physique, un exemple illustre bien cet état de choses :

[426] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004p.21.
[427] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.287.
[428] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.21.

> « L'équilibre des corps flottants fait l'objet d'une intuition familière qui est un tissu d'erreurs. D'une manière plus ou moins nette, on attribue une activité au corps qui flotte, mieux au corps qui nage. Si l'on essaie avec la main d'enfoncer un morceau de bois dans l'eau il résiste. On attribue facilement la résistance à l'eau. Il est dès lors difficile de faire comprendre le principe d'Archimède dans son étonnante simplicité mathématique si l'on n'a pas d'abord critiqué et désorganisé le complexe impur des intuitions premières. En particulier sans cette psychanalyse des erreurs initiales, on ne fera jamais comprendre que le corps qui émerge et le corps complètement immergé obéissent à la même loi[429] »

A travers cet exemple Bachelard montre que la compréhension du principe d'Archimède est difficile, si l'enseignant ne détruit pas au préalable les fausses représentations que l'élève a sur le phénomène des corps flottants. En effet, l'apprenant attribue le plus souvent la résistance au corps immergé. Dans la vie quotidienne, il a déjà fait l'expérience qu'un morceau de bois résiste dans l'eau. Ainsi, l'enseignant doit faire comprendre à l'élève que la résistance ne dépend pas seulement du bois, en lui expliquant qu'elle dépend du rapport entre l'eau et le corps immergé. A cet égard, il est possible de faire comprendre à l'élève dans son aspect mathématique, le principe d'Archimède. A ce titre, dans la psychanalyse de la connaissance objective, après la destruction des obstacles épistémologiques qui empêchent à l'élève d'accéder à la connaissance, vient une autre opération psychanalytique, à savoir la reconstruction de l'édifice du savoir. Après avoir fait table rase des représentations antérieures et l'affectivité que l'élève concentre sur un phénomène, l'enseignant peut transmettre à l'élève la connaissance scientifique.

D'après Bachelard, la reconstruction du savoir, ou pour mieux dire, la reconstruction de l'édifice du savoir de l'élève, est une rectification, une refonte de son savoir. Il s'agit de refaire la culture expérimentale de l'enfant en lui transmettant le savoir véritable. En d'autres termes, c'est l'opération psychanalytique qui consiste à transmettre à l'élève la connaissance scientifique purifiée de toute entrave à la connaissance. Dans ce cas l'enseignant peut maintenant présenter les notions scientifiques à l'élève. Cette présentation est en réalité une sorte d'explication précise de ce que le maître veut transmettre à l'apprenant, c'est-à-dire rentrer dans le détail même de la notion : présenter la connaissance objective à l'élève qui est en réalité une rectification d'erreurs premières. C'est pourquoi Bachelard affirme : « le processus de rectification discursive […] paraît être le processus fondamental de la connaissance objective [430]». La reconstruction du savoir est une opération qui conduit sûrement l'élève à acquérir un savoir objectif, dans la mesure où la reconstruction produit à l'élève un savoir purifié de toute forme d'inertie ou de stagnation. A cet égard, l'enseignant amène l'élève à comprendre correctement les notions scientifiques, puisqu'il doit s'appuyer sur une approche diachronique de la science. Cette approche permet à l'enseignant de montrer à l'élève comment une théorie a été élaborée, en évoquant les différentes variations qu'elle a traversé dans son passé. C'est ainsi qu'un « élève

[429] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.21.
[430] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.289.

comprendra mieux la valeur de la notion galiléenne de la vitesse si le professeur a su exposer le rôle aristotélicien de la vitesse dans le mouvement [431]». Bachelard nous montre ici que chaque notion scientifique a tout un passé que l'enseignant doit prendre en compte, car les théories scientifiques ne naissent pas *ex nihilo,* elles viennent toujours de quelque part, de l'ancien savoir ou du moins des cendres de la connaissance antérieure.

Pour que l'élève les comprenne mieux, pour qu'il saisisse réellement le sens objectif d'une notion ou d'une théorie, il faut que l'enseignant expose d'abord le passé de cette notion, en montrant les ruptures qu'elle a connu dans le temps avant d'être ce qu'elle est présentement. Par conséquent, cela conduit l'élève à avoir une vision objective de la science. En ce sens que la représentation erronée qu'il avait est complètement changée par une vraie connaissance, qui dit avec précision ce que sont les phénomènes. En critiquant l'épistémologie cartésienne Bachelard affirme que « si l'on suit le progrès exact de l'expérience, on doit arriver à cette conclusion : ce ne sont pas les métaux alcalins qui reçoivent l'image hydrogénoide mais bien plutôt l'hydrogène qui reçoit l'image alcalinoide [432]». Avec l'expérimentation on a pu montrer avec précision que le spectre d'hydrogène est un spectre alcalinoide et non l'inverse.

Dans l'enseignement élémentaire de la science, l'enseignant peut transmettre de telles connaissances qu'après avoir détruit au préalable la connaissance première que l'élève a reçue, à savoir que c'est l'alcalinoide que reçoit l'hydrogène. Poursuit Bachelard : « quand le résultat correct est maintenu dans la mémoire, c'est souvent grâce à la construction d'un échafaudage d'erreurs [433]». C'est dire que la reconstruction du savoir de l'élève vise une transmission exacte des réponses aux questions que l'élève ou le professeur se pose à la base dans le cours de science. Dès lors, l'esprit de l'élève est prêt à recevoir la connaissance scientifique qui est une connaissance nouménale, dans la mesure où elle porte sur des objets qui ne sont pas concrets mais abstraits. La pédagogie dynamique permet aussi de rompre avec les obstacles épistémologiques par le « corrationalisme ». Celui-ci renvoie au rapport entre deux rationalités qui travaillent ensemble et s'influencent réciproquement sur une question bien précise. C'est une coopération des « travailleurs de la preuve » selon l'expression de Bachelard.

Cependant, les travailleurs de la preuve ne sont pas forcément les membres d'un même laboratoire. Mais ils sont unis par le simple fait qu'ils travaillent sur une même question. Cela suppose donc une prise en compte de ce que les autres produisent aussi sur la même question. D'autre part, les « travailleurs de la preuve » (de la vérité scientifique ou de l'objectivité scientifique) peuvent aussi être les membres d'un même laboratoire qui travaillent quotidiennement

[431] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, Quadrige/PUF, 2009, p.56.
[432] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.158.
[433] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.280.

ensemble. C'est dans ce sens que Bachelard parle du corrationalisme dans la pédagogie dynamique ou épistémologique. Dans cette perspective, le corrationalisme désigne les rapports dynamiques entre le rationalisme enseignant et le rationalisme enseigné. Bachelard parle d'une dialectique dynamique entre l'enseignant et l'enseigné en vue d'un apprentissage véritable de la science. Il s'agit de ne plus considérer le rapport enseignant/enseigné comme une simple relation à sens unique mais comme une co-relation. Dans le premier cas (la simple relation), le rapport est vécu de façon unilatérale. Ce qui, par conséquent, rend inflexible la relation enseignant/enseigné. C'est dire que l'enseignant est considéré comme le maître, tout puissant détenteur du savoir, et qui impose ces vues dogmatiques à l'élève avec autorité. Dans le second cas (la co-relation), l'enseignant et l'élève sont considérés comme des associés. C'est dire que les deux participent à la construction du savoir transmis.

A cet égard, il s'instaure un dialogue où se renouvelle la pensée de chacun, puisque l'intersubjectivisme, ou pour mieux dire, la raison de l'enseignant et celle de l'enseigné conduisent à une objectivation de la connaissance. C'est pourquoi « il faut renouveler l'esprit, dit Bachelard, au contact d'une expérience nouvelle [434]». Le corrationalisme doit être vécu comme une expérience de pédagogie scientifique dynamique. Les questions de l'enseignant doivent amener l'apprenant à modifier les fausses représentations qu'il se faisait sur tel ou tel phénomène. De même, les questions de l'élève doivent conduire l'enseignant en quelque manière à ajuster son savoir et ses pratiques pédagogiques, afin de permettre à l'élève d'accéder efficacement à la connaissance scientifique. L'efficacité viendrait du fait que la transmission des connaissances se ferait sans entraves, c'est-à-dire sans obstacles épistémologiques. Cependant, le corrationalisme exige une certaine disponibilité d'esprit. L'enseignant et l'élève doivent être disposés à accepter les modifications que l'intersubjectivisme réclame. L'enseignant de science doit être préparé à accepter l'ajustement de son savoir, à renoncer avec les pratiques pédagogiques qui ne favorisent pas la compréhension des notions chez l'élève. Celui-ci doit être aussi préparé à délaisser ses fausses représentations sur le savoir enseigné face à la critique ou la destruction du savoir opérée par l'enseignant.

La disponibilité d'esprit opère déjà en l'élève une certaine rupture, même si elle n'est pas encore effective. La disponibilité d'esprit, c'est l'état d'ouverture à la rupture interne du savoir. Cette disponibilité rend le sujet prêt à toute éventualité qui viendrait contredire ses convictions les plus tenaces. C'est dans ce sens que Bachelard dit : « la culture scientifique réclame de plus grand renoncements[435] ». Les expériences nouvelles en science entrainent toujours une refonte des bases du savoir. Ainsi, dans l'enseignement scientifique, l'enseignant doit être apte

[434] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué*, Paris, Quadrige/PUF, 1998, p.43.
[435] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.43.

à changer ses habitudes lorsque le questionnement de l'élève le met en face d'une nouvelle perspective de l'objet qu'il étudie. C'est pourquoi la disponibilité d'esprit est essentielle, car elle met l'enseignant et l'enseigné en situation de vivre des changements spirituels effectifs, de réaménager leurs savoirs à tout moment. Par exemple, l'enseignant de science doit être disposé à renoncer à sa connaissance générale sur la chute des corps face à une question précise de l'élève. Il doit alors se rendre compte de la présence des forces de pesanteurs opposées qui agissent inversement.

Le corrationalisme permet ainsi de rompre avec les obstacles épistémologiques en ce sens qu'il établit une intersubjectivité fonctionnelle entre l'enseignant et l'enseigné à partir des événements de la raison. En effet, les notions ou théories scientifiques nouvelles telles que la mécanique ondulatoire, la mécanique des quanta ou encore la Relativité mettent l'enseignant et l'élève devant de constants réaménagements. L'enseignant renonce avec ses erreurs face à l'élève et vice versa, dans la mesure où les questionnements de l'élève poussent l'enseignant à se remettre en cause puisque les événements de la raison « absolvent autrui de ses erreurs ou par eux, autrui nous absout de nos erreurs [436]». La transmission de notions ou théories scientifiques aux élèves dans la dialectique du je-tu entraine nécessairement une réduction des erreurs personnelles, car l'influence réciproque du je et du tu, ou pour mieux dire, la confrontation permanente avec autrui me restaure, en ce sens qu'il m'aide par sa coopération à comprendre mieux c'est-à-dire avec précision certains phénomènes, à comprendre que telle ou telle question n'avait pas été bien comprise. C'est dire que l'enseignant bienveillant voit en l'élève un surveillant de sa pensée, un potentiel contrôleur de sa pensée. C'est dans cette perspective que Bachelard dit « une pensée qui s'est surveillée pour acquérir une précision dans son application affronte la surveillance des autres [437]». L'enseignant de science est supposé avoir une connaissance qu'il maîtrise précisément. A cet égard, il doit la mettre au crible de la raison de l'élève afin de détecter les erreurs contenues. Sans doute, on nous objectera que l'élève manque de raison suffisante. Mais le problème n'est pas la raison insuffisante de l'élève.

En effet, un élève en situation de bonne disposition d'esprit est toujours prompt à questionner et se questionner. Dans ce questionnement certaines interrogations peuvent amener l'enseignant à voir des aspects cachés du phénomène qu'il ne saisissait pas. Dans ce cas, il doit avoir simplement le courage de rompre avec ses convictions subjectives. C'est une crise qu'il doit accepter de vivre. Une crise qui le met en situation de véritable apprenant. « En soulignant l'importance de l'instant pédagogique je peux dire que je me dédouble en professeur et éco- lier [438]» ; à travers cette affirmation, Bachelard montre que devant la connaissance scientifique,

[436] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.44.
[437] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.63.
[438]Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.26.

le sujet connaissant n'est jamais homogène, c'est-à-dire indivisible. A la fois il élabore la connaissance et il apprend. Ainsi, l'enseignant de science en même temps qu'il fait apprendre, apprend aussi lui-même dans son rapport dynamique avec l'élève.

Une telle pédagogie rend l'enseignement de la science dynamique, car l'enseignant rompt avec toute autorité ou sévérité qui bloque la pensée de l'élève, et suscite à l'inverse un goût permanent d'apprendre. C'est pourquoi Bachelard dit « l'intersubjectivité rationaliste s'établit en échangeant des événements de la raison ; elle s'anime dans des dialectiques de nouveautés. Elle détermine non pas un orgueil – mais un goût jamais apaisé d'apprendre [439]». Dans la dialectique du je-tu se joue tout un ensemble d'instances rationnelles qui dynamisent la pensée, que ce soit du côté du rationalisme enseignant ou du rationalisme enseigné. De ce fait, l'élève aide aussi l'enseignant à comprendre certains problèmes, puisque l'école est une opération permanente, voire continuelle. On n'apprend pas une fois pour toute, comme les enseignants en général veulent nous le faire comprendre. Mais l'apprentissage se fait à tout moment de la vie pensante. Enseigner la science c'est se mettre dans la situation perpétuelle d'écolier : « il n'y a de science que par une Ecole permanente. C'est cette école que la science doit fonder[440]». La connaissance scientifique met l'élève et l'enseignant en situation d'actualisation permanente de leurs connaissances. Le corrationalisme opère de véritables ruptures épistémologiques dans l'enseignement de la science. Car l'intersubjectivisme rationaliste qui s'établit entre l'enseignant et l'élève entraine une remise en cause permanente du savoir. Par le questionnement de l'élève, l'enseignant découvre ses fautes intellectuelles. En clair la dialectique du questionnement entre l'enseignant et l'enseigné conduit à une valorisation de l'erreur. La prise en compte de l'erreur par l'enseignant entraine un progrès de connaissance chez l'élève, dans la mesure où la rectification de l'erreur produit la bonne compréhension chez l'élève.

I-2.3 Une évolution discontinue des sciences

La rupture avec les obstacles épistémologiques dans l'enseignement de la science nécessite de faire appel à plusieurs disciplines qui ne sont pas forcément scientifiques. Bachelard pense qu'il faut introduire dans les cours de science une dimension diachronique ou historique. Car celle-ci permet de sortir d'une image unitaire et parfaite de la science, dans la mesure où elle replace une théorie, un concept ou un principe dans son contexte historique. Cela permet de voir les différents détours qu'a traversés une notion ou une théorie scientifique pour se constituer. Cette opération permet ainsi d'identifier les erreurs qui ont été rectifiées au fil du temps. De ce fait, l'élève comprend que la connaissance scientifique n'est pas un savoir parfait. Cette

[439]Gaston BACHELARD, *Op cit*., p.45.
[440] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.31.

compréhension suppose que l'élève a vécu une rupture épistémologique dans la mesure où il rompt avec l'intuition première qu'il avait de la science, à savoir que la science est un savoir qui ne contient pas d'erreurs. Alors qu'en réalité c'est un savoir toujours en perpétuel reconstruction. Il ne faut pas voir dans cette reconstruction l'idée d'une régression perpétuelle mais plutôt la voie même du progrès scientifique. Comme le dit Bachelard, le destin même de la science c'est d'aller toujours de l'avant, c'est de parvenir toujours à de nouvelles connaissances, de dévoiler toujours les mystères de la nature. Cependant ce progrès ne se fait pas de façon linéaire, il est souvent jalonné de contours sinueux. C'est dans ce sens que Bachelard dit : « de toute manière, prise dans son essence, la science ne saurait être cause de régression […] dans les périodes de régression générale, il semble que la vérité attende. Elle attend une renaissance [441]». Les vérités scientifiques tendent toujours vers une nouvelle perspective de recherche, vers de nouveaux problèmes. C'est pourquoi l'enseignant de science, en intégrant la dimension historique dans son cours, retrace le cheminement normal qu'a traversé une théorie ou une notion, et permet aux élèves de bien comprendre les théories qui lui sont enseignées, puisqu'il montre progressivement à l'élève comment on est parvenu au cours du temps à élaborer telle ou telle théorie.

Revenons sur une affirmation bachelardienne devenue courante dans notre ana- lyse : « l'élève comprendra mieux la valeur de la notion galiléenne de vitesse si le professeur a su exposer le rôle aristotélicien de la vitesse dans le mouvement.[442] ». C'est en critiquant la conception aristotélicienne de la vitesse que Galilée va préciser son concept de vitesse. Pour cela, l'enseignant doit d'abord exposer à l'élève cette conception aristotélicienne en faisant ressortir ses limites, avant de montrer la conception galiléenne de la vitesse. Dans ce cas, l'élève comprendra mieux pourquoi Galilée fait dépendre la vitesse de l'accélération. Dès lors, l'élève verra clairement que la notion de vitesse est passée du stade de confusion à celui de la précision, par une sorte de rupture avec « la croyance naïve dans les premiers succès de la raison (aristotélicienne) » sur la nature du mouvement.

L'histoire des sciences est d'un intérêt capital dans l'enseignement de la science, car elle éveille le goût de la découverte chez l'élève et permet aussi de rompre avec les obstacles épistémologiques toujours d'actualité dans la transmission des connaissances scientifiques aux apprenants. En effet, l'histoire des grands savants donnent à l'enseigné l'envie de faire aussi des découvertes qui peuvent marquer le monde. Le fait de relater la vie de certains scientifiques de renom qui ont marqué considérablement le progrès de la science est d'un grand intérêt pour les élèves, en ce sens que cela crée en eux une énergie positive, c'est-à-dire le désir de découvrir,

[441] Gaston Bachelard, *L'engagement rationaliste*, Paris, PUF, 1972, p.138.
[442] Gaston Bachelard, *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, PUF/Quadrige, 2009, p.56.

de rechercher, qui est au fond le désir de connaître. Ainsi, l'élève s'arme de courage et de rigueur personnelle qui le poussent à aller toujours de l'avant. Dans ce cas, la difficulté des études ne se présente plus comme un obstacle infranchissable mais plutôt comme une voie qui conduit à la réussite. Cela est de nature à susciter une envie de connaître plus fort que la lassitude qui envahit tout esprit confronté à une difficulté de compréhension d'une notion, d'un principe, bref d'un phénomène scientifique enseigné. L'envie de connaître le pousse à redoubler d'effort, à chercher et à questionner davantage. Ainsi l'enfant se libère de la satisfaction que produit la première vue de la chose enseignée toujours linéaire, statique. C'est pourquoi :

> « On demande donc que le professeur de sciences fasse connaître les génies scientifiques comme le professeur de lettres fait connaître les génies de la littérature. Même du simple point de vue humain, la recherche scientifique opiniâtre est un si grand exemple d'énergie, de ténacité, que la jeunesse aura toujours intérêt à entendre le récit de la vie d'un Bernard Palissy, d'un Galilée d'un Kepler. L'histoire des sciences doit transmettre le souvenir des héros de la science. Elle a besoin, tout comme une autre, de garder ses légendes[443] ».

Il s'agit de présenter la vie intellectuelle des figures marquantes de la science, du moins, celles qui sont directement liées aux notions et théories enseignées. Cette vie intellectuelle, pour mieux dire les qualités intellectuelles des légendes de la science, sont un vecteur d'émulation intellectuelle chez l'apprenant, dans la mesure où il les prendra pour des exemples positifs qu'il peut suivre. Et c'est de façon instinctive que l'élève s'approprie ces qualités intellectuelles : dire à un élève que c'est par la critique de la conception du mouvement chez Aristote que Galilée est parvenu à mettre sur pied la formule V=gt, c'est en quelque sorte le mettre en position de critiquer ce que l'enseignant lui transmet. Cette attitude est le plus souvent mal vue. Au contraire, l'enseignant aurait tout à gagner s'il suit patiemment l'élève même jusque dans ses rêveries, car la critique de l'élève lui permettrait de se moquer de lui-même[444] c'est-à-dire de s'autocritiquer et de découvrir par conséquent les difficultés pédagogiques, voire les erreurs ou les entraves liés à l'acquisition du savoir objectif chez l'apprenant. L'histoire des sciences apparaît dans ce cas comme un moyen de lutter contre la désaffection des études scientifiques chez les apprenants.

De même, l'histoire des sciences permet de rompre avec les obstacles pédagogiques. En effet, au niveau pédagogique les entraves à la connaissance scientifique sont toujours d'actualité même si dans la culture scientifique ils ne sont plus manifestes. C'est le cas de l'expérience immédiate des élèves et les habitudes de pensée des enseignants. Ces derniers ont hérité du passé des manières d'enseigner qui le plus souvent ne changent pas. Malgré la dégradation de l'enseignement scientifique, ils ne se sont presque jamais interrogés sur le danger que pourraient

[443] Gaston BACHELARD, *L'engagement rationaliste*, Paris, PUF, 1972, p.149.
[444] Gaston BACHELARD, *La psychanalyse du feu*, Paris, Gallimard, folio/essais, 1985, p.16.

avoir leurs propres méthodes, simplement parce qu'ils pensent que leurs méthodes d'enseignement sont bonnes et que ce sont les élèves qui sont mauvais. A cet égard, l'histoire des sciences à la Bachelard permet à l'enseignant de s'interroger sur ses propres habitudes intellectuelles et même sur son savoir pour identifier les potentielles erreurs que l'on peut y retrouver. C'est dans ce sens que notre auteur dit : « s'il y a transmission des vérités dans le cours de l'histoire des sciences, il y a aussi toujours une certaine permanence de l'erreur [445]». Cela veut dire que le récit des légendes de la science montre aussi les obstacles qui ont ralenti le progrès de la pensée scientifique au cours de son évolution. Au niveau pédagogique, certains de ces obstacles ont tendance à renaître. C'est dire qu'ils réapparaissent toujours dans le processus de la formation de l'esprit scientifique chez l'apprenant : « bien souvent dans l'enseignement de la physique et de la chimie, j'ai pu reconnaître que certains obstacles qui ont ralenti l'histoire se retrouvent pour ralentir une culture [446]». L'histoire des sciences révèle à l'enseignant l'actualisation des anciennes erreurs de la pensée scientifique dans le contexte de l'enseignement. En physique et en chimie, il y a respectivement l'expérience immédiate et le substantialisme qui renaît à chaque fois. A cet égard, un enseignant qui méconnait les obstacles pédagogiques ne comprendra pas objectivement pourquoi les élèves ne comprennent pas. Il va toujours évoquer de fausses raisons, certainement pour voiler son ignorance ou son incapacité à faire comprendre la notion scientifique à l'élève. L'histoire des sciences dans l'enseignement de la science a donc un intérêt didactique, pédagogique et heuristique considérables. Didactique, parce que l'histoire des sciences permet de mieux comprendre ce qui est enseigné. Pédagogiquement, cette histoire change la représentation dogmatique ou linéaire que les enseignants et les élèves se font le plus souvent de la science. Heuristique, parce que l'enseignant et l'élève se mettent en situation de parvenir à de nouvelles connaissances moins dogmatiques mais libérales.

II – LA SCIENCE ENTRE THEORIE ET EXPERIENCE

Popper et Bachelard se situent en porte à faux avec l'idée largement répandue dans le sens commun, mais aussi dans l'enseignement des sciences, à savoir que la science empirique se définit avant tout par l'expérience[447]. De même, ils récusent l'idée que la théorie serait le

[445] Gaston BACHELARD, *L'engagement rationaliste*, Paris, PUF, 1972, p.150.
[446] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.151.
[447] Les empiristes estiment que la science est avant tout expérimentale. Pour les rationalistes, elle est avant tout rationnelle, donc théorique. Cette confrontation se trouve aussi dans l'enseignement des sciences, et a pour conséquence de mettre place l'accent sur l'aspect expérimentale de la science, même si c'est surtout de façon théorique qu'elle est largement enseignée : c'est les démonstrations de calculs et de maîtrise de l'expérience qui sont demandées aux apprenants, leur côté réflexif n'est pas stimulé. Notre objectif est donc d'interpeller sur la nécessité de la dimension théorique dans l'enseignement des sciences, qui consiste à valoriser les réflexions des élèves, en stimulant leur sens de la critique, notamment par la formulation et la critique des hypothèses.

point de départ de toute entreprise scientifique. Ni la théorie ni l'expérience prise individuellement ne saurait caractériser véritablement ce qu'est la science empirique. Alors, comment l'expérience et la théorie définissent-elles l'une et l'autre la science empirique ? Tout d'abord à quoi renvoient une théorie et une expérience scientifique ? Les théories et les expériences sont-elles déterministes, absolues ? Peut-on parler de bonne ou de mauvaise théorie et de bonne ou expérience scientifique ?

II-1 Le statut de la théorie dans la science empirique

Popper et Bachelard accordent une place importante à l'activité théorique de la science, c'est-à-dire à sa dimension strictement réflexive, discursive. Elle consiste en la formulation des idées à savoir des hypothèses et des problèmes scientifiques. Il s'agit de la pure activité de la pensée, qui consiste à raisonner à partir des idées construites. Dans ce cas, pour les rationalistes, une théorie scientifique pourrait signifier un modèle d'idées solides servant à expliquer le monde. Pour les empiristes, une théorie scientifique pourrait désigner une représentation ou un modèle descriptif servant à décrire de nouveaux phénomènes naturels.

Pour l'épistémologie réfutationniste et historique, une théorie scientifique est un système d'énoncés universels réels et empiriques. Ainsi, une théorie scientifique est perçue comme un outil idéel, une structure abstraite servant à explorer les phénomènes naturels. Cela veut dire que la théorie scientifique n'est pas découverte comme on peut faire la découverte d'un phénomène existant dans le monde ; elle est construite à partir de la réflexion, de la pensée. Une théorie scientifique est un système axiomatique[448] logiquement valide. Autrement dit, une théorie scientifique est simplement un ensemble d'hypothèses axiomatiques à partir desquels se déduisent d'autres énoncés servant à rendre compte de la réalité empirique. C'est dans ce sens que Popper affirme : « les théories scientifiques sont des énoncés universels. Comme toutes les représentations linguistiques, elles sont des systèmes de signes ou de symboles […] destinés à capturer ce que nous appelons 'le monde'[449] ». Autrement dit, une théorie scientifique est un véritable outil formel constitué d'un ensemble de formules ou de « schémas symboliques », bien formés servant à expliquer les phénomènes naturels. De même, Bachelard conçoit les théories scientifiques comme des structures formelles appliquées et applicables au monde. Cette structure formelle est d'ordre mathématique. Elle est une construction axiomatique, c'est-à-dire un ensemble de propositions évidentes et cohérentes à partir desquelles on déduit des théorèmes. Mais la valeur de cette axiomatisation repose sur la notion de groupe. Cela veut dire

[448] Karl R POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.69-70.
[449] Karl R POPPER, *Ibid.*, p. 57.

qu'une théorie scientifique est d'abord un groupe d'énoncés ou d'objets théoriques, c'est-à-dire un système d'opérations ou de relations qui se transforment (des axiomes aux théorèmes). C'est dans ce sens que Bachelard écrit : « voici désormais le guide de la pensée théorique : le groupe. Autour d'un groupe mathématique, on peut toujours coordonner une expérience [450]». C'est dire que les théories scientifiques sont construites linguistiquement par la pensée en vue d'interroger la nature. Lorsqu'un savant élabore une théorie, il se rassure qu'elle soit logiquement valide, c'est-à-dire qu'elle soit cohérente au regard des règles de la logique et de la linguistique. Il y a là toute une pensée mathématique qui est en œuvre. C'est pourquoi les théories scientifiques se présentent souvent sous la forme de formules généralisantes. Il en résulte qu'une théorie scientifique est une représentation symbolique et explicative de la nature à partir des formules universelles logiquement et linguistiquement valides. On pourrait penser ici que les théories scientifiques en tant que système formel universel n'auraient pas de réalité, c'est-à-dire qu'elles ne seraient pas concrète au sens où elles ne refléteraient pas la réalité empirique. Certes, cette objection peut être recevable si et seulement si l'on ne tient pas compte de la manière dont s'élaborent les théories scientifiques. Ce serait faire une mésinterprétation de la pensée de Bachelard et de Popper si nous disons que les théories scientifiques, en tant que systèmes formels, n'ont rien avoir la réalité ou sont construites en dehors d'elle. Car ces deux auteurs, bien qu'ils soient des rationalistes d'un autre genre, estiment que le monde empirique joue un rôle important dans la construction des théories scientifiques. Les théories scientifiques sont élaborées dans le rapport raison-expérience. Quand le savant met en place une théorie, il ne le fait pas de façon *a priori*, mais toujours par rapport à la matière empirique qui est en face de lui. Sauf que la formulation de la théorie peut se faire simplement par la réflexion et non par une observation rigoureuse du monde. Alors, comment se structure une théorie scientifique ?

Comme nous venons de le voir, chez Bachelard et Popper, les théories scientifiques sont des systèmes axiomatiques universels. De ce fait, une théorie scientifique se structure d'énoncés et concepts universels (hypothèses) que l'on appelle axiomes et des énoncés et concepts particuliers. Les axiomes sont des hypothèses générales à partir desquelles découlent d'autres énoncés à caractère particulier[451]. De ce fait, une théorie scientifique renferme des lois naturelles (les principes) et des événements (faits) singuliers (les conséquences) qu'elles expliquent. Généralement, le rapport entre les lois et les faits est une relation de cause à effet. C'est ainsi que la théorie de la relativité d'Einstein, à travers le principe de relativité, permet de rendre compte à la fois de l'espace et du temps, mais aussi de leur rapport (l'espace-temps). De plus, cette théorie permet aussi d'expliquer d'autres faits que ceux de l'espace-temps ; c'est le principe de

[450] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique* (1934), Paris, PUF, 1re critique « Quadrige », 2020, p.58-59.
[451] Karl R POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.69.

prédiction : une théorie scientifique est élaborée dans un contexte épistémologique précis, c'est-à-dire qu'elle est élaborée pour rendre compte de certains faits bien précis. Mais, elle doit être aussi capable d'expliquer d'autres nouveaux faits qui peuvent apparaître. En résumé, une théorie scientifique contient des axiomes sous-entendus comme des lois universelles de la nature et des énoncés particuliers perçus comme des conséquences, c'est-à-dire des événements singuliers auxquels peuvent s'appliquer les lois universelles de la nature. Et, théoriquement expliquer un fait c'est le rattacher à une loi universelle.

Les lois universelles de la nature ou les axiomes ne peuvent être vérifiées par les événements singuliers, dans la mesure où ce sont des principes qui ne se démontrent pas, ils ne sont déduits de rien. Ainsi, toute tentative de vérification d'un énoncé universel axiomatisé conduira selon Popper à une régression à l'infini. Puisqu'il faudrait vérifier cet énoncé par rapport à tous les événements singuliers auxquels il se réfère. Or, il est impossible de parcourir tous ces événements singuliers. Au contraire, il est plus aisé de vérifier des événements particuliers à partir de la loi universelle. Il suffira de voir si ce cas particulier s'applique à la loi universelle ou pas. C'est pourquoi, les théories scientifiques sont des systèmes axiomatisés logiquement et mathématiquement valides. Quelles sont alors les finalités d'une théorie scientifique ?

La formulation d'une théorie ne se fait pas par pure fantaisie, mais selon des finalités bien précises. « Les théories sont des filets destinés à capturer ce que nous appelons 'le monde'; à le rendre rationnel, à l'expliquer et à le maîtriser. Nous nous efforçons de resserrer de plus en plus les mailles [452]». A travers ces propos Karl Popper montre en quoi consiste de façon générale le but d'une théorie scientifique. En effet, elle a pour rôle d'explorer ou interroger la nature. Il s'agit précisément de la rationaliser, de l'expliquer et de la maîtriser. La rationalisation de la nature consiste à la représenter avec des formules et des signes linguistiques bien formés ; en clair la rendre compréhensible à notre égard. Il s'agit d'une conceptualisation des phénomènes naturels. Cette conceptualisation de la nature est d'ordre géométrique. C'est dans ce sens que Bachelard dit : « rendre géométrique la représentation, c'est-à-dire dessiner les phénomènes et ordonner en série les événements décisifs d'une expérience, voilà la tâche première ou s'affirme l'esprit scientifique [453]». Il s'agit d'inventer, de créer des concepts qui serviront à représenter la nature. Cette formalisation de la nature (rationalisation conceptuelle) a pour fonction d'ordonner l'expérience, c'est-à-dire de regrouper certaines données empiriques qui se caractérisent par certaines affinités, car la nature n'est pas ordonnée ; les divers phénomènes ou événements empiriques ne sont pas en rapport les uns avec les autres. C'est la fonction de la pensée théorique de mettre de l'ordre dans la nature en la représentant à partir de la conceptualisation. Cela

[452] Karl R POPPER, *La logique de la découverte scientifique* Paris, Payot, 1973, p.57.
[453] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique* (1934), Paris, Vrin, 1993, p.5.

veut dire que toute théorie scientifique a pour finalité première de mettre le monde primaire[454] en concepts. Cette rationalisation de la nature n'a de sens que par ce qu'une théorie scientifique, comme nous l'avons vu précédemment dans les propos de Karl Popper[455], est élaborée en vue d'expliquer le monde, c'est-à-dire de le rendre compréhensible afin de le connaître. Et le connaître, c'est avoir des réponses face aux mystères, aux événements empiriques. Ainsi, quand Popper dit que nos théories scientifiques ont pour but d'expliquer le monde, il veut signifier que les théories scientifiques visent à proposer des solutions aux problèmes empiriques que l'on rencontre dans la nature. Il s'agit de répondre à la question pourquoi tel ou tel phénomène se produit ?

Il s'agit d'élaborer par la réflexion (la raison) des hypothèses explicatives universelles. Cela consiste à répondre à la question pourquoi, en établissant des liens, des rapports d'inclusion et d'exclusion entre les concepts, sans qu'on se réfère à l'activité expérimentale. C'est pourquoi les théories scientifiques sont avant tout des outils intellectuels portant sur le monde et qu'on applique au monde. Ainsi, le problème que traite une théorie est une construction purement rationnelle. C'est dans ce sens que Bachelard dit : « sans la mise en forme rationnelle de l'expérience que détermine la position d'un problème, sans ce recours constant à une construction rationnelle bien explicite, on laissera se constituer une sorte d'inconscient de l'esprit scientifique [456]». C'est à partir des problèmes qu'une théorie propose une explication d'un événement empirique. On peut dire qu'une théorie scientifique a pour fonction de formuler des problèmes qui portent sur des phénomènes et d'en proposer des hypothèses de réponse, sans nécessairement un recours à l'expérience (l'expérimentation). C'est dans cette perspective que la pensée théorique apparaît avant tout comme une pensée abstraite, en ce sens que la construction d'un problème se fait par la représentation géométrique de la nature. Au-delà de l'explication, de la formulation des problèmes et des hypothèses sur des phénomènes, une théorie scientifique sert aussi à prédire des phénomènes nouveaux, nous disent Popper et Bachelard.

Une théorie scientifique est une structure formellement construite visant à résoudre un problème. Ainsi perçue, une théorie se comprend simplement comme une solution ou des tentatives rationnelles pour répondre positivement à un problème posé ou formulé. Quand on parle de théorie scientifique, même si on se représente un modèle formel, un outil intellectuel qu'on peut appliquer d'une manière ou d'une autre à la nature, il s'agit avant tout d'une tentative de solution[457] (bien construite) à un problème bien formulé. Ces solutions théoriques ne sont pas

[454] Le monde non-conceptualisé : des événements empiriques qui n'ont pas encore de noms. Il s'agit du monde pré-linguistique.
[455] Karl R POPPER, *La logique de la découverte scientifique* Paris, Payot, 1973, p.57.
[456] Gaston BBACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique* (1934), Paris, Vrin, 1993, p.40.
[457] Karl POPPER, *La quête inachevée*, Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.185.

définitives ni absolues[458] (comme on le fait souvent savoir dans l'enseignement des sciences), c'est-à-dire qu'elles ne sont pas données une fois pour toutes. Elles peuvent toujours être remplacées par d'autres solutions ou théories meilleures. Bachelard le montre à travers les notions d'obstacle et de ruptures épistémologiques.

En effet, dans son *Le nouvel esprit scientifique* il montre que les nouvelles doctrines ou théories de la physique contemporaine (la relativité d'Einstein par exemple) sont totalement en rupture avec les anciennes doctrines de la physique classique (la mécanique newtonienne, la physique galiléenne, etc.) : « Si l'on prend une vue générale des rapports épistémologiques de la science physique contemporaine et de la science newtonienne, on voit qu'il n'y a pas développement des anciennes doctrines vers les nouvelles mais plutôt enveloppement des anciennes par les nouvelles [459]». Il n'y a pas de prolongement des anciennes théories dans les nouvelles, car les anciennes doctrines ne conduisent pas nécessairement aux nouvelles doctrines. Il y a plutôt une démarcation nette entre elles. Avec la différence que les nouvelles doctrines incorporent les anciennes, tout en modifiant leurs concepts de base, en leur donnant pratiquement d'autres sens ou orientations. Les théories en tant que solution à des problèmes formulés ne sont que des conjectures qui peuvent être corroborées. Popper le dit clairement en ces termes : « ainsi les problèmes, y compris les problèmes pratiques, sont toujours théoriques. D'autre part, on ne peut considérer les théories que comme des solutions provisoires apportées à des problèmes et on ne peut les comprendre qu'en relation avec les situations génératrices de problèmes[460] ». Il y a des problèmes historiques (de réels problèmes qui portent sur la nature) et les tentatives pour les résoudre. Et on parle de théorie scientifique du moment qu'on élabore des solutions explicites à ces problèmes. Ces solutions ne sont que des conjectures acceptées pour le moment. Car la découverte d'une théorie meilleure pourrait conduire à son remplacement. En science, la recherche de la meilleure solution est permanente. C'est pourquoi les théories doivent être critiquées sans cesse. Quand nos auteurs nous font comprendre que les théories sont des solutions (provisoires) à des problèmes, il ne s'agit pas de simples solutions, mais des solutions construites rationnellement au sens où elles font intervenir des concepts, des hypothèses universelles, rattachant les principes aux conséquences (les lois universelles aux faits singuliers) par des rapports logiques. De ce qui précède, on peut donc dire que la science empirique est essentiellement une science théorique. Bachelard et Popper considèrent que la science empirique n'est qu'une affaire de théorie, c'est-à-dire des lois, concepts, des énoncés logiquement valides dont la fonction est de rendre compte de la réalité empirique. Mais, qu'en est-il de la place de l'expérience dans la recherche scientifique ?

[458] Elles ne peuvent pas être révisées ou carrément remplacées par de meilleures solutions.
[459] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique* (1934), Paris, Puf « Quadrige », 2003, p.62.
[460] Karl POPPER, *Op cit.*, 1981, p.188.

II-2 Le statut de l'expérience scientifique

Nous venons de voir que l'activité théorique de la science, qui se caractérise essentiellement par l'élaboration des hypothèses ou des théories, est d'une importance capitale pour la constitution de la science empirique. Cependant, la science se détermine aussi par une activité empirique ou expérimentale, aussi importante que la première. Ainsi, Popper et Bachelard définissent le statut de l'expérience dans la science empirique. Le sens et le rôle qu'ils accordent à l'expérience scientifique ne s'opposent pas foncièrement. Au contraire, le deux penseurs se rejoignent malgré quelques différences. Quel est alors le sens qu'ils donnent à l'expérience scientifique ?

Au regard de l'épistémologie falsificationniste, on peut dire que l'expérience a deux sens, à savoir la nature, le divers empiriques (Kant), le monde sensible (Platon, Aristote), et l'expérience comme expérimentation, c'est-à-dire une opération intentionnellement construite d'essais et de tests empiriques. Ces deux acceptions de l'expérience se retrouvent dans l'activité scientifique. En effet, les théories scientifiques sont certes des constructions de l'esprit, mais elles portent sur la réalité empirique. Elles visent à expliquer les phénomènes naturels ou construits. Dans ce cas, la nature (le monde sensible) dans lequel se produisent ces phénomènes naturels apparaît comme le premier juge de nos théories. C'est à partir du « monde de notre expérience [461]» qu'on voit si telle ou telle théorie est recevable ou pas. On ne juge pas une théorie scientifique en se référant à des entités non empiriques (des anges, des esprits, des dieux, etc.) ; on juge une théorie scientifique toujours à partir des entités empiriques qu'ils soient visibles (directement observables) ou invisibles (observables par des appareils sophistiqués comme des télescopes, microscopes, ampèremètres, balances, etc.). En science, on distingue donc deux types d'expériences : l'expérience naturelle et l'expérience construite. Même si, quand on parle de l'expérience scientifique, on fait le plus allusion à la dernière. Mais celle-ci ne va pas sans la première. Quant à l'expérience comme expérimentation, il s'agit, selon Popper, d'une opération d'essai ou de tests empiriques clairement construite, faisant usage des appareils ou des instruments techniques pour juger la théorie. Le monde est ainsi miniaturisé dans les instruments de laboratoire. Dans ce cas, les phénomènes empiriques auxquels on fait appel pour juger la théorie peuvent être artificiellement produits (malgré le fait qu'ils soient produits, ils demeurent empiriques ou sensibles). Cela veut dire qu'une théorie scientifique peut être testée à partir des entités empiriques qui sont produits en laboratoire. C'est dans ce sens que Popper évoque l'expression d'« expériences répétées [462]» que le savant fait lorsqu'il veut juger

[461] Karl R POPPER, *La logique de la découverte scientifique* Paris, Payot, 1973, p.35.
[462] Karl R POPPER, *Ibid.*, p.35.

du destin d'une théorie. Ces expériences répétées sont pensées rigoureusement. Il ne s'agit plus simplement de se référer aux phénomènes naturels tels qu'ils se produisent dans le monde de notre expérience. Selon Popper, on peut dire que l'expérience scientifique doit être comprise à la fois comme expérience naturelle et comme expérience construite, c'est-à-dire expérimentation scientifique.

Chez Bachelard l'expérience scientifique n'a pas un sens tout à fait différent. Sauf qu'il met plus l'accent sur l'expérience en tant qu'expérimentation. L'expérience scientifique, selon l'auteur du *Rationalisme appliqué,* renvoie à l'expérimentation et à une observation rigoureuse de la nature. En tant qu'expérimentation, il s'agit des manipulations des données sensibles à partir des instruments techniques dans le cadre d'un laboratoire. Cela consiste à faire des tests empiriques, des essais en utilisant des appareils. En clair, l'expérience scientifique comme expérimentation consiste à faire des essais. Cette définition de l'expérience n'est pas encore satisfaisante, car il y a plusieurs activités où on fait usage des appareils pour manipuler les données sensibles. Et pourtant, il ne s'agit pas des expériences scientifiques. On a affaire à des expériences scientifiques quand on fait intentionnellement usage des instruments pour tester une hypothèse scientifique. C'est dans ce sens que Bachelard dit : « c'est de l'expérience inouïe qu'est née la Relativité [463]». Même si Einstein a formulé intuitivement la Relativité, il s'est appuyé sur les connaissances expérimentales produites par des expériences réalisées antérieurement, notamment les connaissances expérimentales produites par Galilée et Newton, etc. D'autre part, Bachelard montre que l'expérience scientifique renvoie à une opération observationnelle rigoureuse. Dans la mesure où elle fait intervenir une technicité pratique pour décrire les phénomènes. Il faut mobiliser des appareils, des instruments pour décrire le phénomène étudié. C'est grâce à ces appareils qu'on parvient à une description précise du phénomène en question. Ces instruments techniques ne sont pas simplement des moyens de descriptions immédiates du phénomène, mais de véritables modes de penser. « Ainsi l'esprit scientifique ne peut se contenter de penser l'expérience[464] », encore faudrait-il que cette expérience soit réalisée. C'est en la réalisant qu'on parvient véritablement à approcher du phénomène dans ses profondeurs (détails). De ce fait, l'expérience scientifique n'est pas une simple expérience pour voir, mais une expérience qui questionne la nature, qui apporte une réponse précise à une question précise. Selon l'épistémologie historique, l'expérience scientifique renvoie à la fois à l'expérimentation et à l'observation technique et poussée de la nature. Alors, quelle est la fonction de l'expérience scientifique ?

[463] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique* (1934), Paris, Puf « Quadrige », 2003, p.47.
[464] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.61.

Dans les propos qui précèdent, on a en quelque sorte annoncé le rôle ou les rôles de l'expérience scientifique décrits par nos deux épistémologues. Ces rôles sont étroitement liés à leurs conceptions falsificationniste et historique de la science. Pour Popper, l'expérience a pour rôle la falsification ou la corroboration d'une théorie, d'une hypothèse ou d'une loi. Il s'agit de faire un choix : trancher entre plusieurs théories concurrentes. C'est ainsi que l'expérience cruciale permet de décider de l'acceptabilité d'une théorie par rapport à d'autres, bien sûr provisoirement. En effet, l'expérience peut dire non aux conjectures que le savant formule sur elle. Cela veut dire qu'il peut y avoir des événements naturels qui viennent remettre en cause nos hypothèses théoriques. Il s'agit des observations falsifiantes, c'est-à-dire des prédictions nouvelles produites allant totalement contre nos attentes théoriques. C'est dans ce sens que Popper évoque la possible apparition d'un corbeau blanc qui viendra falsifier tout un système de pensée théorique en vigueur[465]. De même, l'expérience comme expérimentation a pour rôle de falsifier une théorie, dans la mesure où les tests empiriques ou expérimentaux entent en contradiction avec la théorie, c'est-à-dire que les événements (les falsificateurs virtuels) que la théorie exclut se produisent. Lorsque l'expérimentateur met au point ses procédés expérimentaux pour tester une théorie, dans l'optique de réfuter cette théorie. Par ailleurs, l'expérience a aussi pour fonction de corroborer une théorie. C'est-à-dire de montrer que la théorie n'entre pas en contradiction avec des événements empiriques. Si la théorie passe avec succès les tests empiriques rigoureux, alors l'expérience a corroboré la théorie. Ainsi, l'expérience scientifique est par nature une expérience falsifiante ou corroborante, et non une expérience vérifiante ou confirmante.

De plus, l'expérience scientifique vise à trancher entre plusieurs théories ou hypothèses concurrentes. L'expérience permet de choisir parmi toutes les hypothèses que nous avons, celle qui constitue la meilleure réponse au problème traité. La théorie choisie est alors celle qui a passé avec succès l'épreuve des tests empiriques. C'est dans ce sens que Popper af- firme : « l'expérience apparaît comme une méthode caractéristique qui permet de distinguer un système théorique d'autres systèmes théoriques [466]». En d'autres termes, le recours à l'expérience est le moyen qui permet de faire une démarcation nette entre une théorie et ses théories concurrentes. Cela consiste à montrer le caractère particulier d'une théorie par rapport à d'autres théories. Il s'agit de montrer que cette théorie est recevable contrairement aux autres, qu'elle a un caractère plus scientifique que les autres par le recours à l'expérience. Cela se comprend explicitement à travers ces propos de Popper : « pourtant, une notion de ce genre n'acquiert de statut scientifique que lorsqu'elle est présentée sous une forme permettant de la falsifier, c'est-à-dire lorsqu'il est devenu possible de décider entre elle et une théorie rivale par le recours à

[465] Karl R POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.
[466] Karl R POPPER, *Ibid.*, p.36.

l'expérience [467]». Dans la compétition des théories, c'est-à-dire lorsque plusieurs hypothèses sont avancées contradictoirement comme des solutions à un problème scientifique, on se réfère à des tests expérimentaux rigoureux. Ce sont ces derniers qui permettent de trancher que telle théorie est mieux que telle autre, en ce sens qu'elle n'échoue pas à des tests. Selon Popper, on peut dire que l'expérience a pour rôle principale de falsifier, de corroborer et de choisir les théories. C'est dire qu'on ne fait pas des expériences pour montrer que nos théories sont vraies, mais plutôt pour montrer les erreurs qu'elles contiennent.

Par contre, selon Gaston Bachelard l'expérience scientifique est faite pour prouver un événement, observer avec précision un fait, illustrer un théorème et pour rectifier une pensée ou des expériences antérieures. En effet, prouver un événement consiste à montrer par l'usage des instruments et des manipulations des appareils que cet événement est avéré. Dans ce cas, le rôle de l'expérience est d'établir la vérité d'un événement, de montrer que cet événement est réel et non imaginaire. Ainsi, l'expérience sert à justifier, à confirmer que l'événement que nous voulons expérimenter existe réellement tel que qu'on le pense. L'expérience prouve un événement, dans la mesure où la manipulation de la nature par des instruments pratiques ou des appareils permet de montrer que cet événement existe bien de la façon qu'on l'envisage. Un événement peut être vrai, mais ne se présente pas comme on l'envisage du point de vue l'expérience. A cet égard, on dira que l'expérience n'a pas prouvé cet événement, et pourtant son caractère empirique ne peut être contesté. Le rôle de l'expérience est donc de montrer que l'événement se produit expérimentalement de la façon dont on imagine qu'il puisse se produire. C'est dans cette optique que Bachelard affirme : « le physicien contemporain nous demandera d'associer à l'idée pure de simultanéité l'expérience qui doit prouver la simultanéité de deux événements. C'est de cette expérience inouïe qu'est née la Relativité [468]». La simultanéité est un phénomène flou, voire une idée abstraite tant qu'elle n'a pas été prouvée par l'expérience. Il faudrait alors faire une expérience qui montre comment deux faits empiriques se produisent en même temps. Si l'expérience réussit à le montrer, alors la simultanéité a été confirmée expérimentalement. Dès lors, on peut dire que l'idée de simultanéité existe réellement grâce à l'expérience scientifique, sans elle la simultanéité demeurait un phénomène flou ou abstrait (l'idée pure de simultanéité).

Au-delà de sa fonction qui consiste à prouver, l'expérience scientifique a aussi pour finalité d'observer et de décrire avec précision un phénomène. Observer c'est regarder, percevoir, contempler : voir intentionnellement un phénomène en identifiant ses traits distinctifs. Décrire c'est dire discursivement les traits caractéristiques d'un phénomène. Il s'agit de rendre

[467] Karl R POPPER, *Op cit.*, p.284.
[468] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique* (1934), Paris, Puf « Quadrige », 2003, p.47.

compte de ce que l'on a observé. La perception est donc le résultat de l'observation. Pour décrie, il faut d'abord observer. Or les observations immédiates peuvent être des obstacles à une description rigoureuse d'un phénomène, dans la mesure où cette observation se limite aux apparents du phénomène. Ainsi, décrire ce phénomène consiste simplement à présenter ses traits apparents qui ne donnent pas une vue profonde du phénomène en question. C'est pourquoi Bachelard estime que l'expérience scientifique sert à observer et à décrire avec précision un phénomène ou événement. Il s'agit de percevoir le phénomène dans les moindres détails, c'est-à-dire aller au-delà des traits immédiatement observables. Cette description fait usage des instruments ou des appareils, car nos sens naturellement sont privés de la possibilité de connaître un phénomène au-delà des traits distinctifs apparents. Cependant, les instruments sont conçus pour transcender les apparences. Le télescope est l'élargissement de l'œil. La vue en science, est une technovision, en ce sens que pour voir, il faut toujours faire usage des instruments techniques. C'est là qu'on atteint à la profondeur du phénomène, des lois qui l'expliquent. C'est dans ce sens que s'inscrivent ces propos de Bachelard : « les lois positives dégagées par l'expérience scientifique[469] ». Les lois ne sont pas perceptibles à l'œil nu. Elles acquièrent une assise concrète par l'expérience qui conduit à leur découverte. A cet égard, décrire avec précision un événement, c'est montrer ces caractéristiques essentielles non apparentes. C'est exposer par exemple les lois qui gouvernent cet événement. En clair, l'expérience scientifique est par nature une expérience d'observation médiate (une expérience de second niveau). Cela signifie qu'une expérience est faite non pas pour identifier les traits apparents, mais les traits cachés du phénomène étudié.

L'illustration d'un théorème est l'une des finalités importantes de l'expérience scientifique. L'illustration n'est pas ici un simple exemple. C'est plutôt le fait de prouver, de montrer le caractère concret, c'est-à-dire l'application au monde empirique. Par théorème, on entend simplement une hypothèse, une théorie, une idée scientifique avancée. Illustrer un théorème par l'expérience consiste à prouver le caractère empirique de ce théorème, c'est-à-dire de montrer que ce théorème est fonctionnel, qu'il s'applique réellement au monde expérimental. Cela veut dire que l'expérience permet d'attester que le théorème scientifique est opérationnel, en ce sens qu'elle est confirmée par la manipulation des instruments. En d'autres termes, l'expérience illustre un théorème, dans la mesure où les prédictions théoriques de ce théorème se trouvent réalisées par l'expérience mise en place. C'est ainsi que Bachelard dit : « l'expérience est faite

[469] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué* (1949), Paris, Puf, 1970, p.8.

pour illustrer un théorème [470]». Ici l'expérience scientifique a pour finalité de vérifier une hypothèse avancée. Si l'expérience réalise cette hypothèse telle qu'elle a été pensée, alors l'hypothèse a été vérifiée.

Toutefois, l'expérience scientifique a aussi pour rôle de rectifier une pensée, une observation. L'expérience scientifique peut apporter de nouvelles connaissances qui remettent en cause des connaissances anciennes acquises par hypothèse ou par observation. En effet, on peut faire des observations (qu'il s'agisse même des expériences scientifiques antérieures ou des observations immédiates) qui ne présentent pas une vision précise du phénomène. Dans cette perspective, on ne connaît pas ce phénomène dans ses profondeurs. Ainsi, de nouvelles expériences, avec des instruments plus performants peuvent conduire à la découverte de nouvelles choses qui soient totalement en déphasage avec ce que l'on savait antérieurement. La rectification expérimentale d'une hypothèse consiste à faire de nouvelles expériences décrivant de nouveaux traits qui s'opposent à l'ancienne hypothèse. A cet égard, on découvre que l'ancienne hypothèse contient des erreurs à corriger. Et cette correction conduit dans une certaine mesure à formuler une nouvelle hypothèse totalement différente de la première. De ce fait, l'expérience scientifique rectifiante peut être construite de façon intentionnelle, mais aussi elle peut relever du pur hasard. Cela signifie que le savant peut mettre en place une expérience dans l'optique de montrer qu'une hypothèse ou une description précédente n'est pas fonctionnelle[471]. L'expérience rectifiante peut l'être aussi par pur hasard, dans la mesure où l'expérience réalisée vise non pas à rectifier mais à illustrer ce qui se produit c'est le remise en cause de l'observation et de l'hypothèse en vigueur. Dans ce cas, cette expérience qui était à la base faite pour illustrer, devient en définitive une expérience rectifiante. Selon Bachelard l'expérience scientifique a aussi pour finalité de montrer qu'une hypothèse n'est pas opérationnelle.

En résumé, le statut de l'expérience scientifique chez Bachelard et Popper se rejoignent. Ce que Popper appelle corroboration par l'expérience, Bachelard l'appelle illustration par l'expérience. Pour eux, l'expérience scientifique a pour fonction fondamentale de prouver qu'une hypothèse ou une description immédiate n'est pas fonctionnelle. A cet égard, l'activité expérimentale de la science : faire des expériences, n'est pas seulement une activité qui consiste à confirmer ou à vérifier une hypothèse, comme on le montre souvent dans l'enseignement des sciences, mais sa fonction est aussi de rejeter une hypothèse. Dès lors, les expériences faites en classe doivent avoir aussi pour fonction la rectification ou la falsification de certaines idées reçues des apprenants sur les notions scientifiques enseignées. Cela montre que la science se définit à la fois par l'expérience et la théorie. De ce fait, l'expérience (expérimentation) a une

[470] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique* (1934), Paris, Vrin, 1993, p.40.
[471] Il peut arriver que l'expérience rectifiante devienne une expérience illustrative en ce qu'elle confirme au lieu de rejeter l'hypothèse ou le description à rectifier.

structure à deux dimensions, à savoir un aspect théorique et un aspect pratique ou empirique. L'aspect théorique renvoie à l'idée, à l'hypothèse ou au problème qui doit être testé. L'aspect pratique, quant à elle, renvoie à l'usage des outils, des instruments, des appareils, c'est-à-dire tout un ensemble d'outil sophistiqués (ou pas) comme des pots, des bâtons, des humains, des maisons, etc. D'où on peut dire que dans l'épistémologie poppérienne et dans l'épistémologie bachelardienne, l'expérience scientifique a un statut similaire. Celui qui consiste à contredire les hypothèses ou les théories scientifiques et non de les confirmer premièrement. Chez Bachelard comme chez Popper l'expérience scientifique est faite pour dire non à nos théories. Cependant, on peut se demander si c'est la théorie qui précède l'expérience ou l'inverse ?

II-3 La relation théorie-expérience/ expérience-théorie

Au cœur des analyses poppériennes et bachelardiennes sur les rapports entre la théorie et l'expérience, se trouve la question suivante : la science empirique commence-t-elle par la théorie ou par l'expérience ? En effet, quand on aborde la science empirique, on fait souvent une démarcation entre la théorie et l'expérience. En réalité, théorie et expérience sont mutuellement sollicitées, autrement dit, la science théorique est étroitement liée à la science expérimentale. La frontière qu'on établit souvent entre l'activité théorique et l'activité expérimentale de la science n'est pas rigide, encore moins légitime, elle est artificielle si on aborde la science du point de vue falsificationniste ou rectificationniste (historique). Cela veut dire que chez Bachelard et Popper la science empirique se définit à la fois par la théorie et par l'expérience. Il s'agit en réalité d'une science théorico-expérimentale ou expérimento-théorique. Cette formulation montre que la science empirique n'est pas exclusivement théorique ou exclusivement expérimentale, comme certaines conceptions traditionnelles épistémologiques[472] l'envisagent souvent. Les rationalistes pensent que la science empirique est exclusivement théorique, alors que les empiristes estiment au contraire que la science empirique est foncièrement expérimentale. Cette scission empêche de saisir ce qu'est réellement la science empirique telle qu'elle est décrite par l'épistémologie bachelardienne et poppérienne. Dans la science empirique, en réalité, la théorie et l'expérience sont consubstantielles. L'écart entre elles est plus resserré qu'étanche. On ne peut aborder la science par une démarcation radicale entre la théorie et l'expérience.

De ce fait, l'expérience et la théorie sont liées par une relation dialectique et par une relation complémentaire. Dans le premier cas, il s'agit d'une relation d'influence réciproque, voire une interpénétration entre la dimension théorique et la dimension empirique de la science.

[472] Ces conceptions ont fait l'objet d'une analyse détaillée au chapitre 3 de la première partie.

Pour Popper, cela signifie que la théorie conduit à l'expérience et l'expérience peut aussi conduire à la théorie. En effet, la théorie implique nécessairement l'expérience, dans la mesure où le théoricien formule des questions précises auxquelles l'expérimentateur tente de répondre avec précision en faisant usage de tests expérimentaux précis. A cet égard, les expériences que l'expérimentateur met en place sont fortement inspirées par l'hypothèse du théoricien. C'est la théorie qui définit le chemin de l'expérimentation. Tous les instruments, les essais empiriques mis en place pour tester l'hypothèse théorique découlent de la façon dont la théorie est élaborée. C'est la théorie et non l'expérience qui fixe le champ dans lequel elle doit être testée. L'expérimentateur ne peut alors faire autrement que comme la théorie prescrit. Si la théorie proscrit certains phénomènes, alors l'expérience ne se fera pas avec ces derniers, mais avec ceux que la théorie décrit ou explique. Une théorie physique qui décrit une certaine réaction chimique, pour être testée, fera appel aux corps chimiques : aux atomes, aux molécules, aux éprouvettes, etc.

Dans cette perspective les directions expérimentales que suit l'expérimentateur sont inspirées d'une manière ou d'une autre de la théorie, en ce sens que les expériences ne sont pas faites par hasard. Il y a au fondement de toute expérience un questionnement, c'est-à-dire une question à laquelle il va falloir répondre expérimentalement. Pas d'expérience précise sans question précise. L'expérience est faite pour répondre à la question du théoricien. C'est dans cette optique que Popper affirme : « le théoricien pose certaines questions déterminées à l'expérimentateur et ce dernier essaie par ses expériences d'obtenir une réponse décisive à ces questions-là et non à d'autres […]. La théorie commande le travail expérimental de sa conception aux derniers maniements en laboratoire [473]». La théorie fixe le cadre de l'expérimentation. C'est dire que la mise en place d'une expérience et les manipulations instrumentales (les appareils) dépendent pleinement de la théorie qui est avancée (la théorie inclut aussi l'objet d'étude). Le travail de l'expérimentateur consiste donc à faire des expériences précises en vue de répondre avant tout aux questions déterminées du théoricien. Quand l'expérimentateur réussit à confirmer par des expériences décisives l'événement ou le fait empirique que prédit la théorie, on peut alors dire que la théorie a conduit à l'expérience. Cette confirmation n'est pas une confirmation radicale au sens d'une vérification. Il s'agit plutôt d'une simple attestation (corroboration) de la théorie par l'expérience. Celle-ci dit oui ou non aux questions que le savant se pose sur la nature.

De ce fait, on pourrait penser que la science empirique commence par la théorie. Autrement dit, la théorie précède l'expérience. Dans la science, on commence d'abord par faire des

[473] Karl R POPPER, *La logique de la découverte scientifique* (1934) Paris, Payot, 1973, p.107.

hypothèses ; la formulation des idées[474] serait antérieure à toute activité expérimentale. On formule d'abord des idées, puis viennent les expériences pour tester ces idées. Cela veut dire qu'en science, on commence d'abord par formuler la théorie avant de faire l'expérience liée à cette théorie. Chaque expérience, même une expérience observationnelle, est toujours sous-tendue par tout un ensemble de préoccupations théoriques. C'est d'ailleurs l'une des raisons pour lesquelles la vérification d'une théorie est impossible, parce qu'on ne peut jamais lister toutes les attentes théoriques qui président à la formulation d'une théorie ; certaines sont insaisissables, car elles sont ancrées dans le psychisme individuel et collective. C'est dire que ces raisons sont explicites mais aussi implicites. Et c'est l'implicite qui fait problème, chercher à identifier toutes les raisons implicites est un travail quasi-impossible, dans la mesure où cela conduirait à une régression à l'infini alors qu'on a mieux à faire avec nos théories. La seule raison nécessaire est celle de savoir pourquoi telle ou telle théorie est élaborée ; l'expérience joue ici un rôle important. Cependant, Popper montre que l'antériorité de la théorie sur l'expérience n'est pas rigide, car l'expérience peut aussi conduire à la théorie. En d'autres termes, l'expérience peut être vectrice d'un véritable progrès de l'activité théorique de la science. C'est dire que la formulation d'une théorie peut découler d'expériences décisives. C'est ainsi que Popper dit : « mais les cas où des expériences ont eu une influence frappante sur le progrès de la théorie en constituent peut-être une illustration meilleure encore [475]». Des expériences inédites peuvent conduire à bien formuler, à mieux centrer une hypothèse sur son problème. L'expérience peut conduire d'une part à la formulation d'une nouvelle théorie, d'autre part à l'amélioration de la théorie en vigueur en décrivant avec plus deprécision son objet. C'est le cas de l'expérience de Morley. Pour Popper la théorie et l'expérience s'influencent mutuellement : la théorie conduit à l'expérience et l'expérience peut aussi conduire à la théorie. Ainsi, elles ne peuvent être séparées dans la science empirique. De ce point de vue, il ressort que la science empirique se définit à la fois par la théorie et par l'expérience.

Dans la même perspective que Popper, Bachelard montre que la théorie et l'expérience entretiennent une relation de complémentarité. Ce qui revient à dire que l'expérience influence la théorie, de même que la théorie conduit à l'expérience. La théorie est prolongée par l'expérience et l'expérience par la théorie. Ainsi, Bachelard présente les liens entre la théorie et l'expérience en termes de dialogue entre l'expérimentateur et le mathématicien, voire entre le rationaliste et l'empiriste. Le mathématicien renvoie ici au théoricien de la science : « Que l'expérimentateur se renseigne sur l'aspect théorique des données que le mathématicien estime for-

[474] La formulation des idées ou l'activité théorique de la science renvoie au travail réflexif qui consiste à questionner, à critiquer, à raisonner, à émettre des hypothèses audacieuses.
[475] Karl R POPPER, *Op cit.*, p.108.

tement coordonner […]. Que le théoricien se renseigne sur toutes les circonstances de l'expérimentation ? [476]». La théorie et l'expérience s'influencent mutuellement en ce sens qu'elles échangent mutuellement des renseignements. En effet, la théorie implique l'expérience, dans la mesure où elle l'informe en premier. C'est dire que la théorie définit le cadre de l'expérimentation de ce qui doit être expérimenté. Il s'agit d'une coordination des données sensibles à partir de l'élaboration des idées, des concepts extensifs. En d'autres termes, la coordination de l'expérience par la théorie consiste à définir les principes universels qui orientent l'expérience. Ces principes sont les lois universelles à tester. Sans elles, il n'y a pas d'expérience à réaliser. Ce que cela montre, c'est que la constitution d'une expérience repose nécessairement sur des traits théoriques. Cela signifie que la théorie apporte des informations initiales qui impliquent la mise en place d'expériences précises. Ces informations sont présentées ou formulées sous forme d'hypothèses descriptives, prédictives, explicatives, etc. Ces dernières sont des représentations ou des images des événements ou des phénomènes physiques. Ainsi, une expérience scientifique est simplement une manière d'infirmer ou de confirmer par l'usage des instruments des événements physiques qu'exprime une théorie scientifique. Cela signifie que l'expérimentateur et le théoricien travaillent en étroite collaboration. C'est pourquoi Bachelard affirme : « quand c'est le théoricien qui annonce la possibilité d'un nouveau phénomène, l'expérimentateur se penche sur cette perspective, si toutefois, il la sent dans la ligne de la science moderne [477]». A travers ces propos Bachelard montre comment une théorie peut conduire à l'expérimentation ou à la mise en place d'une expérience particulière. Cela se fait lorsque la théorie prédit un événement nouveau. Cette prédiction est une hypothèse universelle clairement formulée. Cependant, elle demeure intuitive. Ainsi, pour la prouver la constitution d'une expérience précise s'impose. L'expérimentateur réalise alors une expérience pour prouver si cette prédiction est recevable ou pas. Si cette expérience confirme la prédiction en question, alors l'annonce du théoricien est vraie. Ce n'était pas une simple vue de l'esprit. De ce fait, l'expérience naît de la prédiction intuitive du théoricien. Sans cette prédiction nouvelle, il n'y pas d'expérience précise. Dans ce cas, la théorie scientifique, c'est-à-dire la formulation des hypothèses universelles, vient avant l'expérience ou les tests expérimentaux cruciaux.

Toutefois, Bachelard estime, comme Popper, que l'expérience peut aussi conduire à la théorie. En faisant des expériences inouïes, on peut déboucher sur la formulation d'une théorie jamais imaginée ou à la révision, à l'amélioration de la théorie en vigueur. En effet, l'expérience peut aboutir au progrès théorique, dans la mesure où les expériences faites informent en premier la théorie. Ces expériences apportent des renseignements nouveaux jamais imaginés, c'est-à-

[476] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué* (1949), Paris, Puf, 1970, p.1.
[477] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.2.

dire la découverte d'un nouvel événement jamais prédit par une quelconque théorie en vigueur. L'explication de ce nouveau fait implique nécessairement la formulation d'une nouvelle théorie ou la correction de la théorie en vigueur. Ce nouveau phénomène est à conceptualiser, à formaliser, à problématiser. Et cela passe par l'élaboration d'hypothèses universelles, c'est-à-dire par la construction d'une théorie explicative. Ensuite, le théoricien essaie de voir si la théorie en vigueur peut inclure ce nouveau phénomène en faisant quelque ajustement. Ces ajustements peuvent conduire à l'amélioration de la théorie en vigueur, c'est-à-dire à la rendre plus précise et cohérente même si elle n'inclut pas le phénomène. Cela montre clairement que la théorisation de ces renseignements nouveaux inédits est largement inspirée par l'expérience. C'est ainsi que Bachelard dit : « quand c'est l'expérimentation qui apporte le premier message d'un phénomène nouveau, le théoricien n'a de cesse de modifier la théorie régnante pour qu'elle puisse assimiler le fait nouveau [478]». Une expérience scientifique est souvent orientée dans une direction précise, elle vise à prouver ou infirmer une hypothèse particulière. Cependant, cette expérience peut conduire dans d'autres directions concernant un événement inédit à théoriser, mais elle implique aussi des tentatives d'intégration de ces nouvelles informations dans la théorie en vigueur. Cela signifie que l'expérience scientifique n'est pas simplement un outil pour voir[479], c'est un véritable moyen heuristique. Elle s'élève vers des pensées théoriques profondes. Cela veut dire que, des pensées théoriques naissent aussi de l'expérimentation. Dans ce cas, c'est l'expérience qui précède la théorie.

II-4 La bi-certitude comme caractéristique de la science empirique

Pour Bachelard et Popper, la science empirique se définit à la fois par la théorie et par l'expérience. C'est pour des raisons scolaires qu'une démarcation parfois stricte a été établie entre son aspect théorique et son aspect expérimental. Epistémologiquement, cette distinction est non pertinente, car le théoricien a nécessairement besoin de l'expérience, de même que l'expérimentateur a nécessairement besoin de la théorie.

De plus, il arrive qu'un même scientifique soit expérimentateur et théoricien. La science théorique n'est jamais radicalement séparée de la science pratique ou expérimentale. Il y a une entente fructueuse entre elles. C'est ainsi que la physique théorique est intimement liée à la physique expérimentale. C'est dans cette perspective que Bachelard affirme : « le physicien a besoin d'une double certitude […]. Pas de rationalisme à vide, pas d'empirisme décousu, voilà les deux obligations philosophiques qui fondent l'étroite et précise synthèse de la théorie et de

[478] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.2.
[479] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.3.

l'expérience. Cette bi-certitude est essentielle [480]». La physique contemporaine réalise la fusion entre la théorie et l'expérience. Certaines théories contemporaines naissent de l'expérience, et d'autres de la théorie intuitive.

Mais en réalité il est très difficile de mener cette enquête si on l'envisage du point de vue psychologique. On se contente alors de ce qu'on l'on voit. Le savant contemporain est donc animé par cette bi-certitude[481]. C'est pourquoi, il n'envisage pas la théorie séparée de l'expérimentation, la science empirique est un couplage d'idées et d'expériences finies et rigoureuses[482]. Raison pour laquelle la science empirique se détermine à la fois par la théorie et par l'expérience. Ainsi, elle peut commencer par la théorie ou par l'expérience. La théorie précède l'expérience, l'expérience précède la théorie. Il s'agit d'une science théorico-empirique ou empirico-théorique.

Conclusion

Commençons notre bilan par une note affirmative : le clivage entre Bachelard et Popper est surmontable. Il y a effectivement un point de rapprochement entre ces deux importants philosophes des sciences du XXe siècle : la définition du caractère dynamique de la science empirique. L'approche logique poppérienne décrit une évolution discontinue de la science. La correction de l'erreur, le remplacement des théories et la vérissimilarité sont les bases épistémologiques d'une conception dynamique, c'est-à-dire non linéaire et cumulative du progrès scientifique. Réciproquement, les obstacles et les ruptures épistémologiques, fers de lance, de la démarche historique et psychanalytique de Bachelard, traduisent aussi une évolution discontinue des savoirs scientifiques. Là encore la rectification de l'erreur est au centre du progrès : on trouve la vérité en effectuant un véritable « repentir intellectuel ».

Cependant les deux approches ne décrivent pas le même progrès discontinu. L'approche bachelardienne décrit un progrès psychologique de la science. Il concerne plus l'humain ou le sujet connaissant, c'est-à-dire l'activité mentale : comment le sujet produit et fait accroître son savoir, comment il construit une pensée rationnelle comme la pensée scientifique. Dans *La formation de l'esprit scientifique*, livre consacré spécifiquement au progrès scientifique et à l'enseignement de la science, Bachelard dit clairement que son intention est de « chercher les conditions psychologiques des progrès de la science [483]». Tandis que l'approche logique poppérienne décrit un progrès formel des sciences. Il s'agit des rapports entre les théories, la structure des théories, les énoncés et les méthodes formelles. Popper décrit un progrès scientifique

[480] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.3.
[481] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.4
[482] Gaston BACHELARD *Ibid.*, p.10.
[483] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, (1938) Paris, J Vrin, 1993, p.13.

presque sans sujet connaissant. Il s'acharne à monter que le progrès concerne avant tout la qualité formelle et empirique des théories conduisant à remplacer les théories moins satisfaisantes par des théories satisfaisantes et ainsi de suite.

Pour notre part, nous pensons que la divergence d'approches entre les deux auteurs ne les condamne pas à l'inimitié. Au contraire elle découche sur une ligne de complémentarité où s'unissent deux aspects fondamentaux de la science contemporaine : la fusion de la subjectivité et de l'objectivité (de la raison dynamique et de l'expérience, du rationalisme dynamique et de l'empirisme non naïf). En effet, le progrès concerne à la fois la qualité des théories, c'est-à-dire leurs capacités à faire reculer davantage notre ignorance et percer les énigmes de la nature (la réalité empirique et l'homme) par la performance de leurs structures formelles[484]. Par exemple que seraient la théorie de la Relativité et la mécanique quantique sans leur expression mathématique ? A ce stade, permettez-nous d'enfoncer une porte ouverte, on sait que ni les théories ni la science elle-même n'ont d'existence indépendamment des cerveaux humains ; la science n'existe pas dans le monde comme les atomes, les étoiles, etc. C'est le sujet qui formule des théories et construit des hypothèses. Il fait parler la nature. Sans cette activité mentale, il n'y a pas de véritable progrès[485]. Le progrès est donc d'abord une conquête de l'esprit sur lui-même. C'est à cette condition que, selon nous, la conception discontinuiste du progrès scientifique décrite ici peut contribuer à définir un enseignement efficace et fécond de la science ; dans la mesure où l'erreur et la critique, vecteurs du progrès scientifique, apparaissent comme des principes fondamentaux pour l'accroissement et l'appropriation des savoirs en général, et particulièrement les savoirs scientifiques même dans le cadre éducatif. La notion d'obstacle épistémologique signifie que l'acquisition d'un savoir nouveau passe toujours par le dépassent d'un savoir antérieur. Popper parle du savoir acquis ou constitué dans l'examen d'un problème scientifique. Par conséquent, mieux enseigner la science, c'est faire passer l'élève d'un savoir dogmatique non questionné à un savoir dynamique, d'une culture non scientifique à une culture scientifique, d'un savoir moins bon à un meilleur savoir.

[484] On pense par exemple au formalisme mathématique. De nos jours, en physique par exemple, une théorie bien formée admet ou doit contenir absolument un formalisme mathématique, car les mathématiques sont à la fois un outil et un critère des théories scientifiques pour comprendre la réalité.

[485] Même Popper considère que la science est une activité humaine, liée au cerveau humain.

TROISIEME PARTIE

EPISTEMOLOGIE CRITIQUE ET PROCESSUS ADEQUATS D'APPRENTISSAGE DES SCIENCES

Introduction

Nous voici arriver pratiquement dans la troisième phase de notre analyse et dans les deux premières nous avons vu respectivement que les épistémologies traditionnelles (empirisme classique et rationalisme classique) ne peuvent constituer des fondements solides pour l'enseignement de la science empirique suite aux conceptions de la science qu'elles développent. Par contre les épistémologies bachelardienne et poppérienne prises dans leur rapprochement ont le mérite d'être des fondements solides sur lesquels peut s'appuyer un enseignement de la science parce qu'elles développent une image dynamique de la science empirique. A cet égard, dans cette dernière partie, nous verrons essentiellement comment le rationalisme critique et l'épistémologie historique constituent des fondements solides pour l'enseignement de la science. Autrement dit, nous verrons les solutions que Bachelard et Popper apportent au problème de la pédagogie de la science, c'est-à-dire les réponses qu'ils donnent à la question de savoir comment mieux enseigner la science empirique à partir de l'épistémologie critique. Ainsi, les différentes solutions qu'ils apportent s'inscrivent dans un contexte méthodologique, didactique et psychopédagogique. Alors nous pouvons posons les questions suivantes : comment mieux enseigner la science empirique à partir de ces trois contextes conformément au rationalisme critique et à l'épistémologie historique ? [486] Quelles sont les méthodes que les deux auteurs mettent en place ? Quels sont les processus qu'ils élaborent pour la construction des contenus scientifiques à enseigner ? Quels sont les éléments psychopédagogiques qu'ils développent dans le contexte de l'apprentissage des savoirs scientifiques ?

[486] Mieux enseigner la science c'est l'enseigner dans une perspective essentiellement critique de façon à développer l'esprit critique, l'esprit scientifique chez l'élève et à transmettre une image véritable de la science empirique.

CHAPITRE VII : DE L'EPISTEMOLOGIE CRITIQUE A LA DEMARCHE PEDAGOGIQUE DYNAMIQUE

Introduction

Notre étude sur la relation entre Bachelard et Popper prend ici un ton plus pédagogique qu'épistémologique, ou épistémologico-pédagogique. Tout d'abord rappelons que dans les parties précédentes nous avons vu que Bachelard et Popper rejettent clairement le rationalisme et l'empirisme classiques ainsi que les pédagogies qui en découlent. S'ils s'appliquent tant à détruire ces conceptions classiques ce n'est pas sans raison, car elles sont incapables de véritablement former l'esprit scientifique (l'esprit critique) chez l'apprenant, elles sont dogmatiques. Que serait alors une meilleure méthode d'enseignement de la science ? En clair Bachelard et Popper cherchent à remplacer les anciennes méthodes par des nouvelles plus efficaces, en faisant en sorte qu'elles soient en accord avec la nature effective de la science, là où les anciennes n'arrivaient pas à le faire à cause de leur arrière-plan épistémologique fixiste.

Toutefois la recherche d'une telle méthode ne peut se faire dans la singularité de leurs pensées[487]. Cela nécessite d'établir un rapport entre les deux auteurs. Mais un tel rapport n'est pas facile à faire en raison de la différence de leurs approches. Cette différence constitue la principale difficulté constatée au long de notre étude. L'approche logique poppérienne vise à définir une méthode qui s'appuie essentiellement sur des éléments formels. Alors que l'approche historique de Bachelard vise à définir une méthode qui prend en compte l'aspect psychologique de l'apprentissage, qu'il considère comme une psychanalyse de la raison. Les deux auteurs s'opposent clairement sur la place de la psychanalyse dans un processus objectif d'apprentissage de la science. En clair la méthode poppérienne en vertu de son essence logique ou formelle élimine toute forme de psychologisme, alors que la méthode bachelardienne tient compte de la dimension psychologique. Celle-ci est d'essence épistémologique, cela ne fait aucun doute, mais psychanalytique dans son déploiement. Comment établir alors un tel rapport pouvant déboucher sur une approche pédagogique dynamique ?

Sans vouloir à tout prix rapprocher les deux auteurs, nous examinerons dans leurs profondeurs et spécificités les méthodes pédagogiques singulières de Bachelard et de Popper. C'est

[487] Sinon elles courent le risque d'être limitées comme les méthodes classiques qu'elles dénoncent et détruisent.

là que nous verrons se dégager le concept de méthode dynamique ou critique conforme à l'activité critique de la science et débouchant sur une pédagogie du problème.

I – LA METHODE CRITIQUE EN PEDAGOGIQUE

I-1 Popper et la méthode pédagogique falsificationniste

Pour montrer comment on peut apprendre la science à partir de la méthode falsificationniste, Popper commence par exposer la théorie psychopédagogique de Konrad Lorenz appelée « imprégnation ». Cette théorie a des similitudes avec la méthode poppérienne d'apprentissage de la science, même si elle s'en démarque.

I-1.1 La théorie de l'imprégnation de Konrad Lorenz

L'« imprégnation » est une théorie d'apprentissage appliquée aux animaux, inventée par le psychologue animalier, l'autrichien Konrad Lorenz (dans les années 1920). Elle définit comment les jeunes animaux acquièrent des connaissances de leurs environnements immédiats. Cette théorie est instituée pour les animaux, même si elle peut avoir des implications pour l'apprentissage humain. C'est pourquoi Popper part de cette théorie pour définir enfin sa théorie de la méthode d'apprentissage applicable aux êtres humains. En effet, la théorie de l'imprégnation « implique que les jeunes animaux sont dotés d'un mécanisme inné qui leur permet d'arriver immédiatement à des conclusions inébranlables [488]». Autrement dit, les jeunes animaux dès leur naissance ont déjà des facultés innées qui leur permettent de reconnaître et de résoudre sûrement toutes situations problèmes auxquelles ils seront confrontés. La théorie de l'imprégnation dit que les capacités d'apprentissage sont innées, c'est-à-dire qu'avant de connaître, on sait au préalable comment on doit faire pour connaître puisque ces capacités sont préconçues dans l'organisme. « Par exemple, un oiseau qui sort de la coquille adopte comme 'mère' le premier objet animé qu'il voit [489]». L'oiseau est préconçu pour reconnaître sa mère. Ses capacités de reconnaissance sont innées en lui. Cela veut dire que l'apprentissage par imprégnation est purement naturel. Tout est prédisposé d'avance : la théorie (les mécanismes ou capacités) et la résolution

[488] Karl POPPER, *La quête inachevée*, Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.58.
[489] Karl POPPER, *Ibid.*, p.58.

du problème sont innées. La théorie de l'imprégnation consiste à montrer que l'apprentissage se fait sur la base des mécanismes innés, c'est-à-dire que dans l'organisme il y a des facultés préconçues *a priori* destiné à résoudre une situation problème. Cette définition de la théorie de l'imprégnation, selon Popper, renferme quelques conséquences qui permettent de la comprendre avec plus de précision[490] :

Première conséquence : l'imprégnation « est un processus – et ce n'est pas le seul – d'apprentissage par observation ». Ici, l'observation est un mécanisme inné dans l'organisme du jeune animal, il adopte sa mère, ou apprend à reconnaître sa mère, en regardant autour de lui le premier objet animé. C'est parce qu'il observe un objet animé qu'il se dirige tout naturellement vers celui-ci en le prenant pour sa mère. Il y a donc une attente préconçue dans l'organisme du jeune animal, à savoir adopter sa mère.

Deuxième conséquence : « le problème résolu sous l'action du stimulus de l'observation est inné ; autrement dit l'oiseau est génétiquement conditionné pour chercher sa mère : il s'attend à voir sa mère ». Autrement dit, le fait que le jeune animal trouve sa mère est un fait qui est intérieur à son organisme, car il est prédisposé à trouver sûrement une mère, il est conçu pour y parvenir. Cela montre que le fait de trouver sa mère est une solution préconçue dans l'organisme de l'animal. Il est donc conçu pour résoudre ce problème.

Troisième conséquence : « la théorie, ou l'attente, qui résout le problème est aussi en partie innée ou génétiquement conditionnée : elle transcende largement l'observation à proprement parler, qui se contente (pour ainsi dire) de libérer ou de déclencher l'adoption d'une théorie déjà formée dans l'organisme ». Cela veut dire que la solution ou la résolution du problème est aussi innée, car elle est déjà contenue dans l'organisme avant même qu'elle soit effective dans la réalité. Le jeune animal est formé dès sa naissance à parvenir à trouver sa mère. La solution du problème est génétiquement conditionnée. En transposant au domaine humain, on pourrait dire que le problème et sa solution sont préformés dans l'organisme de l'apprenant. Il n'existe rien en dehors de l'organisme qui n'y était. Tout ce qu'on apprend est ce qui a été préconçu.

Quatrième conséquence : dans la théorie de l'imprégnation, « le processus d'apprentissage n'est pas répétitif » parce qu'il est donné une fois pour toute. C'est un mécanisme préformé dans l'organisme. C'est donc un processus d'apprentissage non inductif, car la répétition est « caractéristique de l'induction [491]». L'oiseau qui, en sortant de la coquille, adopte le premier

[490] Karl POPPER, *Op cit.*, p58-59.
[491] Karl POPPER, *Ibid.*, 1981, p.59.

objet animé pour sa mère ne le reféra plus jamais. C'est un processus qui se fait une seule fois. A cet égard, il n'y a pas de répétition. Cela suppose que la répétition n'est pas nécessaire pour apprendre. La compréhension d'un problème ne se fait pas à force de répéter. Répéter une notion ne prouve qu'on l'ait suffisamment comprise. Il suffit d'appliquer une méthode performante qui peut conduire d'un seul coup à la compréhension de cette notion. Ainsi, l'imprégnation est un processus d'apprentissage de type sélectif ou darwinien dit Popper.

Cinquième conséquence : « l'observation proprement dite n'opère que comme une clef qui s'enclenche dans une serrure. Son rôle est important mais le résultat fort complexe est presque entièrement préfabriqué ». Autrement dit, dans un processus d'apprentissage par imprégnation, l'observation ne peut conduire à créer un nouveau résultat que celui qui est préformé. Son rôle consiste seulement à faire connaître une solution prédéterminée. Ainsi, on ne peut rien apprendre de nouveau que ce qui a été bien tracé initialement. En clair, l'observation conduit à un résultat prédéfini à l'avance dans l'organisme. Lorsque l'oiseau voit pour la première fois un objet animé, c'est nécessairement pour l'adopter comme sa mère. Cette vue (perception) de l'oiseau n'a que pour finalité l'adoption (de l'objet pour sa mère) et rien d'autre. Par exemple, cette vue de l'oiseau ne peut conduire à picorer le premier objet animé parce que cette vue initiale ou préformée est formée initialement dans l'organisme pour résoudre le problème de recherche d'une mère dès sa sortie de la coquille. Le fait que l'observation en imprégnation ne peut conduire qu'à un résultat préfabriqué ou préformé dans l'organisme.

Dernière conséquence : « l'imprégnation est un processus d'apprentissage irréversible ; c'est-à-dire qu'il n'est pas sujet à correction ou à révision ». En d'autres termes, l'apprentissage par imprégnation ne change jamais, il demeure toujours le même. C'est toujours le même processus qui s'enclenche lorsqu'on a affaire à un jeune animal. C'est le même processus pour tous. Lorsqu'il est enclenché, il ne peut faire marche arrière. C'est pourquoi il ne peut être corrigé ou révisé, même si une erreur ou une défaillance survenait. Cela veut dire que selon la théorie de l'imprégnation l'apprentissage se fait toujours par le même mécanisme, par la même méthode d'apprentissage, parce que le résultat qu'on vise est connu d'avance, avant tout effort physique ou même spirituel de l'organisme. En clair, l'irréversibilité de l'imprégnation est dû au fait qu'il s'agit en réalité d'un processus d'apprentissage inné ; il ne s'apprend pas, il est contenu initialement dans l'organisme. En résumé, selon Popper, la théorie de l'imprégnation l'apprentissage se fait par l'observation de son environnement immédiat. Cette observation est passive, c'est-à-dire qu'elle sert seulement à produire un résultat prédéfini ou préfabriqué ou encore inné dans l'organisme, puisque le problème résolu et la réponse à ce problème sont presqu'entièrement contenus initialement dans l'organisme. On apprend des choses qui sont

génétiquement programmées dans l'organisme. D'où on peut sans risque de se tromper affirmer avec Popper que c'est un processus qui n'apprend rien de nouveau que ce qui a été déterminé à connaître par un tel processus. Cependant Popper ne rejette pas entièrement l'imprégnation[492]. Il l'utilise parce qu'elle renferme quelques similitudes, comme on l'a déjà dit, avec sa propre théorie de l'apprentissage, essentielle à l'enseignement ou à l'apprentissage de la science. En d'autres termes, l'apprentissage de la science par imprégnation renferme quelques similitudes avec la méthode falsificationniste d'apprentissage de la science. Il s'agit d'un apprentissage ou d'un enseignement par essai et erreur.

I-1.2 La méthode d'essai et d'élimination de l'erreur en pédagogie

Dans quel sens Popper répond-il à la question de savoir comment nous apprenons et comment mieux faire apprendre la science aux élèves ? En quoi consiste la théorie poppérienne de l'apprentissage ? Comment décrit-elle l'apprentissage en général, et comment faire apprendre la science de façon dynamique aux élèves ?

Pour répondre à ces interrogations, nous allons directement voir en quoi consiste la théorie poppérienne de l'apprentissage et comment elle peut servir à mieux enseigner les savoirs scientifiques. Comme nous venons de le voir, la théorie de l'imprégnation s'applique aux jeunes animaux, elle renferme tout de même des similitudes avec la théorie poppérienne de l'apprentissage, même si cette dernière s'applique « aux êtres humains, et plus précisément aux jeunes enfants ». La théorie poppérienne ne découle pas de l'innéisme, c'est-à-dire qu'elle ne repose pas sur des mécanismes innés qui conduisent à des résultats prédéfinis ou préfabriqués. Dans la théorie poppérienne, l'observation intervient, mais elle n'est pas passive ; elle contribue véritablement au processus d'apprentissage, c'est-à-dire à la construction de ce que l'on apprend. Ce que l'on apprend n'est pas inné. Le problème résolu et la théorie qui le résout ne sont pas prédéterminés ou connus d'avance dans l'organisme. Rien ne dit que pour tel problème, on aboutira sûrement et seulement à telle conclusion inébranlable et non à une autre. On comprend par là que l'apprentissage chez Popper est toujours une découverte de quelque chose de nouveau, c'est un changement et non une simple confirmation de quelque chose de préfabriqué dans l'organisme. Ainsi, la théorie poppérienne de l'apprentissage est étroitement liée à sa conception de la science, plus précisément à sa conception de la démarche scientifique. De ce fait, elle peut être qualifiée de théorie réfutationniste de l'apprentissage ou encore de l'apprentissage

[492] Karl POPPER, *La quête inachevée*, Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.59.

par la méthode falsificationniste ou simplement de l'apprentissage par réfutation. Toutefois cette théorie retient quand même l'idée de formation des théories ou des attentes de l'« imprégnation », tout en rejetant son caractère irréversible. C'est sans doute là l'un des points essentiels, où la théorie poppérienne se démarque foncièrement de l'imprégnation.

La théorie falsificationniste montre que l'apprentissage se fait par la formation ou l'élaboration des théories (des hypothèses ou des attentes). Autrement dit, l'apprentissage commence par la formulation (souvent consciente ou inconsciente) d'une hypothèse. Il s'agit d'admettre ou d'accepter une affirmation initiale comme vraie ; celle-ci constitue la réponse valide au problème confronté (Le caractère valide de la réponse ne renvoie pas seulement au fait que cette réponse a eu la validation scientifique effective, il s'agit du sujet apprenant qui valide lui-même cette réponse comme telle). En clair, pour apprendre on commence par élaborer une hypothèse, c'est-à-dire par proposer une solution à une question posée. Cette solution est considérée comme un postulat, une vérité évidente. A ce moment se forme une théorie qui consiste simplement à produire une explication rationnelle du fait traité. Dans son autobiographie *La quête inachevée* Popper présente la thèse centrale de sa théorie falsificationniste de l'apprentissage : « l'essentiel (peut-être la totalité) des processus d'apprentissage consiste en la formation de théories : c'est-à-dire en la formation d'attentes [493] ». Pour faire acquérir ou connaître quelque chose de nouveau (la découverte), on commence par la construction d'une hypothèse, on propose une réponse à une difficulté théorique à laquelle on est confronté. De ce fait, « l'élaboration d'une théorie ou d'une hypothèse comprend toujours une phase dogmatique et parfois une phase critique [494]». Dans le processus d'apprentissage, il y a souvent un premier moment dit dogmatique suivi d'un second moment critique.

Dans la première phase on admet une réponse : l'hypothèse formulée est prise comme une vérité indiscutable, valide. C'est une affirmation qu'on accepte d'emblée comme un postulat, comme une évidence, puisqu'elle n'est pas acquise par la critique mais par la simple adhésion (l'accord des faits que l'on juge *a priori* recevables sans possibilité de les remettre en cause). La phase critique quant à elle consiste à remettre en cause l'affirmation initialement acceptée dans l'optique de l'abandonner et d'essayer d'autres plus satisfaisants, dans la mesure où la critique aurait conduit à rejeter ou à réfuter le premier dogme. La première réponse est insatisfaisante quand la critique montre les erreurs, les limites ou les insuffisances qu'elle ren-

493 Karl POPPER, *La quête inachevée*, Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.59.
494 Karl POPPER, *Ibid*., p.60.

ferme. En clair, la phase critique renvoie à la tentative de réfutation des attentes formées initialement. Il s'agit de les critiquer en vue d'éliminer les erreurs qui surviennent lors de la formation des théories ou hypothèses initiales. En clair Popper montre que l'apprentissage se fait premièrement par la formation ou la construction d'une théorie ou d'une hypothèse. Selon lui c'est une manière d'apprendre ou d'enseigner par essai et erreur : « j'envisageai cette méthode d'élaboration d'une théorie comme un moyen d'apprentissage par l'essai et erreur. Mais, quand j'appelle essai la manière dont un dogme se constituait, je ne parlais pas d'un essai fait au ha- sard [495]». En d'autres termes l'apprentissage par formation d'une hypothèse est une manière d'apprendre par essai et erreur. On fait consciemment des essais ou des dogmes. Ce processus conduit souvent à des erreurs qu'on doit éliminer. C'est en faisant des essais (des tentatives de réponses) qu'on fait des erreurs qu'il faudrait éliminer. En éliminant l'erreur, on apprend, puisqu'on découvre de nouvelles choses. Cependant les essais ou les dogmes avancés ne sont pas faits au hasard, mais conformément à un problème, dans la mesure où c'est le problème qui détermine les essais qu'il faudrait mettre en place. Cela veut dire que « les essais ne sont pas toujours complètement aveugles aux exigences du problème [496]». Le problème fixe à l'avance le cadre dans lequel les dogmes viendraient s'intégrer. C'est seulement dans ce cadre que l'on fait des essais : on peut dire que la réponse à une question est presque toujours contenue dans la question même (même si la réponse peut conduire à des erreurs ou bien être insatisfaisante, il demeure quand même qu'elle est inspirée par cette question).

A cet égard, le problème peut être considéré comme le point de départ des essais ou des dogmes élaborés. Et la formation des dogmes peut aussi avoir d'autres sources que le problème considéré. En effet « un essai ou un dogme nouvellement formulé ou une nouvelle expectative résulte largement de besoins innés qui entrainent aussi de besoins innés de former des expectatives […] ; et cela peut aussi résulter en partie d'expectatives antérieures non réalisées [497]». Cette tendance à former des dogmes, à proposer intuitivement des réponses à nos problèmes provient de trois sources fondamentales innées, à savoir les besoins innés (on naît tout naturellement avec certains besoins : besoin de sécurité, besoin de se nourrir, mais aussi besoins de connaissance, de vérité, etc.) ; Nous sommes prédéterminés à former des problèmes et à proposer des solutions, même si le plus souvent cela se révèle insatisfaisant et des essais pouvant aussi découler des attentes antérieures non réalisées (il peut arriver qu'à un moment donné l'on soit confronté à un problème antérieur qui n'a pas de solution satisfaisante ; en réexaminant ce

[495] Karl POPPER, *La quête inachevée*, Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.60.
[496] Karl POPPER, *Ibid*., p.62.
[497] Karl POPPER, *Ibid.*, p.63.

problème à nouveau frais, on peut faire de nouveaux essais plus satisfaisants). C'est dans ce sens que Popper dit : « la plupart des grandes théories qui comptent parmi les œuvres suprêmes du cerveau humain proviennent des dogmes plus anciens, auxquels s'est ajoutée la critique [498]». Parmi ces grandes théories, prenons le cas de la mécanique quantique qui a été élaborée sur la base du dogme ancien du spectre de la lumière. Sans ce dogme certainement l'invention de la mécanique quantique n'aurait pas été possible à ce moment-là. Cela montre clairement que l'élaboration des essais provient avant tout des besoins innés d'avoir des réponses à des problèmes confrontés. En clair, comme nous venons de voir, apprendre par essai et erreur consiste à essayer des dogmes et à les soumettre à la critique. En faisant des essais ou des tentatives de réponse, on fait des erreurs qu'il faudrait éliminer par la critique[499]. Si la phase dogmatique paraît normale ou naturelle à chaque être humain, la phase critique quant à elle exige un certain effort, voire certaines compétences, car on n'est pas toujours ouvert à la critique. Être ouvert à la critique, c'est-à-dire critiquer ses propres principes, est quelque chose qui s'apprend. Ici on serait tenté de croire qu'on ne naît pas avec les dispositions à rejeter, plutôt avec des dispositions d'accepter une réponse (qu'en est-il des enfants qui développe très tôt le « non » alors qu'on ne leur a pas appris à dire non ?). Après avoir décrit comment fonctionne la méthode d'apprentissage par réfutation, voyons à présent comment elle peut être concrètement appliquée à l'enseignement de la science.

La méthode d'apprentissage par essai et erreur peut conduire à mieux faire acquérir la science de la manière suivante : il s'agit d'amener l'élève à essayer des dogmes (des hypothèses), ce qui laisse libre cours à la possibilité de faire des erreurs, des erreurs de compréhension ou de jugement par exemple. Ensuite, avec la critique des dogmes s'amorce l'élimination des erreurs, et donc des corrections qui conduisent à la découverte de nouvelles hypothèses plus satisfaisantes. En effet, l'élève apprend véritablement (mieux) quand ses erreurs sont corrigées. Autrement dit, il faudrait amener l'élève dans un premier temps à se former des dogmes, et dans un second temps à critiquer ces dogmes en vue d'éliminer l'erreur. Cette démarche est intéressante ; son avantage consiste à ce qu'elle ne donne pas de réponse initiale. Elle ne superpose pas des connaissances sur les dogmes initiaux. Au contraire elle valorise en premier lieu l'esprit critique de l'apprenant. Cela veut dire qu'avec la méthode réfutationniste l'enseignant amène tout d'abord l'apprenant à former ses propres hypothèses, ses propres attentes, ses propres ré-

[498] Karl POPPER, *Op cit*, p.63-64.

[499] Mais il peut arriver qu'on ne fasse pas des erreurs. C'est un gain mais qui reste provisoire. L'absence présente de l'erreur ne signifie pas qu'elle n'existe pas au motif qu'on ne l'a pas détectée.

ponses concernant la notion ou le problème étudié. En d'autres termes le professeur ne commence pas par donner ses réponses : l'enseignant ne commence pas par donner à l'apprenant des recettes toutes faites que celui-ci doit simplement mémoriser (même si elles contiennent des erreurs) ; il commence par inviter l'apprenant à formuler ses propres hypothèses. Ce n'est qu'à l'issue de cette phase dogmatique et par le processus critique d'élimination de l'erreur que l'enseignant peut corriger l'élève, en lui proposant des hypothèses plus satisfaisantes (qui demandent aussi à leur tour d'être critiquées rigoureusement). Cette opération permet d'identifier les erreurs que l'apprenant peut commettre, mais aussi celles que les hypothèses satisfaisantes ont transcendées. Dans ce cas, l'apprenant peut comprendre sans trop de difficultés la notion enseignée :

> « Les enfants – surtout les enfants très jeunes – ont un besoin urgent d'être entourés de régularité qu'ils peuvent découvrir ; il existe un besoin inné non seulement de nourriture et d'amour, mais aussi de constante structurales capables d'être découvertes dans l'environnement (les choses sont de telles constantes à découvrir, d'une routine établie, et d'expectatives établies […]. Les enfants, plus âgés surtout éprouvent du désir au changement, mais celui-ci doit demeurer à l'intérieur de la gamme ou d'un cadre d'expectatives limité […]. Mon hypothèse principale était que la manière dogmatique de penser résultait d'un besoin inné de régularités, et de mécanismes de découverte innés ; mécanismes qui font rechercher des régularités[500] »

A travers ces propos, Popper affirme que l'enfant ou l'apprenant est doté d'un dogmatisme naturel, c'est-à-dire qu'il naît avec la tendance à vouloir se construire des réponses par rapport aux choses de son environnement immédiat. C'est donc normal qu'à chaque notion enseignée, l'apprenant soit capable d'émettre des avis, de faire des essais d'hypothèses ou des tentatives de réponses. De ce fait, la critique de ses hypothèses va l'amener à voir les erreurs de ses dogmes afin de les délaisser par la suite. C'est à ce moment que le professeur peut maintenant présenter à l'apprenant le dogme satisfaisant, c'est-à-dire la bonne réponse[501]. Celle-ci apparaît comme une rectification naturelle de la mauvaise ou de la moins bonne hypothèse que l'apprenant avait formulée. On apprend véritablement quand on passe d'une hypothèse moins bonne à une hypothèse plus satisfaisante, par le processus critique de la réfutation. Ainsi, la démarche falsificationniste permet d'éviter la surcharge des savoirs hétéroclites, c'est-à-dire la superposition des connaissances bien faites sur des idées préconçues de l'apprenant. En clair, le fait que l'enseignant ne commence pas avec des recettes mais avec la formation des dogmes chez l'apprenant, l'empêche de surajouter les hypothèses satisfaisantes aux hypothèses insatisfaisantes de l'élève, dans la mesure où, avant de présenter aux apprenants les hypothèses satisfaisantes, il détruit d'abord par la critique les essais insatisfaisants de l'apprenant. Dans ce cas, il est plus

---

[500] Karl POPPER, *La quête inachevée*, Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.64.

[501] Cette manière d'enseigner se fait déjà avec la correction des exercices. Masi cela devrait s'appliquer aussi aux contenus d'enseignement.

aisé de présenter les hypothèses satisfaisantes sur un terrain plus ou moins purifié. Enfin, la méthode d'essai et d'élimination de l'erreur permet de valoriser l'esprit critique de l'apprenant, en ce sens qu'elle le met en position ou en situation de pouvoir critiquer son propre dogmatisme enfantin, mais aussi les hypothèses satisfaisantes qui lui sont enseignées. Cela rend l'apprenant actif dans l'acte d'enseigner et il a le sentiment de participer à quelque chose de grand, à la construction de la connaissance, à la découverte de ce qui lui est enseigné. C'est pourquoi nous convenons avec Popper que l'apprentissage par réfutation conduit sûrement à la découverte permanente et continuelle de nouvelles hypothèses de plus en plus satisfaisantes, par la formation des essais et de l'élimination de l'erreur[502]. Car le processus falsificationniste des idées préconçues amène l'apprenant à prendre conscience du caractère insatisfaisant de ses propres dogmes ou attentes, et de rechercher les idées (les réponses) satisfaisantes et objectives.

Dans la théorie poppérienne de l'apprentissage on distingue trois principales façons d'apprendre, à savoir « apprendre dans le sens de découvrir : la formation (dogmatique) de théories ou d'expectatives, ou le comportement régulier, contrôlé par l'élimination (critique) de l'erreur [503]» ; « apprendre par imitation : nous pouvons interpréter ceci comme un cas particulier du type précédent » ; et « apprendre en répétant ou en travaillant comme lorsqu'on apprend à jouer d'un instrument ou à conduire une automobile [504]». En ce qui concerne la dernière méthode, Popper pense que la répétition est un mythe, autrement dit il n'existe pas de répétition au sens strict du terme. Ce qui existe ce sont des changements dus à l'élimination de l'erreur. Lorsqu'on pense qu'on répète un processus, en réalité, on ne fait pas exactement la même chose, parce qu'on corrige nécessairement quelque chose qui n'a pas marché. La deuxième méthode quant à elle, c'est-à-dire l'apprentissage par imitation, n'est rien d'autre qu'une manière d'apprendre par essai et erreur. L'imitation implique une phase où on se forme une régularité, autrement dit avec l'imitation, on cherche une certaine constante. Cette recherche conduit à faire des essais, et dans cette perspective, on fait des erreurs qu'on corrige par la critique. La première méthode, c'est-à-dire l'apprentissage en vue de découvrir, est une méthode d'essai et d'élimination de l'erreur, dans la mesure où elle contient nécessairement une phase dogmatique « pendant laquelle quelque chose – une attente – une régularité de comportement – se forme [505]», et

[502] En deux phases, à savoir une phase dogmatique et une phase critique. La première renvoie à la formation des théories ou des attentes. Elle consiste à faire des essais. Quant à la phase critique, elle renvoie à la tentative de réfutation des attentes formées. Il s'agit de les critiquer en vue d'éliminer les erreurs qui surviennent lors de **l**a formation des théories.

[503] Karl POPPER, *La quête inachevée*, Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.64.

[504] Karl POPPER, *Ibid*., p.65.

[505] Karl POPPER, *Ibid.*, p.68.

une phase critique (qui consiste à éliminer les erreurs sur la base des attentes formés). Autrement dit, lorsqu'on entreprend de découvrir quelque chose, on se forme un dogme, une régularité, c'est-à-dire qu'on élabore une hypothèse (une réponse). On cherche à acquérir une connaissance. Une fois que cette acquisition est faite, s'amorce la critique de cette connaissance, en vue d'éliminer les erreurs qu'elle contient, car « tout apprentissage est une modification [elle peut être une réfutation] d'une quelconque connaissance antérieure, et ainsi, en fin de compte, d'une connaissance innée [506]». Cela signifie qu'apprendre par falsification consiste à aller contre ce qu'on connaît, contre ce qui est antérieurement acquis. Celui qui apprend n'est pas dénué de toute connaissance, il connaît déjà en quelque sorte certaines choses qui peuvent être un blocage à l'apprentissage de ce qui est enseigné. C'est en transcendant ce déjà-connu, qu'il accède véritablement à quelque chose de nouveau. C'est pourquoi, selon Popper, apprendre c'est découvrir quelque chose en se formant des théories sur lesquelles s'exerce l'élimination critique de l'erreur. Il y a ici une véritable adéquation entre l'élimination de l'erreur en science et l'élimination de l'erreur en pédagogie. Cela implique qu'enseigner la science c'est aller contre certaines connaissances antérieures que l'apprenant a acquises par l'expérience quotidienne (son vécu). Par conséquent, avant de présenter les hypothèses scientifiques valides, c'est-à-dire de présenter des réponses, l'enseignant doit d'abord mettre en lumière le caractère insatisfaisant des idées préconçues de l'apprenant. C'est à l'issue de cette opération que le professeur de science peut maintenant présenter ses réponses à l'apprenant.

Selon Popper, la méthode réfutationniste ou l'apprentissage par essai et erreur permet de mieux enseigner la science, dans la mesure où elle permet à l'élève de se former des hypothèses, avant d'accéder à des hypothèses scientifiques valides. En effet, on a vraiment le sentiment d'apprendre quelque chose, lorsqu'on constate que ses propres dogmes sur une question donnée sont totalement insatisfaisants et que ses erreurs sont corrigées. Apprendre c'est donc essayer des dogmes, des hypothèses et éliminer les erreurs qui surviennent, afin de parvenir à un dogme plus satisfaisant. Cette approche pédagogique de formation préalable de théorie, suivie d'une phase critique d'élimination de l'erreur, permet d'éviter de prendre de fausses réponses pour des bonnes, et vice versa, parce que la critique conduit à découvrir que ses propres dogmes ne sont pas acceptables, ou du moins ils contiennent des insuffisances[507]. Pour Popper, la méthode d'apprentissage par essai et erreur apparait comme la méthode adéquate pour l'enseignement ou l'apprentissage de la science, car cette méthode d'apprentissage est conforme à

[506] Karl POPPER, *Op cit*., p.69.

[507] On pense ici à l'autocritique de Bachelard, la surveillance intellectuelle de soi,

la démarche effective de la science empirique et elle développe l'esprit critique de l'élève. Ce qui a pour conséquence d'amener l'élève à comprendre que la science se détermine avant tout par la formulation des hypothèses et la soumission de ces dernières à la critique de la communauté scientifique. Cette manière d'apprendre initie concrètement les élèves à la discussion scientifique par la critique qu'ils exercent sur leurs propres dogmes, dans la mesure où les hypothèses formulées par les élèves sont soumises au jugement de la classe, qui doit les invalider ou pas. Bien sûr c'est l'enseignant qui tranche en définitive, puisque c'est lui qui sait où il veut conduire les élèves. En classe, cette discussion scientifique prend la forme d'une discussion horizontale et d'une discussion verticale. C'est la possibilité qui est donnée aux élèves de discuter par exemple du résultat d'une expérience, afin de choisir les hypothèses les plus satisfaisantes. Pour Popper, la discussion en classe doit être encadrée par l'enseignant considéré comme un médiateur, c'est-à-dire un guide et non un dispensateur des vérités incontestables. Cette manière d'enseigner la science est très importante, parce qu'elle développe l'autonomie de l'apprenant dans l'apprentissage ; elle le rend actif, co-auteur de ce qui lui est transmis. Ainsi, l'élève pourrait participer véritablement de façon volontaire à l'apprentissage. Il joue le jeu en toute liberté. Il prend plaisir à apprendre malgré des potentielles difficultés.

I-1.3 L'autonomisation de l'apprenant

Nous avons vu que pour Popper la meilleure manière d'enseigner la science, c'est-à-dire de transmettre aux élèves une véritable image de la science, consiste à procéder par la méthode d'apprentissage par essai et erreur[508]. Cette manière d'apprendre la science est une forme d'« *Arbeitspädagogik* », traduit en français par la pédagogie par le travail. Celle-ci a pour fonction de valoriser une certaine autonomisation de l'apprenant dans le processus d'apprentissage de la science empirique. Cela veut dire qu'en principe l'enseignement dynamique de la science passe nécessairement par le fait de rendre l'apprenant autonome. Cette autonomie se manifeste lorsque l'apprenant passe de la pensée dogmatique à la pensée critique, autrement dit de la phase dogmatique à la phase critique de l'apprentissage tel que nous l'avons précédemment vu. Il s'agit de mettre l'accent sur le travail personnel de l'apprenant, de le rendre actif, afin de participer à la construction du savoir qui lui sera transmis. C'est une forme d'autodétermination, mettant en jeu la libre décision de l'élève. Dans la phase dogmatique, l'élève est invité à exprimer son opinion, à donner son avis sur la notion à enseigner. Une fois cet avis formalisé,

508 Karl POPPER, *La quête inachevée*, Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.59.

s'amorce sa critique. Cette mise en cause des affirmations de l'apprenant a pour but d'éliminer ses conceptions non satisfaisantes, c'est-à-dire celles qui contiennent des erreurs. C'est seulement dans cette phase critique que l'enseignant présente à l'élève le savoir scientifique valide par contraste avec les propositions de l'élève déjà discutées. Mais cela ne doit pas être pris comme une fin en soi, dans la mesure où les tentatives de falsifier ces connaissances valides doivent toujours demeurer actives. L'enseignant pourrait par exemple construire avec les élèves des scenarios de contestation des hypothèses validées dans le cours. Cela prendrait la forme de la recherche de nouveaux essais ou explications qui contrediraient les connaissances validées. Si cela s'avère concluant, alors il faudra rechercher d'autres explications encore plus satisfaisantes et ainsi de suite.

Dès lors, on peut dire que cette manière d'enseigner est en adéquation avec la démarche même de la science empirique, parce que les phases dogmatique et critique de la méthode d'apprentissage par essai et erreur correspondent respectivement aux phases dogmatique et critique de l'activité scientifique. Autrement dit cette manière falsificationniste de faire apprendre la science est conforme à la façon dont la science procède effectivement. C'est dans ce sens que s'inscrit cette affirmation de Popper: « Toute science doit passer par une époque dogmatique […]. On tente […] ainsi de mettre en question des principes habituellement reçus et soutenus de manière dogmatique [509]». Cette démarche est importante, parce qu'elle permet à l'élève de comprendre que les savoirs validés ne sont pas définitifs, ce ne sont que des situations provisoires conventionnellement et provisoirement acceptées.

La meilleure explication est toujours postérieure. Elle est constamment à rechercher. Dans cette optique l'enseignant initie les élèves à la falsification et non à la vérification. Il donne à l'apprenant l'idée que la science c'est avant tout les tentatives de réfutation des théories et non la quête des théories stables irréfutables, comme cela est souvent présenté dans l'enseignement des sciences. Une telle vision de la science est réalisée chez l'apprenant seulement par l'usage de la méthode d'apprentissage par essais et erreurs que le travail autonome et volontaire de l'élève permet de mettre en œuvre. C'est seulement dans cette mesure que l'autonomie de l'apprenant se manifeste effectivement dans le processus de l'apprentissage, parce que ce dernier formule et critique ses hypothèses. Ce que l'auteur de *La connaissance objective* veut dire ici c'est que la meilleure manière de faire apprendre la science aux élèves, c'est de les rendre autonomes en mettant l'accent sur leurs activités, afin de les faire participer, de les rendre actifs.

---

509 Karl POPPER, *Apprentissage et découverte. Ecrits de jeunesse*, (2008), Paris, Editions Rue d'Ulm, trad. Gilles Campagnolo, p.59.

Cela responsabilise l'apprenant. Son individualité en tant qu'acteur (non en tant que sujet) est prise en compte dans l'acte d'enseigner[510].

On pourrait penser ici que la méthode poppérienne d'apprentissage, en valorisant l'autonomie de l'apprenant, signifie que l'élève doit accéder par lui-même à la connaissance scientifique enseignée sans l'intervention de l'enseignant. Cependant il n'en est rien de cela. En effet, l'autonomie de l'apprenant ne consiste pas à faire un tâtonnement tout azimut, c'est-à-dire laisser l'apprenant parvenir tout seul aux connaissances scientifiques qui lui sont transmises. En réalité l'autonomie de l'élève se limite à la formation et à la critique de ses opinions. Mais quand il s'agit des connaissances scientifiques à enseigner, la place de l'enseignant est très importante, en ce sens que ce dernier a pour fonction de conduire l'élève vers la but fixé (ce qu'il faut apprendre véritablement). Cela veut dire que la pédagogie par le travail n'est pas une manière d'exclure le rôle prépondérant de l'enseignant dans le processus de l'apprentissage d'une notion scientifique. Quand Popper parle de la nécessité d'autonomiser l'élève dans l'enseignement, il ne veut pas dire que l'enseignant doit laisser l'apprenant tout seul se démêler pour acquérir la connaissance enseignée. Au contraire Popper affirme que l'enseignant joue un rôle dynamique le processus de l'apprentissage de la science. Selon lui, un élève ne peut pas refaire une expérience scientifique tout seul, il faut l'apport de l'enseignant. C'est dans cette perspective qu'il écrit dans *Apprentissage et découverte, Ecrits de jeunesse* : « C'était alors une idée reçue qu'en chimie les écoliers devaient pouvoir alors élaborer eux-mêmes spontanément la théorie de l'oxydation dans le processus de la combustion, en réalisant quelques expériences classiques (du type de celle de Lavoisier) [511]». Ici Popper critique une certaine idée de l'enseignement traditionnel des sciences, (notamment en chimie), à savoir l'idée absolue du tâtonnement scientifique : l'élève doit accéder par lui-même au savoir scientifique en tâtonnant, c'est-à-dire en faisant lui-même des expériences.

Or la pédagogie par le travail montre que le tâtonnement de l'apprenant ne peut se faire sans assistance, sans un guide, tâche qui revient à l'enseignant. C'est ce dernier qui fixe une certaine limitation : le cadre dans lequel devrait s'exercer la pensée autonome de l'élève[512]. En clair il est impossible que les élèves déduisent des théories à partir de leurs tâtonnements sans la suggestion de l'enseignant parce qu'ils ne sauront pas où aller ; seul l'enseignant fixe le contexte de l'apprentissage, la direction à suivre. Cela veut dire qu'un enseignement efficace

---

510 Karl POPPER, *Apprentissage et découverte. Ecrits de jeunesse,* (2008), Paris, Editions Rue d'Ulm, trad. Gilles Campagnolo, 2019, p.16.

511 Karl POPPER, *Ibid*., p.216.

512 Karl POPPER, *Ibid.*, 2019, p.56-57.

de la science ne procède pas de l'expérience vers la théorie mais de la théorie vers l'expérience (sa fonction est la mise en épreuve de la théorie). Ainsi, la meilleure manière d'enseigner la science consiste dans un premier temps à élaborer des théories, c'est-à-dire des dogmes, et dans un second temps à mettre à l'épreuve ces dogmes par l'intermédiaire de la critique et de l'expérience. C'est donc dans cet ordre que se manifeste véritablement l'autonomie de l'apprenant dans l'apprentissage de la science empirique. Toutefois on peut se demander si la méthode falsificationniste d'apprentissage de la science peut effectivement être appliquée dans un cours de science. Dans son article sur l'épistémologie et la pédagogie chez Gaston Bachelard et Karl Popper, Alain Firode pense que l'épistémologie poppérienne, en raison de ses conséquences logicistes, est moins influente chez des pédagogues contemporains que l'épistémologie bachelardienne. Mais nous pensons que l'approche logique de Popper est aussi en phase avec l'activité scientifique. Il suffit de faire une analyse approfondie de la notion d'enseignement pour se rendre compte que la falsifiabilité est un caractère intrinsèque de la démarche scientifique.

I-1.4 L'applicabilité de la méthode d'apprentissage par essai et erreur

Si on considère la science d'un point de vue empiriste ou inductiviste, alors il est très difficile de voir une quelconque possibilité d'appliquer la méthode réfutationniste dans l'enseignement de la science. Et pourtant Popper montre que c'est par cette méthode que la science procède réellement. Par conséquent la démarche qui convient à l'enseignement des sciences empiriques, c'est la méthode d'apprentissage par essai et erreur parce que cette méthode est conforme à la nature même de la science. Sans vouloir exagérer, on pourrait dire que cette méthode est plus aisée à appliquer pour l'apprentissage de la science que la simple méthode expérimentale ou d'investigation. Malgré son aspect apparemment purement théorique, un enseignant peut concrètement mettre en pratique la méthode d'apprentissage par essai et élimination de l'erreur. Comme nous l'avons vu, cette méthode stipule que l'apprentissage se fait par falsification des idées reçues dogmatiquement (sans la critique). Il y a apprentissage lorsqu'on parvient à accéder à une connaissance nouvelle par contraste ou réfutation de ce qu'on avait admis antérieurement comme valide. Partant de ce point de vue, il est alors possible pour un enseignant de science d'appliquer la méthode d'apprentissage par essai et erreur dans son cours. Car la méthode dit qu'avant d'exposer les acquis de la science aux élèves, il faut d'abord tenir compte des idées reçues qu'ils ont acquises. Autrement dit avant toute explication scientifique que l'enseignant doit donner aux élèves, ils doivent d'abord extérioriser les explications pré-scientifiques qu'ils ont acquises auparavant. Concrètement, cela veut dire que, pour commencer

son cours, l'enseignant présente la notion à enseigner sans donner une quelconque connaissance valide la concernant. A cet égard, il invite les élèves à dire ce qu'ils pensent de cette notion, puisqu'ils ont souvent des préconceptions qui peuvent être liées aux notions scientifiques enseignées, même si le plus souvent elles sont inconscientes. Mais elles sont souvent si tenaces que seule une vraie mise en question peut les exhumer.

Cette invitation peut se faire sous plusieurs formes. Elle peut prendre la forme d'un dialogue interrogatif entre l'enseignant et les élèves, entre les élèves eux-mêmes, des exercices ou encore des jeux de questions-réponses. Mais il faudrait que tout cela ait un sens pour l'apprenant, qu'il se sente vraiment impliqué par l'objectif à atteindre. C'est pourquoi il ne faudrait pas que l'élève le vive comme une punition ou comme une corvée. C'est dire que l'enseignant devrait s'appliquer à veiller ou à susciter la libre décision de l'élève dans une pensée autonome. Ainsi, le discours employé par l'enseignant pour la circonstance doit être un discours non autoritaire, non dogmatique. Après avoir recensé les opinions des élèves sur la notion enseignée, l'enseignant met en place une procédure de tri, afin de choisir les meilleures d'entre elles ou de les rejeter complètement par la critique, laquelle montre les limites de ces opinions. Cette critique peut se faire entre les élèves, mais aussi l'enseignant peut évoquer les opinions des élèves, afin de montrer qu'elles ne sont pas recevables à cause de leurs faiblesses ou limites. C'est à l'issue de cette phase critique que l'enseignant peut dès lors présenter aux élèves les acquis scientifiques sur la notion en question. Mais le travail ne s'arrête pas là. Il faudrait aussi que ces acquis soient à leur tour critiqués, en apportant des hypothèses contraires, que Popper appelle énoncés falsificateurs ou falsificateurs virtuels. La critique peut être graduelle, de manière à accéder à l'hypothèse valide qui est l'objectif à atteindre au terme de la séquence du cours.

En clair, dans un cours effectif de science, la méthode d'apprentissage par essai et erreur poppérienne peut se résumer de la manière suivante : 1) Présentation de la notion à enseigner (cette étape peut consister à faire une approche sémantique de la notion : la définir simplement), 2) Dogmatisation (identification et formalisation des opinions des élèves), 3) Discussion critique (repérage des limites, des insuffisances des opinions des élèves), 4) Rétention des opinions qui ont résisté à la critique (faire le lien logique avec la notion à enseigner), 5) Exposition didactique de la notion à enseigner (présentation aux élèves des acquis sur la notion à enseigner : les hypothèses validées par les scientifiques qui à leur tour demande d'être critiquées. Cette critique consiste simplement à montrer aux élèves que ces hypothèses sont simplement corroborées et non vérifiés de façon définitive). Si on se situe du côté de la « pédagogie

par le travail »[513], alors la prise en compte des dogmes de l'élève est fondamentale afin de mieux lui enseigner la science, car les dogmes de l'élève sont le plus souvent des idées erronées de la science, qu'il faut dépasser par la transmission de véritables hypothèses scientifiques validées ne serait-ce que provisoirement. Cela traduit donc comment la méthode falsificationniste ou la méthode d'apprentissage par essai et erreur peut concrètement être appliquée dans un cours de science.

Cependant il apparaît clairement que la méthode poppérienne d'apprentissage de la science ne montre pas de façon claire comment les acquis de la science peuvent être exposés du point de vue didactique, c'est-à-dire dans leurs contenus. Par exemple, dans cette méthode on ne voit pas très bien comment on peut expliquer aux élèves une notion comme celle de la poussée d'Archimède dans son contenu théorique et empirique. Mais, avec du recul, on se rend bien compte que la méthode d'apprentissage par essai et erreur répond effectivement à ce problème de la détermination détaillé du processus d'apprentissage d'une notion scientifique. En effet c'est une démarche certes qui ne s'applique pas qu'à un concept singulier, mais elle définit de façon précise le processus didactique par lequel un concept scientifique particulier peut être appris conformément à la démarche même de la science de nature. Car la méthode falsificationniste est avant tout une démarche de résolution des problèmes[514] par l'élimination des théories non satisfaisantes par des théories plus avantageuses[515]. En clair, le passage de la phase dogmatique à la phase critique dans l'apprentissage d'une notion scientifique est une manière de résoudre les problèmes liés à cette notion en question. Après cet examen du caractère applicable de la méthode d'apprentissage par essai et erreur dans le cadre d'un cours de science, passons à la question de la place de l'observation et de l'expérimentation dans l'apprentissage par réfutation

Dans le processus d'apprentissage par essai et erreur, l'usage de l'expérimentation ou de l'observation est secondaire. En d'autres termes, dans le cadre de l'apprentissage par la méthode d'essai et d'élimination de l'erreur, l'expérimentation intervient non pas pour confirmer les hypothèses ou les dogmes antérieurement reçus, mais pour prouver leur caractère erroné. Et c'est au niveau de la phase critique qu'on fait usage de l'expérimentation, dans l'optique de choisir, parmi les dogmes des élèves, ceux qui peuvent être retenus.

---

513 Karl POPPER, *Op cit*., p.171.

514 Karl POPPER, *Toute vie est résolution des problèmes* (1994), Paris, Actes Sud, 1997,

515 Karl POPPER, *Apprentissage et découverte. Ecrits de jeunesse*, (2008), Paris, Editions Rue d'Ulm, Trad. Gilles Campagnolo, 2019, p.200.

De plus, l'expérimentation vise à illustrer une théorie ou hypothèse scientifique validée. Dans la méthode d'apprentissage par essai et erreur, on utilise l'expérimentation ou l'observation pour choisir, parmi les nombreuses théories, celles qui sont plus satisfaisantes. En effet, ce que Popper veut dire c'est que, lorsqu'on expose les acquis de la science concernant une notion particulière, on présente différentes hypothèses ou théories, qu'on teste afin de trancher parmi celles qui sont recevables ou pas. Cela veut dire que l'expérimentation est faite dans l'optique de montrer que les acquis que l'on transmet à l'élève sont fausses. Autrement dit, Popper montre que les expériences faites en classe n'ont pas pour vocation de déduire une théorie, mais elles sont faites pour mettre à l'épreuve une théorie qui existe déjà[516]. Cela sous-entend que, lorsque l'enseignant fait faire des expériences scientifiques aux élèves c'est en vue de tester plusieurs hypothèses concurrentes, afin de choisir, parmi elles, celles qui constituent la meilleure explication. C'est dans cette perspective que Popper dit « dans ma théorie de la science, l'activité de l'esprit joue un rôle plus grand que l'observation ou que l'expérimentation qui jouent au plus celui de moyen de contrôle ou de tests de mise à l'épreuve[517]». Ce qui est primordial dans l'activité scientifique c'est la formulation des hypothèses ou des théories. Et les observations ou les expérimentations n'interviennent que dans un second temps pour tester les théories formulées. Dans le cadre de l'apprentissage de la science par la méthode d'essai et erreur, comme nous l'avons déjà vu, l'expérimentation interviendra au moment de la critique pour prouver que les acquis scientifiques concernant la notion à enseigner ont réussi aux tests empiriques contrairement à d'autres. Cela veut dire que l'enseignement véritable de la science procède de la théorie à l'expérience, et non de l'expérience à la théorie.

De ce fait, la méthode d'apprentissage par essai et erreur n'est pas une manière d'apprendre par induction, car nous n'acquérons pas « des connaissances grâce à la répétition d'observations [518]». Ce n'est pas en faisant des observations répétées ou accumulées qu'on parvient à une connaissance nouvelle ou qu'on découvre de nouvelles choses. On peut accumuler des observations, des expériences sans jamais obtenir la moindre connaissance poussée des fonctions d'un phénomène naturel. Le processus de répétition ne nous apprend rien de nouveau. C'est plutôt par l'approche critique que nous acquérons des connaissances, dans la mesure où la critique expose nos erreurs, et c'est en les corrigeant qu'on acquiert véritablement de nouvelles connaissances. C'est grâce à la rectification des erreurs qu'on connait véritablement,

516 Karl POPPER, *Apprentissage et découverte. Ecrits de jeunesse*, (2008), Paris, Editions Rued'Ulm, Trad. Gilles Campagnolo, 2019, p.216.
517 Karl POPPER, *Ibid*., p.217.
518 Karl POPPER, *Le réalisme et la science* (1983), Paris, Hermann, 1990, p.54.

parce que dans la quête des régularités, on émet des tentatives de réponses qui au fond sont le plus souvent pleines d'erreurs que la critique permet de détecter. La détection de ces erreurs est déjà un pas vers une tentative plus satisfaisante, dans la mesure où l'erreur est corrigée. C'est dans cette optique que Popper dit :

> « On acquiert de l''expérience' en apprenant grâce à nos erreurs, et pas grâce à l'accumulation, ou l'association, d'observations. On l'acquiert en adoptant une approche activement critique, autrement dit par l'usage critique des observations et des expériences que nous avons imaginées pour aider à déterminer l'endroit où nous avons fait fausse route [519]».

On peut faire plusieurs observations, plusieurs expériences qui ne servent à rien sans une action critique sur elles[520]. Ce sont les erreurs qui nous conduisent à la découverte de nouvelles explications plus satisfaisantes. Et la découverte de ces erreurs ne se fait pas par l'accumulation ou la répétition des observations, mais par la critique active qu'on fait des essais ou des tentatives de réponses à un problème déterminé. C'est pourquoi selon Popper l'apprentissage de la science par les élèves doit se faire par cette procédure déductive d'acquisition des connaissances, puisque la réfutation des idées préconçues est mise au centre de cette manière d'apprendre.

En résumé, pour Karl Popper la méthode d'apprentissage par essai et erreur est l'approche adéquate pour enseigner la science dans l'optique de transmettre aux élèves une véritable image de la science aux apprenants. C'est une méthode qui autonomise l'apprenant et qui développe en même temps la pensée critique. Il s'agit d'un processus d'apprentissage qu'on peut qualifier d'hypothético-déductif, qui commence avec la réflexion, c'est-à-dire le travail sur les hypothèses avant toute observation ou expérimentation[521]. Cela veut dire que la science ne peut être véritablement apprise ou enseignée par des procédures ou des inférences inductives. C'est plutôt les procédures hypothético-déductives qui devraient être au fondement de l'enseignement de la science, parce que c'est de cette manière que nous acquérons naturellement les connaissances, que nous découvrons des connaissances nouvelles. Dans cette procédure d'enseignement, on commence par la formulation de dogmes ou des hypothèses concernant une notion, et ensuite on pose un cadre empirique de testabilité de ces hypothèses, afin de retenir celle qui constitue la meilleure explication. A cet égard, faire apprendre la science aux élèves c'est avant tout partir de ce qu'ils savent pour leur transmettre les acquis de la science véritable, dans la mesure où ce n'est pas par des observations répétées ou en amassant des connaissances

---

519 Karl POPPER, *Le réalisme et la science* (1983), Paris, Hermann, 1990, p.55.

520 Par exemple l'observation d'un arbre ne sert à rien, s'il n'y a pas derrière des intentions, des attentes précises. C'est seulement quand ces attentes sont clairement exprimées que l'observation prend véritablement un sens : fournir des données pour répondre à une question précise, pour trancher entre plusieurs attentes ou hypothèses.

521 Karl Popper, *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, Paris, Hermann,

déjà établies que les élèves comprendront une notion scientifique. C'est en faisant des erreurs et en les corrigeant qu'ils peuvent véritablement accéder à quelque chose de nouveau, à une connaissance nouvelle. L'apprentissage par essai et erreur n'est donc pas un apprentissage par répétition, mais plutôt un apprentissage par la critique. C'est une méthode de la croissance du savoir, de la découverte de nouvelles choses. Car l'élève passe d'une hypothèse erronée à une hypothèse satisfaisante. Ce passage est le signe d'un progrès cognitif, d'une acquisition de quelque de chose nouveau. A cet égard, on peut se demander si cette manière d'enseigner la science se rapproche de la conception bachelardienne de la méthode adéquate pour l'apprentissage de la science empirique. Il faut maintenant examiner comment Bachelard définit la démarche adéquate pour l'apprentissage de la science ?

I-2 Bachelard et la démarche pédagogique rectificationniste

A l'inverse de Popper, Bachelard n'élabore pas explicitement une méthode d'enseignement bien structurée comme la méthode poppérienne d'apprentissage par essai et erreur. Néanmoins, ses réflexions pédagogiques (dans l'ensemble de son œuvre) sous-entendent une certaine manière d'enseigner la science qu'il nous appartient ici de reconstruire. Et nous l'appelons la démarche ou la méthode psychanalytico-dialectique d'apprentissage.

I-2.1 La méthode psychanalytico-dialectique

Au chapitre 6, nous avons vu que Bachelard pose le progrès scientifique en termes d'obstacles épistémologiques. Cependant, dans le premier chapitre de *La formation de l'esprit scientifique*, il dit clairement que l'enseignement de la science contient aussi des obstacles épistémologiques au même titre que l'activité scientifique. Ainsi, l'approche psychanalytico-dialectique apparait comme la meilleure manière d'enseigner la science. Cette méthode d'enseignement est une psychanalyse de la raison ou de la connaissance objective dans la pratique de l'éducation scientifique. Il s'agit d'une méthode pédagogique cathartique au sens où nous avons expliqué le terme catharsis intellectuelle et affective dans notre chapitre V[522]. Selon Bachelard, cette approche consiste à identifier et à surmonter les entraves à la connaissance scientifique, c'est-à-dire tout ce qui fait obstacle à la formation de l'esprit scientifique chez l'apprenant et à l'acquisition d'une connaissance scientifique non dogmatique et non statique.

[522] Chapitre 5 : II-3.

La psychanalyse de la connaissance objective, dans son versant pédagogique, s'appuie sur la thèse fondamentale selon laquelle tout enseignement d'une notion scientifique a pour point de départ l'identification des obstacles épistémologiques contenus à la fois dans le savoir enseigné et dans l'esprit de l'apprenant. En fait, Bachelard veut dire que les obstacles épistémologiques sont aussi de nature psychologique et c'est dans l'enseignement que cette nature est véritablement perceptible dans la dialectique du rationalisme enseignant et du rationalisme enseigné. Contrairement à la pédagogie empiriste classique, Bachelard pense que l'esprit de l'élève n'est jamais vide devant l'acquisition des connaissances scientifiques. C'est sur cette idée fondamentale que la psychanalyse de la connaissance objective doit commencer dans l'enseignement scientifique. Il s'agit de considérer que l'élève n'est pas ignorant, mais qu'il a déjà en lui des connaissances. Evidemment, il ne s'agit des connaissances scientifiques abouties, mais des connaissances empiriques (d'ordre général) acquises dans la vie quotidienne. Ces connaissances initiales s'opposent, c'est-à-dire font obstacle, à l'acquisition de la véritable connaissance scientifique. Dans *La formation de l'esprit scientifique*, Bachelard écrit « quand il se présente à la culture scientifique, l'esprit n'est jamais jeune [523]». Avant tout contact avec la connaissance scientifique, l'élève a déjà en lui des connaissances, c'est-à-dire certaines idées sur le monde ou la nature. Parfois, il en a déjà fait même l'expérience de certains phénomènes naturels. C'est pourquoi, avant l'exposition du savoir scientifique, l'enseignant doit d'abord prendre conscience que l'élève a déjà en lui certaines connaissances d'ordre empirique bien structurées dans son esprit. Si bien que sans cette prise de conscience préalable, le combat contre les entraves à la connaissance apparaît d'emblée comme une entreprise infructueuse, dans la mesure où la rupture avec ce qui est trouble dans la pensée suppose d'abord un repérage préalable de ce trouble. Or sans identification, le trouble demeure. Et pour l'identifier, il est nécessaire d'avoir conscience que ce trouble existe. Par exemple, si l'on veut mieux enseigner la notion de masse, il est primordial de repérer d'abord les connaissances primordiales de l'élève qui peuvent rentrer en opposition avec toute connaissance valide sur la notion de masse.

La démarche psychanalytico-dialectique, décrite ici, permet de déceler les obstacles (par exemple, à la compréhension d'une notion) contenus dans l'esprit de l'apprenant, mais aussi dans la pratique méthodologique de l'enseignant ainsi que dans le savoir scientifique enseigné. En effet, dans le processus d'acquisition de la connaissance scientifique, les obstacles se manifestent non seulement dans l'esprit de l'élève et de l'éducateur, mais aussi au niveau de la culture scientifique elle-même. C'est pourquoi la prise de conscience du principe méthodologique de la démarche bachelardienne

[526] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.21.

débouche inévitablement sur une « table rase des connaissances usuelles[524] » de l'élève, mais aussi celles qui sont contenues dans la culture scientifique. La psychanalyse de la connaissance objective dans l'enseignement de la science commence donc par prendre conscience que l'esprit de l'élève n'est pas vide quand il vient à la culture scientifique. A cet égard, il est possible de rompre avec les obstacles épistémologiques dans la pratique de l'éducation. Sans la prise en compte de ce principe méthodologique, il est donc impossible du point de vue bachelardien de mieux faire apprendre une notion scientifique, parce qu'il y aura une juxtaposition des connaissances bien faites sur des connaissances mal faites.

I-2.2 La rupture pédagogique : détruire et reconstruire

Dans ce qui vient d'être dit, nous avons beaucoup insisté sur le premier moment de la méthode bachelardienne, à savoir l'identification des obstacles. Intéressons-nous maintenant au deux autres moments : la destruction et la reconstruction.

En effet, dans l'enseignement de la science, la psychanalyse de la connaissance objective vise aussi une destruction et une reconstruction du savoir enseigné. Autrement dit, la rupture avec les obstacles épistémologiques, dans la perspective de l'éducation scientifique, passe nécessairement par une destruction préalable de tout ce qui résiste au questionnement, afin d'aboutir à une reconstruction du savoir. Il s'agit d'une « mise en question et reconstruction sur de nouvelles bases psychologiques et épistémologiques [525]». Comme l'a si bien montré Bachelard, il est donc nécessaire de détruire l'ancien savoir pour élaborer un savoir nouveau pur ou objectif dans le processus de formation de l'esprit scientifique chez l'apprenant. Bachelard montre que la culture scientifique commence par une « catharsis intellectuelle et affective ». De même, la formation de l'esprit scientifique chez l'élève se fonde sur cette catharsis, qui est en réalité une sorte de destruction et de reconstruction du savoir.

Par cette destruction initiale du savoir, Bachelard désigne une désorganisation, une mise à plat des connaissances initiales. En d'autres termes, il s'agit d'une mise en question de ce que le sujet connaît déjà. Car ce que l'on connait peut contenir des erreurs ou des faussetés, des idées mal faites. Tout d'acte d'enseigner commence par « renverser les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne [526]». Ce renversement exige préalablement que l'enseignant repère

---

524 Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.16.

525 Bernadette FLEURY et Michel FABRE, « Psychanalyse de la connaissance et Problématique des pratiques pédagogiques. La longue marche vers le processus 'apprendre'» *Recherche et Formation*, N°48, 2005, p.77.

526 Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.21.

d'abord les obstacles, c'est-à-dire les représentations et les idées initiales, mais aussi l'affectivité, ou du moins, la valorisation que l'élève concentre sur un phénomène scientifique : « nous avons tant besoin d'être tout entier dans notre vision du monde : mais c'est précisément ce besoin qu'il faut vaincre [527]». Autrement dit, l'élève s'approche des phénomènes avec ses désirs et ses passions. Il applique ses propres opinions sur les objets de connaissance. Cependant, il faut surmonter cela pour parvenir à la connaissance véritable. C'est pourquoi Bachelard pense qu'il est nécessaire que l'enseignant détruise d'abord le savoir ancien de l'apprenant, à savoir les obstacles liés à la vie quotidienne et ceux qui sont liés à la culture scientifique elle-même.

A travers les notions d'obstacles pédagogiques (épistémologiques) et de ruptures épistémologiques (pédagogique), Bachelard veut dire que la psychanalyse de la connaissance objective ne vise pas tant à transmettre des vérités scientifiques (faire des têtes pleines) mais à transformer l'esprit en le faisant changer de culture. C'est ce changement qui donne à la méthode psychanalytique toute sa valeur pédagogique et épistémologique. C'est pourquoi, Bachelard dit : « il s'agit alors, non pas d'acquérir de culture expérimentale, mais de changer de culture expérimentale [528]». Ce changement de culture suppose que la première culture n'est pas scientifique, c'est un obstacle qu'il faut détruire. Ainsi, après l'identification des obstacles épistémologiques, il faudrait maintenant que l'enseignant amène les élèves à renoncer à eux, en les censurant, en les disqualifiant. Cette opération consiste à montrer à l'élève que les idées ou les représentations qu'il a sur le monde sont fausses ou non correctes. Dans cette perspective, l'apprenant cesse de les considérer comme des vérités scientifiques ou comme un savoir scientifique. De même, il cesse de poser des valorisations sur des phénomènes. En un mot, l'élève est conduit à changer d'intérêts sur les phénomènes, en critiquant négativement les premières impressions qu'il a sur le phénomène. C'est ici, selon nous, que le langage entre en scène. Le discours (les mots, les énoncés, l'intonation, etc.) est d'une importance capitale : il s'agit de dire à l'élève que la représentation qu'il a de tel phénomène n'est pas juste. Cette désorganisation du savoir initiale entraine dans le psychisme de l'élève le processus de rejet, c'est-à-dire de déconsidération de ses propres idées. C'est une sorte de mise à niveau de ses propres schèmes intellectuels. Et, le succès de cette opération réside dans le fait que la destruction s'accompagnerait d'une explication rationnelle. Autrement dit, il s'agira de montrer en quoi telle idée ou représentation première de l'élève sur tel ou tel phénomène est faux. Dans l'enseignement de la physique un exemple illustre bien cet état de chose :

---

527 Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.287.
528 Gaston BACHELARD, *Ibidt*., p.21.

> L'équilibre des corps flottants fait l'objet d'une intuition familière qui est un tissu d'erreurs. D'une manière plus ou moins nette, on attribue une activité au corps qui flotte, mieux au corps qui nage. Si l'on essaie avec la main d'enfoncer un morceau de bois dans l'eau il résiste. On a attribué facilement la résistance à l'eau. Il est dès lors difficile de faire comprendre le principe d'Archimède dans son étonnante simplicité mathématique si l'on n'a pas d'abord critiqué et désorganisé le complexe impur des intuitions premières. En particulier sans cette psychanalyse des erreurs initiales, on ne fera jamais comprendre que le corps qui émerge et le corps complètement immergé obéissent à la même loi[529].

A travers cet exemple, Bachelard montre que la compréhension du principe d'Archimède est difficile, si l'enseignant ne détruit pas au préalable les fausses représentations que l'élève a sur le phénomène des corps flottants. En effet, l'apprenant attribue le plus souvent la résistance au corps immergé. Dans la vie quotidienne, il a déjà fait l'expérience qu'un morceau de bois résiste dans l'eau. Ainsi, l'enseignant doit faire comprendre à l'élève que la résistance ne dépend pas seulement du bois, en lui expliquant qu'elle dépend du rapport entre l'eau et le corps immergé. A cet égard, il est possible de faire comprendre à l'élève le principe d'Archimède dans son aspect mathématique. Après avoir fait table rase des représentations antérieures et de l'affectivité que l'élève concentre sur un phénomène, l'enseignant peut maintenant transmettre à l'élève la connaissance scientifique.

La reconstruction du savoir, la reconstruction de l'édifice du savoir de l'élève, est au fond une rectification, une refonte de son savoir. Il s'agit de refaire la culture expérimentale de l'enfant en lui présentant le savoir véritable. En d'autres termes, c'est l'opération psychanalytique qui consiste à transmettre à l'élève la connaissance scientifique purifiée : présenter le contenu valide de la notion enseignée. Cette présentation est en réalité une sorte d'explication précise de ce que le maître veut transmettre à l'apprenant, c'est-à-dire aller dans le détail même de la notion. Dans *La formation de l'esprit scientifique,* Bachelard écrit : « Le processus de rectification discursive […] paraît être le processus fondamental de la connaissance objec- tive [530]». Autrement dit, la reconstruction du savoir est nécessairement une opération qui con- duit l'élève à acquérir un savoir objectif, dans la mesure où cette reconstruction produit chez l'élève un savoir purifié de toute forme d'inertie ou de stagnation.

A cet égard, l'enseignant conduit l'élève à comprendre correctement les notions scientifiques, puisqu'il doit s'appuyer sur une approche diachronique de la science. Cette approche permet à l'enseignant de montrer à l'élève comment une théorie a été élaborée en évoquant les différentes variations qu'elle a traversé dans le passé. C'est ainsi qu'un « élève comprendra

529 Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.21.
530 Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.289.

mieux la valeur de la notion galiléenne de la vitesse si le professeur a su exposer le rôle aristotélicien de la vitesse dans le mouvement [531]». Bachelard nous montre ici que chaque notion scientifique a tout un passé que l'enseignant doit prendre en compte, car les théories scientifiques ne naissent pas *ex nihilo*, elles viennent toujours de quelque part, de l'ancien savoir ou du moins des cendres de la connaissance antérieure. Ainsi, pour que l'élève les comprenne mieux, pour qu'il saisisse réellement le sens objectif d'une notion ou d'une théorie, il faut que l'enseignant expose d'abord le passé de cette notion, en montrant les ruptures qu'elle a connu dans le temps avant d'être ce qu'elle est présentement. Par conséquent, cela conduit l'élève à avoir une vision objective de la science, en ce sens que la représentation erronée qu'il avait est complètement changée par une vraie connaissance, voire une connaissance objective, qui dit avec précision ce que sont les phénomènes. En critiquant l'épistémologie cartésienne, Bachelard affirme que « si l'on suit le progrès exact de l'expérience, on doit arriver à cette conclusion : ce ne sont pas les métaux alcalins qui reçoivent l'image hydrogénoide mais bien plutôt l'hydrogène qui reçoit l'image alcalinoide [532]». Autrement dit, grâce à l'expérimentation, on a pu montrer avec précision que le spectre d'hydrogène est un spectre alcalinoide et non l'inverse. Dans l'enseignement élémentaire de la science, l'enseignant peut transmettre de telles connaissances qu'après avoir détruit au préalable la connaissance première que l'élève a reçue, à savoir que c'est l'alcalinoide que reçoit l'hydrogène. Comme le souligne encore Bachelard, « quand le résultat correct est maintenu dans la mémoire, c'est souvent grâce à la construction d'un échafaudage d'erreurs [533]». C'est dire que la reconstruction du savoir de l'élève vise une transmission exacte des réponses aux questions que l'élève ou le professeur se pose dans le cours de science. Dès lors, l'esprit de l'élève est prêt à recevoir la connaissance scientifique, qui est par essence une connaissance métaphysique, c'est-à-dire une connaissance nouménale, dans la mesure où elle porte sur des objets qui ne sont pas concrets mais abstraits.

I-3 La psychanalyse : le nœud d'une confrontation

La méthode psychanalytique-dialectique de Bachelard ne reçoit pas l'assentiment de la Popper. En effet, celui-ci, comme on a déjà eu l'occasion de le dire, est contre la psychanalyse, qu'il considère comme un programme de recherche métaphysique, c'est-à-dire une non-

[531] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, Quadrige/PUF, 2009, p.56.
[532] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.158.
[533] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.280.

science. Popper pense que la psychanalyse n'est pas scientifique, parce qu'elle n'est pas réfutable. Aucun fait ne peut réfuter les interprétations psychanalytiques, car la psychanalyse résiste à la falsification, dans la mesure où elle a toujours explication à tout. Les explications psychanalytiques peuvent toujours être réinterprétées de manière à ce qu'elles cadrent avec les faits. Or ce n'est pas le cas pour les théories scientifiques.

De ce fait, le rejet poppérien de la psychanalyse entrainerait inévitablement le rejet de la démarche psychanalytique de Bachelard. Par conséquent, la méthode bachelardienne s'exclurait toute seule de la course à la recherche d'une méthode efficace de l'enseignement de la science. Une telle méthode, au regard de la critique poppérienne, court deux risques. D'abord, elle risque d'exagérer l'interprétation des difficultés d'apprentissage, sans tenir compte de celles qui sont vraiment significatives pour un meilleur apprentissage de la science. Le second risque serait se s'immuniser contre toute forme d'autocorrection. Et là, on retomberait dans une forme de dogmatisme méthodologique.

Cependant, dans la pensée bachelardienne la psychanalyse, nous l'avons montré, se démarque de la psychanalyse classique. La psychanalyse bachelardienne est dialectique. C'est donc une psychanalyse qui interprète et qui s'auto-interprète. Elle ne cherche pas préalablement les solutions, mais la destruction du savoir ancien. Il s'agit en réalité d'une psychanalyse qui critique, qui vise à détruire les idoles, mêmes propres idoles. Dans ce cas, la méthode bachelardienne d'apprentissage de la science ne court pas le risque de tomber dans l'immobilisme méthodologique, parce qu'elle est simplement une recherche permanente de nouveaux stratagèmes d'apprentissage qui passent souvent par l'identification et le renversement des obstacles épistémologiques.

Selon nous, l'opposition méthodologique entre Popper et Bachelard est tout à fait recevable rapport à leurs schémas philosophiques. Cela ne les condamne pas à une confrontation radicale. Au contraire, les deux approches tendent vers un même but pédagogique, à savoir un enseignement dynamique et critique des sciences. Autrement, ce sont deux facettes d'une même pédagogie du problème qui met le questionnement au cœur de l'acte d'enseigner de façon critique les savoirs scientifiques. En quoi consiste cette pédagogie du problème ?

II – EPISTEMOLOGIE CRITIQUE ET PEDAGOGIE DU PROBLEME

Il n'est pas inutile de rappeler que les approches méthodologiques pédagogiques de Popper et de Bachelard s'opposent à la démarche traditionnelle de l'enseignement de la science, c'est-à-dire la démarche pédagogique inductive, laquelle fait de l'observation et de la répétition

les fondements adéquats pour l'apprentissage de la science par les élèves. Cette opposition commune montre une certaine convergence ou un certain rapprochement entre la méthode d'apprentissage par essais et erreurs et la méthode d'apprentissage par la dialectique et la psychanalyse épistémologique. Quels sont les différents points de cette convergence ? Quelles sont les enjeux pédagogiques qui en découlent ? Autrement dit, en quoi l'association des deux méthodes peut-elle conduire à la détermination d'une nouvelle approche efficace de l'apprentissage de la science par les élèves ?

II-1 De la nécessité d'une pédagogie du questionnement

La méthode d'apprentissage par essais et erreur et l'apprentissage par la dialectique ont un même point de départ pédagogique pour l'apprentissage de la science empirique. Bachelard et Popper posent le questionnement (le problème) au fondement de l'apprentissage des connaissances scientifiques[534]. Autrement dit l'épistémologie bachelardienne et l'épistémologie poppérienne impliquent que l'enseignement d'une notion scientifique, la notion de masse par exemple, doit se faire dans un processus d'apprentissage dont le point de départ est le problème ou le questionnement[535]. Pour les deux auteurs cette manière de procéder est la meilleure approche qui permet de transmettre les acquis de la science aux élèves. C'est dire qu'au centre de leur approche méthodologique pour l'apprentissage de la science, se trouve ce qu'Alain Firode appelle la pédagogie du problème ou du questionnement problématique[536]. Cette pédagogie dit que l'apprentissage se fait véritablement lorsqu'on examine un problème fructueux. C'est-à-dire qu'on passe d'une question problématique à une tentative de réponse. Celle-ci étant la connaissance ou l'attente que l'on vise. Ainsi, ce n'est ni l'observation, ni l'expérience préalable qui enclenche le processus de l'acquisition de la connaissance. L'expérience ou l'observation ne sont rien, ne peuvent rien nous apprendre, si au préalable il n'y a pas eu un problème qui nous pousse à faire appel l'observation ou à l'expérience. En d'autres termes, l'observation et l'expérience, ou l'expérimentation, n'interviennent qu'après l'apparition d'un problème clairement formulé sous forme d'une question fructueuse[537]. C'est dire que la quête du problème est antérieure aux moyens mobilisés pour son examen. Cela veut dire que nous apprenons des

[534] Karl POPPER, *Toute vie est résolution des problèmes*, Paris, Actes Sud, 1997.
[535] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 1999.
[536] Alain FIRODE, « Epistémologie et pédagogie chez Gaston Bachelard et Karl Popper » in *Recherches en éducation*, N°29, Juin 2017, p.125.
[537]Karl POPPER, *Le réalisme et la science*, Paris, Hermann, 1990, p.62.

choses non pas parce que nous faisons des observations neutres, mais parce que nous faisons des observations ou des expérimentations dans des buts bien précis. Certes, il n'est pas exclu que des observations peuvent conduire à découvrir des choses qu'on n'avait pas imaginées (c'est souvent le cas en science), mais en règle générale les observations viennent après la formulation d'une question déterminée. C'est pourquoi, Bachelard et Popper pensent que l'apprentissage de la science passe aussi par cette démarche de formulation explicite de problèmes. Cette manière d'apprendre la science, si on regarde de près, est conforme à la logique même de la découverte ou de la production des connaissances scientifiques, qui se fait souvent dans une approche de conjecture et de réfutation ou de rectification. Cette manière d'apprendre la science se situe évidement dans un processus de découverte de nouvelles choses. Autrement dit, cet apprentissage, qui favorise de façon considérable le progrès de connaissance, ne consiste pas à simplement se familiariser avec un savoir déjà connu, comme c'est le cas avec l'apprentissage par imitation ou par cœur[538].

Dans ce cas, l'approche pédagogique, qui met le problème au fondement des méthodes d'enseignement, se caractérise comme une pédagogie de style déductiviste, dans la mesure où l'activité réflexive transcende l'activité perceptive du sujet connaissant. En effet, les problèmes sont généralement le fruit d'une réflexion, d'un examen de la raison. La quête des problèmes fructueux découle souvent des difficultés théoriques, qui sont parfois liés à la connaissance antérieure portant sur un objet de connaissance. Les problèmes n'existent pas dans le monde empirique en toute neutralité, ils sont engendrés dans un rapport de l'esprit humain avec le monde des objets physiques. Cela montre ici un certain effort de la pensée de formuler ces problèmes, sans quoi il n'y aurait pas de véritables problèmes scientifiques formulés explicitement. Les problèmes sont d'abord produits par l'esprit humain. Ensuite viennent les tentatives de réponses, qui sont enfin soumises à des tests empiriques. C'est dans cette optique que Bachelard dit que les expériences sont faites pour illustrer des théories, et non les théories pour les expériences[539]. La doctrine qui explique que nous acquérons les connaissances en partant des expériences pour aller vers les théories (par théories, il faut entendre dans un sens large les idées, les hypothèses, les conjectures) est totalement erronée du point de vue de l'épistémologie historique et du rationalisme critique de Popper parce qu'il est impossible logiquement de tirer les lois générales de la nature à partir d'un ensemble d'observations particulières répétées. D'où le fait que la pédagogie fonde l'apprentissage sur le problème est essentiellement une approche

[538] Karl POPPER, *Op cit*., p.63.
[539] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004,

méthodologique déductive. Car elle obéit à un processus normal d'acquisition de la connaissance qui procède des conjectures vers des rectifications (dont les expériences et les observations en sont des moyens de contrôle).

En effet, la méthode d'apprentissage par essais et erreurs et la méthode d'apprentissage par la dialectique psychanalytique se rapprochent, dans la mesure où ce qui est au fondement de ces méthodes, c'est le problème. Bachelard et Popper, au-delà de leurs singularités, pensent que la meilleure manière d'apprendre la science est de partir du problème, c'est-à-dire d'une question intéressante. Que ce soit dans la méthode d'enseignement par erreur ou la méthode d'enseignement par la dialectique historique et psychanalytique[540], on part toujours des problèmes scientifiques explicitement formulés. L'école n'a pas pour fonction de faire de la recherche scientifique, son but est de former des jeunes esprits en leur transmettant des connaissances. Ainsi, la science enseignée est une science valide ; les acquis de la science, les connaissances scientifiques enseignées sont des connaissances qui ont été validées par la communauté des scientifiques. Il s'agit donc de transmettre aux apprenants des connaissances déjà produites, acquises, et non de les amener à faire de la recherche scientifique. Ces connaissances ont été produites à la suite de problèmes bien spécifiques. A cet égard, pour amener les apprenants à s'approprier ces connaissances, la meilleure manière, d'après l'épistémologie poppérienne et l'épistémologie bachelardienne, c'est de procéder par la pédagogie du problème, c'est-à-dire procéder comme les savants eux-mêmes ont procédé pour acquérir ou produire les connaissances valides : le savant procède toujours par la recherche d'un problème fructueux. C'est par la recherche des tentatives de résolution de ce problème qu'il parvient en définitive à construire une connaissance par rapport au problème en question. C'est pourquoi, dans l'enseignement, l'apprentissage de la science devrait aussi se faire de cette manière. Ici, il s'agit simplement de conduire l'élève à découvrir, à acquérir un savoir déjà produit, qui attend tranquillement l'élève ; ce n'est pas une connaissance à produire de nouveau. C'est là que se trouve l'impor- tance pédagogique de l'enseignant. Conduire sûrement l'élève vers le savoir, en lui évitant de produire pas à pas les sentiers longs et sinueux par lesquels le savant est passé. Par exemple, une notion comme celle de la masse a été construite au fil des siècles avant de prendre la forme qu'elle a de nos jours. A condition que ces résumés ne soient pas trop figés, continuistes ou accumulatifs. Car le risque serait ainsi de donner aux apprenants une image erronée de la science. C'est pourquoi, l'approche méthodologique bachelardienne insiste sur la nécessité de

[540] Karl POPPER, *Le réalisme et la science*, Paris, Hermann, 1990, p.59.

la prise en compte de la dimension historique[541] dans l'apprentissage des connaissances scientifiques à l'école. Car les acquis de la science enseignée, qui sont en réalité des résumés, ont une histoire qui participe véritablement à la compréhension de ces acquis. Et c'est l'enseignant qui est censé connaître ces détours. A cet égard, pour enseigner une notion scientifique, il est important de passer aussi par certains de ces détours les plus significatifs. Ainsi, la pédagogie du problème n'est pas une manière d'apprendre qui présente la connaissance scientifique ou la science enseignée de manière linéaire, continuitiste ou cumulatif. Dans la mesure où la connaissance scientifique n'est pas produite par accumulation linéaire des savoirs nouveaux sur les savoirs anciens.

Chez Gaston Bachelard et Karl Popper, la meilleure manière d'apprendre ou d'enseigner la science aux apprenants ou élèves, c'est de procéder par une sorte de pédagogie du problème. Sans revenir sur le sens de cette pédagogie, tel qu'il a déjà été précédemment esquissé, intéressons-nous au concept de problème, puisqu'il n'a pas fait jusque-là l'objet d'une analyse approfondie chez nos deux auteurs par rapport aux apprentissages de la science. Popper conçoit le problème scientifique comme trouvant son origine chez les présocratiques[542]. Ces derniers concevaient le problème comme quelque chose qui suscite notre étonnement, notre curiosité face aux merveilles de la nature, de l'univers, de l'existence. Il s'agit précisément d'une difficulté d'ordre intellectuelle concernant un objet de connaissance. C'est une difficulté à comprendre la nature, à trouver des explications non mythiques des phénomènes, de l'univers, de l'homme et de son environnement. C'est ainsi que les premiers philosophes grecs s'interrogèrent sur l'origine de l'univers. Leur travail consistait donc à trouver une explication rationnelle du fondement de l'univers à partir des éléments naturels comme le feu, l'eau, l'air, etc. Dans ce contexte le problème se présente avant tout comme quelque chose d'intellectuel, parce que construit par un sujet qui s'interroge sur les phénomènes de l'univers. Cela veut dire que le problème scientifique, dès ses origines présocratiques, est déjà quelque chose d'idéel, même si c'est à partir de la nature que l'individu s'interroge. Pour Popper, le problème scientifique n'est rien d'autre que cette difficulté théorico-empirique ou cette ignorance portant sur la nature à laquelle on cherche à avoir des réponses satisfaisantes.

Quant à Bachelard, en dénonçant l'esprit préscientifique, le problème apparait comme une question heuristique, une interrogation fructueuse ; c'est-à-dire une question qui soulève

[541] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, 2004,
[542] Karl POPPER, *Toute vie est résolution des problèmes*, Paris, Actes Sud, 1997, p.13.

une véritable difficulté de connaissance, engendrant ainsi une quête profonde des raisons, pouvant réduire ce manque de connaissance. A cet égard, le problème scientifique apparaît comme quelque chose de construit par l'esprit humain. Même si un phénomène naturel qu'on ne comprend pas ou qu'on ne connaît pas venait à se produire dans la nature, ce phénomène ou cette difficulté finirait par être formulé dans un langage qui en rendrait compte. On peut affirmer qu'au regard des conceptions bachelardienne et poppérienne le problème scientifique peut renvoyer à une difficulté théorico-empirique exprimé (en principe) sous la forme d'une question importante, heuristique, dont on cherche des réponses satisfaisantes. C'est donc ce genre de problèmes qui sont à apprendre dans l'enseignement des sciences. Dès lors, l'apprentissage de la science par les problèmes consiste non pas à saisir les problèmes scientifiques par leur description, mais à partir des problèmes comme point de départ d'une réflexion scientifique, d'une recherche fructueuse. Autrement dit, le problème est le point de départ à partir duquel découlent les connaissances scientifiques à enseigner aux élèves.

Dès lors, on peut se demander ce qu'est véritablement la connaissance scientifique ? Par quoi se caractérise la connaissance scientifique par opposition à ce qu'elle n'est pas ? Généralement, la connaissance scientifique est perçue comme toute information découlant des observations et des expériences. Les données produites par l'expérience ou des observations faites par des scientifiques sont souvent considérées comme des connaissances scientifiques. Cette conception fait de la connaissance scientifique une sorte de confirmation ou vérification par l'expérience. Cependant, cette manière traditionnelle de concevoir la connaissance scientifique est erronée au regard de la conception réfutationniste de la science. Ici, la connaissance scientifique est avant tout perçue comme réponse au problème posé. Autrement dit, ce qu'on appelle connaissance scientifique, ce sont les solutions, les tentatives de résolution d'un problème qui renvoient aux hypothèses scientifiques validées. De même, Gaston Bachelard conçoit la connaissance scientifique comme la réponse à une question problématique. Sans question, il n'y aurait pas de connaissance scientifique véritable. La connaissance se trouve derrière la question. Et ce qui est derrière la question n'est rien d'autre que la réponse à question. Mais ce qui constitue vraiment la connaissance scientifique ce sont les solutions ou les résolutions qui ont été validées par la communauté des scientifiques. Les acquis de la science qui sont transmis aux élèves à l'école sont essentiellement des réponses à des questions problématiques. C'est pourquoi, selon Popper et Bachelard, la meilleure manière d'enseigner les acquis de la science, c'est de partir non pas des observations ou des expériences particulières répétées (celles-ci ont un rôle important), mais des problèmes scientifiques explicites.

II-1.1 La particularité logique de l'approche poppérienne

Comme nous l'avons déjà vu, ce qu'on entend par pédagogie du problème est cette manière d'apprendre ou d'enseigner la science en procédant par les problèmes scientifiques.

En effet, l'auteur de *Conjectures et réfutations* a su très tôt montrer que la meilleure manière d'enseigner la science, c'est de procéder par la pédagogie des problèmes, parce que celle-ci est conforme à la manière dont nous acquérons logiquement les connaissances scientifiques en particulier. L'observation et l'expérience ne sont pas les points de départ fiables de l'apprentissage de la science, c'est plutôt le problème qui est le point de départ efficace pour l'apprentissage de la science. En d'autres termes, selon Popper l'apprentissage de la science par les problèmes consiste à partir des problèmes scientifiques déterminés pour enseigner les acquis de la science aux élèves. Il s'agit de partir de ces problèmes comme point de départ de l'apprentissage. Cela se fait selon une procédure à trois niveaux[543] : 1) le problème à l'origine de la notion, 2) les essais de solutions, enfin 3) l'élimination des solutions qui ne sont pas satisfaisantes. donc s'ensuivent la phase de proposition de solutions et l'élimination des solutions par la critique. La pédagogie problématique renvoie ici à une manière d'apprendre la science qui se fait selon trois niveaux dont le premier est toujours le problème ou la situation de problème[544].

Pour Popper l'apprentissage des acquis de la science concernant une notion scientifique particulière commence par le fait de déterminer initialement le problème ou la situation de problème qui sous-tend la notion en question, parce que ce qu'on appelle acquis de la science ou connaissance scientifique ne sont rien d'autre que des réponses à un problème scientifique posé[545]. Le problème n'est pas conçu comme moyen de vérification des connaissances, mais comme la source même des connaissances scientifiques. Autrement dit, les connaissances que l'on fait acquérir aux élèves sont déduites des problèmes scientifiques clairement posés. Cela veut dire que pour apprendre une notion scientifique de façon convenable et satisfaisante, le premier niveau consiste à déterminer le problème lié à cette notion, dans la mesure où « les sciences, comme l'ont bien vu les philosophes grecs déjà, s'originent dans le problème, dans l'étonnement à propos de quelque chose qui, tout en faisant partie du quotidien, devient justement un objet d'étonnement, un problème pour le penseur scientifique [546]». Ainsi, il n'y a pas

[543] Karl POPPER, *Toute vie est résolution des problèmes*, Paris, Actes Sud, 1997, p.14.
[544] Karl POPPER, *Ibid*., p.15.
[545] Karl POPPER, *Ibid.*, p.20.
[546] Karl POPPER, *Ibid.*, p.17-18.

de connaissance scientifique sans un problème fondamental à résoudre, une difficulté théorico-empirique clairement formulée. C'est pourquoi, dans le contexte pédagogique, le problème est le point de départ de l'apprentissage de la science. Concrètement, cela signifie que face à une notion à enseigner, il faudrait déterminer le problème principal à partir des interrogations précises. Il s'agit de poser des questions qui sont à l'origine de la notion en question. Ce premier niveau peut aussi inclure les questionnements des élèves. Cela consiste à construire ou à faire émerger le problème ou la situation de problème de la notion à partir du propre questionnement des élèves. Il s'agit premièrement d'amener les élèves à se poser des questions sur la notion à enseigner, ensuite de les conduire petit à petit vers le problème scientifique véritablement à traiter. Cette manière de procéder se démarque de la doctrine de la pédagogie du problème selon laquelle l'enseignant pose des questions aux élèves pour qu'ils donnent des solutions. Ici, le questionnement de l'enseignant a pour fonction d'amener les élèves à se questionner, à trouver le problème fondamental qui est au cœur de la notion à enseigner. Sans problème formulé, il n'y a pas de connaissance scientifique, de même que sans théorie, il n'y a pas d'observation scientifique. La phase des questions problématiques est importante, dans la mesure où elle permet de susciter la quête de connaissance chez l'apprenant, par le besoin de trouver des réponses aux questions posées, elle le rend actif et dynamique, en ce sens l'apprenant participe à la construction du problème à traiter. Il ne s'agit pas pour l'apprenant d'un travail de reconstitution, comme c'est le cas pour l'enseignant. Pour l'élève c'est une véritable entreprise heuristique, productive, car il ne connait pas au préalable la question fondamentale ou la situation de problème à traiter. Ainsi, le premier niveau consiste à formuler clairement le problème ou la situation problème à traiter, à partir de la dialectique du questionnement entre les élèves et l'enseignant.

Après cette première phase, intervient le niveau 2. C'est la phase des essais de solutions. En effet, une fois que le problème est clairement déterminé sous forme de question, alors on bascule dans le niveau 2 de la procédure. Celui-ci consiste à chercher les solutions qui permettent de résoudre le problème. Pour le dire simplement, il s'agit de répondre clairement aux questions qui ont été posées sur la notion à enseigner, c'est-à-dire faire des « tentatives pour résoudre le problème [547]». Les termes « tentatives » ou « essais » signifient, d'une part qu'il n'y pas de solution *a priori* bonne, il n'y a pas de solution définitive. On ne la connait pas au préalable, on la cherche en espérant la trouver, puisque sa trouvaille n'est pas garantie. Le niveau 2 de la procédure est au pluriel, dans la mesure où il s'agit des tentatives ou des essais. C'est-à-

[547] Karl POPPER, *Toute vie est résolution des problèmes*, Paris, Actes Sud, 1997, p.15.

dire que face à un problème à résoudre dont on ne connait pas la solution ou la réponse au préalable, on émet souvent plusieurs réponses. C'est de cette manière que la science fonctionne, car les problèmes scientifiques sont souvent examinés par plusieurs scientifiques, qui suivent souvent des pistes de solutions très différentes. Même quand on sait qu'on est sur une piste peu prometteuse, l'intérêt d'explorer cette dernière est importante parce qu'au final cela permet de restreindre le champ de recherche du problème, à savoir la réponse concluante. C'est pourquoi il faut faire intervenir plusieurs propositions de solutions. Ces essais, lorsqu'ils sont concluants, constituent ce qu'on appelle des connaissances scientifiques. C'est donc ces dernières que les élèves apprennent comme telles. Ce sont les essais concluants qui sont enseignés comme connaissances scientifiques. Alors, quand on parle des acquis de la science, il s'agit simplement des essais concluants fait sur un problème scientifique précis. Quand les élèves sont parvenus à la construction du problème fondamental à traiter sur la notion à enseigner, alors intervient le niveau 2. C'est dire que les apprenants sont invités à faire des tentatives de résolution du problème en question. C'est la phase de la solution du problème à partir des essais ou des propositions de solution que les élèves font. Ces essais de solution sont des hypothèses ou conjectures produites par les élèves. Concrètement, il s'agit simplement des réponses que les apprenants donnent à la question posée ; de manière à les conduire ou les guider petit à petit vers la solution véritablement concluante portant sur la notion à enseigner. Cette phase des tentatives de réponse peut aussi se faire d'une autre manière, et c'est la manière, à notre avis, la plus réalisable au regard du temps limité des cours au lycée et au collège. Les élèves ne produisent pas des tentatives de solution, c'est le professeur qui les produits pour les élèves. C'est dire qu'il fait intervenir uniquement les essais de solution produits par les savants, de manière à aboutir à l'essai concluant ; puisque dans le cadre de la pédagogie par les problèmes, ce que l'on vise c'est la transmission de la réponse concluante. Sinon, quel serait l'intérêt d'enseigner les essais non concluants à l'école? Si ce n'est dans le seul objectif d'établir un apprentissage progressif dont la solution concluante nécessite le passage par les diverses tentatives de solutions qui ont été faites.

Jusqu'ici, on ne voit pas encore comment parvenir à l'essai de solution concluante. C'est ce qui est l'objet du niveau de la procédure de l'apprentissage par les problèmes scientifiques. En effet, après la formulation du problème et les tentatives pour résoudre le problème, intervient une troisième étape. Celle-ci consiste à éliminer les essais qui ne sont pas concluants. C'est ainsi que Popper le dit : « le troisième niveau est l'élimination, ou la suppression des essais de

solutions infructueux [548]». Cette troisième étape est importante, car elle permet de faire le tri parmi les essais de solutions. C'est pourquoi, après avoir formulé clairement les essais de solutions, il est essentiel de les soumettre à un « processus d'élimination » qui consiste à rejeter les réponses à la question qui en réalité n'en sont pas. Toute réponse infructueuse ou comportant des erreurs est alors systématiquement supprimée de la course. Si toute la gamme de nos essais est épuisée sans qu'aucun ne soit satisfaisant, alors des nouveaux essais sont systématiquement envisagés. Cela signifie que la pédagogie du problème est en principe une pédagogie de l'élimination des solutions qui ne sont pas satisfaisante pour ne retenir que celles qui résolvent véritablement au problème posé. De telles solutions, nous dit Popper, sont celles qui au terme du processus d'élimination par la discussion critique et des tests expérimentaux[549], apparaissent concluantes, c'est-à-dire non réfutées. Ainsi, le processus d'élimination est une étape négative en ce sens qu'elle ne vise pas premièrement à trouver la solution du problème[550], mais à écarter les propositions de solutions qui renferment des erreurs. C'est en éliminant l'erreur ou les essais erronés que l'on parvient petit à petit à trouver les solutions concluantes. Certes, la solution concluante peut être trouvée d'un coup, mais la précaution épistémologique, voudrait qu'on fasse intervenir tout de même les tentatives de solutions possibles. C'est à travers le processus d'élimination des essais qu'on arrive à la solution concluante, que les élèves parviennent petit à petit à trouver la solution concluante du problème posé.

C'est la phase où les hypothèses ou les conjectures des élèves sont soumises à des tests empiriques rigoureux ou à l'expérimentation. Celles qui ne résistent pas à ces tests sont alors systématiquement rejetées. Si l'enseignant ne tient pas compte des essais des élèves, alors il montrera par l'élimination comment les scientifiques sont parvenus à la solution concluante du problème. Il s'agira d'éliminer les essais non concluants en les testant empiriquement, afin d'aboutir petit à petit à l'essai concluant qui constitue le savoir scientifique qu'il faudrait transmettre à l'apprenant. En résumé, la pédagogie du problème chez Popper consiste à transmettre les savoirs scientifiques aux élèves en partant d'un problème déterminé, auquel l'on fait des propositions de solutions, qui sont à leur tour soumises à des tests empiriques dont le but est d'éliminer les essais infructueux, afin de trouver l'essais concluant. Cela peut se résumer selon le schéma suivant : Problème – Essai de solution (théorie, hypothèse, conjectures) – Elimination (falsification ou réfutation/ tests empirique, expérimentation) – Essai concluant (conjectures corroborée/ nouveau problème). Le dernier niveau n'est pas de Popper, c'est nous qui

[548] Karl POPPER, *Toute vie est résolution des problèmes*, Paris, Actes Sud, 1997, p.15.
[549] Karl POPPER, *Ibid.*, p.32.
[550] Karl POPPER, *Ibid.*, p.15.

l'avons déduit effectivement du schéma à trois niveaux de Popper[551]. C'est ce résultat de la recherche qui constitue la connaissance scientifique valide). Enseigner la science selon cette procédure, est tout à fait conforme à la démarche de la science elle-même. Dans la même perspective poppérienne, Bachelard développe aussi une certaine pédagogie du problème pour l'apprentissage de la science.

II-1.2 La particularité psychanalytique de l'approche bachelardienne

L'approche psychanalytique bachelardienne pose le problème comme le point de départ d'un meilleur enseignement des sciences. Il s'agit de toujours partir de la détermination des problèmes scientifiques pour transmettre aux élèves les savoirs scientifiques ; ce qui consiste à procéder par la rectification. Cela veut dire que l'apprentissage d'une notion scientifique commence par la détermination des problèmes scientifiques relatifs à cette notion. Cette détermination se fait sous forme de question, parce que, comme le dit si bien Bachelard, il n'y a pas de connaissance scientifique sans questionnement[552]. Cela veut dire que la connaissance scientifique véritable se trouve toujours derrière une question précise. A cet égard, la pédagogie du problème chez Bachelard a deux dimensions. La première consiste à questionner la notion à enseigner, afin de dégager ou de formuler le problème qui en découle. Il s'agit ici d'un premier questionnement fait par l'enseignant dans la préparation de son cours. C'est le questionnement didactique, dont la fonction est de mettre en lumière, de déterminer le problème à examiner lors du cours, c'est-à-dire le problème central qui concerne véritablement la notion à étudier. De plus, ce questionnement vise à découvrir les ombres qui se cachent derrière tout phénomène, c'est-à-dire les obstacles épistémologiques que renferme toute connaissance scientifique dans sa constitution.

La pédagogie du problème dit que la connaissance scientifique transmise aux apprenants n'est rien d'autre que la réponse relative à une question déterminé. C'est pourquoi la meilleure façon de faire acquérir la science aux élèves, c'est de procéder par un questionnement préalable par rapport à la notion à enseigner. Cela veut dire qu'au début du cours le professeur met en place un dispositif interrogatif à partir duquel chaque élève s'interroge dans l'optique de formuler une question problématique sur la notion à enseigner. Ce que Bachelard dit ici, c'est qu'il n'est pas important de commencer par faire des expériences ou des observations particulières

[551] Karl POPPER, *Op cit.*, p. 14.
[552] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique,* Paris, Vrin, 1999, p.14.

pour amener petit à petit l'élève vers la connaissance, à savoir l'hypothèse, la conjecture, le principe, la propriété que l'on veut lui transmettre. Cette manière de procéder n'est pas conforme à la pratique même de la science véritable, laquelle commence en réalité par un problème clairement formulé. Ainsi, les expériences interviennent pour illustrer une théorie. Dans la démarche scientifique, les observations et les expériences sont postérieures à la théorie. La théorisation vient toujours avant les opérations expérimentales. Et par théorisation, on entend la formulation des hypothèses, des conjectures par rapport à un problème précis concernant un phénomène scientifique. Dans ce cas, la connaissance scientifique est acquise par cette manière de procéder qui part des problèmes, pour aller vers des expériences rigoureuses, en passant par des théories ou des conjectures clairement formulées. La connaissance scientifique est toujours la réponse à un problème posé. C'est la résolution de ce problème, c'est-à-dire les hypothèses ou les conjectures qui ont été retenues au terme d'une opération de test empirique.

Ainsi, la pédagogie du problème, au sens bachelardien, consiste à faire acquérir les acquis de la science aux élèves, en partant des questions problématiques clairement posées, dont on cherche par la suite à donner des réponses (des hypothèses de solutions, des conjectures de résolutions, des tentatives de solutions). C'est seulement à l'issue de ces deux premières opérations qu'interviennent les expérimentations, les observations, etc. Ces dernières ont pour fonction de trancher, parmi les hypothèses, celle qui semble la plus satisfaisante. Il en résulte que la meilleure manière d'enseigner la science, c'est de procéder par les problèmes, c'est de faire en sorte que les élèves acquièrent les connaissances comme des réponses à des questions clairement posées au préalable[553]. Cette manière d'enseigner est tout à fait distincte de la pédagogie facile qui consiste à transmettre aux élèves un savoir scientifique évident non questionné[554]. Le terme de connaissance scientifique ne renvoie pas ici *a priori* à des connaissances pour résoudre des problèmes, mais à la résolution même de ces problèmes scientifiques. C'est cela qui constitue *a priori* ce qu'on appelle généralement connaissance scientifique. La connaissance scientifique ou les acquis de la science que l'on enseigne aux élèves sont simplement les solutions proposées à la résolution d'un problème bien déterminé. C'est dire que, pour apprendre une connaissance quelconque, il faudrait commencer par l'identification des problèmes liés à cette connaissance. Il s'agit ici d'un acte conscient et dynamique où l'apprenant participe de façon active. Contrairement à l'enseignement traditionnel, lequel ne favorise pas l'activité

[553] Il ne s'agit pas ici de la méthode socratique au sens où les élèves posent des questions à l'enseignant et celui-ci répond : le jeu de question-réponse. C'est bien, au contraire, une construction dialectique entre l'enseignant et l'enseigné des questions qu'il faudrait examiner dans le cours.

[554] Alain FIRODE, « Epistémologie et pédagogie chez Gaston Bachelard et Karl Popper », *Recherches en éducation*, N°29, 2017, p.125.

consciente de l'apprenant dans la formulation du problème à étudier par rapport à la notion à enseigner. Ce problème est formulé sans l'élève, qui doit l'accepter dogmatiquement. Sans jamais saisir comment le problème est né, comment il a été produit. Or, la pédagogie du problème permet de surmonter cette difficulté ou ce dogmatisme, dans la mesure où le fait de construire avec l'élève la problématique à étudier lui permet de voir petit à petit les cheminements par lesquels on est passé pour parvenir aux problèmes qui sont à la source de la notion, du principe à apprendre. Ce dynamisme historique n'est possible que si l'apprentissage se fait par la pratique de la pédagogie du problème. Car le problème est progressivement construit en partant des questions des élèves, en passant par les différentes formulations construites antérieurement par des scientifiques, afin de parvenir au problème central à étudier.

Chaque notion à enseigner renferme certaines difficultés. L'élève doit alors saisir ces difficultés et les formuler consciemment sous forme de questions problématiques. De ce fait, la connaissance scientifique à acquérir sur cette notion n'est rien d'autre que les tentatives valides de résolution de ces difficultés. Ainsi, la saisie de ces difficultés se fait par le questionnement, ce sont les questions posées sur la notion qui mettent en lumière les problèmes que renferme cette notion. Si bien que questionner une notion, c'est être sur le chemin de sa connaissance, c'est chercher à connaître cette notion. Celui qui questionne cherche généralement par la suite à trouver des réponses à ses questions. C'est pourquoi cette manière de procéder pour apprendre la science ne peut que rendre l'apprenant dynamique, actif tout au long du cours, parce qu'il est porté par le désir de trouver des réponses à ces questions[555]. Ce désir est au fond le désir de connaître que seul éveille un questionnement rigoureux dont l'enseignant prendra soin d'y conduire l'apprenant, en définissant au début de chaque notion un dispositif interrogatif (une invitation à poser des questions sur la notion à étudier tout long du cours). Cela veut dire que, pour l'auteur de *La philosophie du non*, l'une des manières efficaces de faire entrer les jeunes esprits dans la culture scientifique véritable, c'est de partir des problèmes scientifiques, c'est-à-dire des questions clairement posées. La pédagogie du problème par Bachelard est décrite en ces termes :

> Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes scientifiques ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit[556].

[555] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, 1999, p.14.
[556] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, Paris, Vrin, 1999, p.14.

Cela veut dire qu'avant de se lancer dans une recherche quelconque, il faut poser les problèmes. De même dans l'apprentissage de la science il faut poser de prime abord les problèmes. Ce sont ces derniers qui orientent ce que l'on va apprendre (par exemple les résultats des expériences de Lavoisier). De plus, l'esprit scientifique véritable se caractérise par le fait que les problèmes scientifiques sont posés par l'esprit, l'individu, le sujet connaissant qui les formule clairement. Dans cette optique, dans l'éducation scientifique, l'apprenant doit savoir les poser par lui-même. Il ne s'agit pas de lui imposer des problèmes de l'extérieur, comme le fait l'éducation traditionnelle autoritaire. Ainsi, les problèmes en question sont des questions formulées, relatives à un phénomène scientifique. La connaissance scientifique est la réponse à la question clairement posée.

Le questionnement permet d'identifier les obstacles épistémologiques qui peuvent entraver l'accès de l'élève à la connaissance scientifique chez l'élève. La connaissance empirique ou première, par exemple, est une entrave à la connaissance scientifique. Le concret empêche de connaître véritablement les phénomènes scientifiques. Observer une expérience, sans un problème précis, ne va rien nous apprendre de scientifique. C'est le problème formulé qui donne une allure scientifique à l'observation. C'est dans ce sens que Bachelard dit « un obstacle épistémologique s'incruste sur la connaissance non questionnée [557]». Autrement dit, sans le questionnement, il demeure des ombres sur la connaissance. Le questionnement permet ainsi d'identifier ces ombres. Alors, poser les questions, c'est-à-dire la recherche et la formulation des problèmes fructueux fait progresser la connaissance. Mais, à certain moment on peut tomber dans l'instinct conservatif. C'est ainsi qu'« il vient un temps ou l'esprit aime mieux ce qui confirme son savoir que ce qui le contredit, où il aime mieux les réponses que les questions. Alors, l'instinct conservatif domine, la croissance spirituelle s'arrête [558]». Sans questionner la réponse concrète, la recherche s'arrête, de même que l'apprentissage. Or, le questionnement permanent de la réponse concrète permet à l'apprenant d'apprendre davantage. C'est une manière d'apprendre qui n'arrête pas la croissance spirituelle de l'élève. Son progrès intellectuel est continuel. La pédagogie du problème conduit à connaître de façon progressive. C'est pourquoi, « l'homme animé par l'esprit scientifique désire sans doute savoir, mais c'est aussitôt pour mieux interroger[559] ». Quand on accède à la réponse concrète, ce n'est pas pour arrêter de connaître, c'est pour mieux connaître questionner, c'est-à-dire mieux connaître l'objet de la connaissance. La réponse concrète permet de formuler des questions plus précises, plus nettes qui

[557] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, 1999, p.14.
[558] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.15.
[559] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.16.

conduisent à connaître avec clarté le phénomène. Le questionnement sans cesse d'un résultat acquis permet de connaître davantage le phénomène en profondeur. C'est ainsi que les réponses de Newton ont permis à Einstein de faire progresser la connaissance sur les phénomènes physiques, parce qu'Einstein avait questionné les réponses de Newton. De même, la pédagogie du problème au sens bachelardien permet à l'élève de faire progresser sa connaissance sur la notion à enseigner, dans la mesure où il ne prend pas la réponse concrète comme une solution définitive. Il la questionne davantage. Ce nouveau questionnement appelle des réponses nouvelles, donc de nouvelles connaissances sur la notion en question. Les réponses apportées aux questions antérieures sont à leur tour problématisées et ainsi de suite. L'importance de cet apprentissage progressif est de garder en éveille le désire de connaissance de l'élève. Ce qui est au fond le désire de s'instruire, d'apprendre ses leçons.

Ce nouveau questionnement n'est pas une option, mais une véritable stratégie d'apprentissage mise en place par l'enseignant. Par exemple, les cours de philosophie au lycée obéissent déjà à cette exigence pédagogique de l'apprentissage, même si on peut se demander si les élèves saisissent vraiment la portée philosophique de cette exigence pédagogique. Cela peut être transposé dans les cours de science sans trop de difficultés, grâce au moyen de la pédagogie du problème, en ce sens que le professeur invite l'apprenant à interpréter la réponse concrète. Cette interprétation peut prendre la forme d'un questionnement. C'est justement à ce moment que l'élève formule à nouveau des questions sur la réponse concrète, de nouvelles questions, qui deviendront de nouveaux problèmes à examiner sur la notion. Cependant, la fonction de l'enseignement c'est de faire acquérir des savoirs et non de produire les savoirs. Alors, pourquoi entrainer les élèves dans ce cercle de recherches, de connaissances continuelles, alors que l'enseignement n'est pas la recherche scientifique ? Certes l'enseignement n'est pas la recherche, mais son but est aussi de former l'esprit des jeunes gens, notamment former l'esprit scientifique chez les élèves, comme le montre Bachelard tout au long de son œuvre philosophique, notamment dans son ouvrage *La formation de l'esprit scientifique*. Ainsi, ce cycle de l'apprentissage de la science permet d'éduquer l'apprenant aux prémisses rudimentaires de la démarche scientifique véritable. En clair, l'apprentissage de la science par les problèmes au sens bachelardien consiste à poser des questions fructueuses sur la notion, et d'en produire des réponses, à savoir les hypothèses scientifiques valides. C'est cela la connaissance scientifique que l'on vise à transmettre aux élèves. Ces réponses peuvent être acquises par des opérations expérimentales.

II-2 Deux approches méthodologiques convergentes

En résumé, Popper et Bachelard ont en commun l'idée que la science commence avec les problèmes. Mais ils divergent quant à l'idée de la formulation de ces problèmes. Leurs cheminements pour formuler les problèmes sont différents. Pour Popper, la science va de la théorie vers l'expérience (du rationalisme vers l'empirisme). Alors que, chez Bachelard, la science procède du concret vers l'abstrait, si l'on s'en tient au tout début[560] de *La formation de l'esprit scientifique*. Le processus bachelardien de la connaissance part des premières images naïves des phénomènes, pour tendre à la géométrisation de la nature, puis leur théorisation ou rationalisation. A cet égard, il ressort ici deux manières distinctes de procéder pour acquérir la connaissance scientifique. Cela sous-entend qu'il y a une sorte de contradiction ou comme un paradoxe à affirmer que Bachelard et Popper développe une même manière d'acquérir les savoirs, en partant de la détermination des problèmes scientifique à étudier en classe. Alors que leurs cheminements sont tout à fait différents.

Au niveau pédagogique, cela implique que la manière effective d'apprendre la science chez Bachelard est différente ou opposée à celle de Popper. Si l'on se réfère à la distinction des cheminements de la connaissance, c'est-à-dire aux manières de connaître chez nos deux auteurs, on constate que cela conduirait à des implications pédagogiques différentes. C'est dire que la manière de faire acquérir les savoirs scientifiques telle que théorisée par Bachelard serait distincte de celle de Popper, parce qu'ils ne développent pas la même manière d'acquérir la connaissance. En effet, chez l'auteur de *La connaissance objective*, le processus consiste à partir des hypothèses scientifiques concurrentes, en passant par les expériences ou les tests empiriques pour aboutir à une hypothèse réfutée ou corroborée. Cela signifierait que l'apprenant acquiert la connaissance dans un mouvement qui, partant du haut, tend vers le bas. Un peu comme la dialectique platonicienne descendante. On part des idées pour aller vers les réalités sensibles. Le cheminement poppérien de l'acquisition des savoirs scientifique par l'élève commence avec la formulation des hypothèses, sans lesquelles aucun problème ne peut avoir une tentative de solution. Il s'agit donc d'une approche déductive de l'apprentissage de la science. Tandis que, chez Bachelard, le processus consiste à partir des éléments concrets, comme le monde sensible, les observations, bref les idées empiriques des élèves, pour parvenir à l'hypothèse scientifique valide. Ici le mouvement de l'apprentissage par du bas vers le haut[561] ; de

[560] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, 1999, p.5.
[561] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.5.

l'expérience sensible vers la raison. Pour acquérir les savoirs scientifiques, les élèves commence par se faire des images naïves des réalités empiriques, des phénomènes, vers une abstraction des phénomènes. L'approche bachelardienne de l'apprentissage de la science semble être une perspective inductive parce qu'elle fait débuter la connaissance scientifique par le concret. Ce qui sous-entend une certaine divergence avec l'approche poppérienne qui est par essence déductive.

Cependant, à y regarder de près, ces divergences ne sont qu'apparentes. Car, les deux approches, celle de Popper et de Bachelard, se complètent dans le fond. On peut donc dire qu'il s'agit ici simplement d'une divergence de forme et non de fond. Même si chez Popper le point de départ c'est la théorie et, chez Bachelard, ce point de départ peut être une base empirique. En réalité cette distinction n'est pas radicale, si on se pose la question suivante : comment parvient-on à formuler les problèmes ? Cette question montre qu'il y a un élément, quelque chose qui manque au schéma poppérien Problème – Théorie – Expérience[562], de même, au schéma : donnée sensible (ou idées empiriques) – abstraction (théorisation) – Expérience. Dans la démarche poppérienne comme dans celle de Bachelard, on ne voit pas clairement comment on parvient à formuler les problèmes. Ces derniers sont présents dans leurs deux schémas d'apprentissage comme des choses parachutées. Popper apporte une esquisse de réponse à la question posée ci-dessus. Il ne nie pas le fait qu'il ait une certaine base empirique, c'est-à-dire des données sensibles à prendre en compte. Ce sont ces données sensibles que l'approche bachelardienne permet de comprendre et de prendre compte dans le processus de la connaissance. C'est ce que Bachelard appelle un point de départ concret, même si ce n'est pas encore la connaissance scientifique. Ainsi, la méthode bachelardienne permet de remplir sérieusement un vide que laisse la méthode poppérienne. De ce fait, des deux approches méthodologiques forment ensemble une approche cyclique de l'acquisition de la connaissance. Tout dépend alors du point de départ de que l'on choisit. Dans la pédagogie de la science, on peut choisir de commencer l'apprentissage par le concret ou par la théorisation. On peut choisir de faire acquérir les savoirs aux élèves en commençant par des observations ou par la formulation des hypothèses *a priori*. Une hypothèse a priori est une hypothèse qui découle de la pure réflexion, sans le recours à l'expérience (quand, on parle ici d'expérience, il s'agit des tests empiriques ou expérimentaux clairement construit dans l'optique de tester une hypothèse clairement formulée). C'est ce genre d'hypothèse *a priori* que l'on peut prendre comme point de départ de l'apprentissage de la science, parce que ce sont des hypothèses que les élèves formulent sans une

[562] Karl POPPER, *Toute vie est résolution des problèmes*, Paris, Actes Sud, 1997, p.32.

véritable connaissance expérimentale scientifique. Même si, dans l'effectivité de l'apprentissage scientifique, le problème demeure le point de départ, cela n'exclut pas le fait qu'il faille partir des observations, des données empiriques pour formuler les problèmes[563] ou de partir des idées des élèves pour les formuler.

L'approche bachelardienne montre que la formulation des problèmes scientifiques à enseigner peut partir du concret, c'est-à-dire des idées empiriques de l'apprenant. C'est à ce stade que l'approche de Bachelard permet de donner à l'approche poppérienne toute son importance pédagogique. Avec Bachelard, on comprend bien que les problèmes que Popper met comme le point de départ véritable de l'apprentissage sont construits, formulés à partir de certaines connaissances qui peuvent découler du concret. Cela montre que les savoirs scientifiques par la pédagogie des problèmes peuvent être appris grâce à un mouvement dialectique entre la déduction et l'induction ainsi qu'inversement entre l'induction et la déduction. Tout dépend du point de départ de que l'on adopte. C'est dire que les élèves peuvent se formuler des questions en partant des premières images empiriques de la notion à enseigner, ou en partant des hypothèses *a priori* qu'ils ont sur la notion en question. Dès lors l'approche bachelardienne et celle de Popper sont plus convergentes que divergentes. Cette convergence est plus instructive pour dans la pratique de l'enseignement des sciences, notamment au niveau des méthodes d'apprentissage. Plusieurs idées expliquent cette convergence, à savoir que le point de vue de l'apprenant compte énormément (partir des représentations des élèves), la combinaison des approches déductives et inductives a une valeur pédagogique fondamentale pour l'apprentissage des acquis de la science ; l'apprentissage par les problèmes scientifiques ou simplement la pédagogie du problème est une approche hypothético-déductive empirique ou expérimentale dans laquelle l'induction joue un rôle important. Mais l'induction est prise ici au sens bachelardien, à savoir une puissance généralisante de coordination des phénomènes. Il en résulte que la méthode d'apprentissage qui veut que la science soit apprise par les problèmes – hypothèses – expérimentation, est plus complexe qu'elle en a l'air. D'abord, parce qu'elle n'exclut l'induction, ensuite elle accorde une valeur au données empiriques. En définitive, il ressort qu'à travers la pédagogie du problème telle que développée par l'association des approches poppérienne et bachelardienne, la meilleure manière d'enseigner la science, de faire acquérir les savoirs scientifiques aux élèves, c'est de procéder à la fois de façon déductive et de façon inductive. Dans ce contexte, Popper et Bachelard permettent de dépasser les conceptions traditionnelles de l'enseigne-

[563] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, 1999, p.5.

ment des sciences ou de l'apprentissage de la science, qui sont toujours en vigueur dans l'enseignement scientifique, aussi bien en France qu'au Gabon. Et pourtant on sait désormais que ces conceptions traditionnelles constituent un véritable frein à la formation de l'esprit scientifique chez les jeunes élèves, à cause du caractère dogmatique de la connaissance scientifique qui y est transmise. Nous prétendons que Bachelard et Popper montre la voie à suivre pour sortir de ce dogmatisme et rendre l'enseignement des sciences plus attractif et inspirant.

Conclusion

Quelle méthode pour un enseignement efficace des sciences ? A cette question Bachelard et Popper ont des divergences évidentes. Leur principal désaccord concerne la psychanalyse ou du moins l'approche psychanalytique, son statut dans un enseignement fécond des sciences. Popper considère que la psychanalyse n'est pas une science parce que non falsifiable. Par conséquent, elle ne peut servir à un enseignement critique de la science[564]. Alors que Bachelard accorde une valeur méthodologique à la psychanalyse. Toute son œuvre renferme une dimension psychanalytique, car l'approche psychanalytique permet de saisir la pensée scientifique dans son intimité, dans sa profondeur. On pourrait recenser plusieurs autres problèmes qui opposent les deux auteurs, tels que l'approche inductive. Mais nous ne voulons pas nous enfermer dans un tel recensement.

En réalité ce qui nous intéresse ici c'est la manière dont Bachelard et Popper élaborent une méthodologie dynamique, c'est-à-dire la construction d'une méthode critique essentielle pour un enseignement adéquat des sciences. Dans *La quête inachevée*, Popper développe explicitement une méthode pédagogique falsificationniste qui se fonde sur la correction de l'erreur et, l'élaboration et la réfutation des hypothèses.

Bachelard, dans l'ensemble de son œuvre et tout particulièrement dans *La formation de l'esprit de scientifique*, développe une psychanalyse de la raison, c'est-à-dire une méthode dialectique permettant de réfuter l'ancien savoir afin de construire un nouveau savoir objectif.

[564] Alors qu'il considère la psychologie comme une science empirique.

Dans leur dimension pédagogique, les méthodes falsificationniste et rectificationniste convergent vers la définition d'une méthode critique. La science est essentiellement une activité critique. Et la critique d'après Bachelard et Popper conduit à accéder véritablement à la connaissance objective. De même, dans l'enseignement, le meilleur moyen par lequel on peut effectivement bien accéder à la connaissance scientifique est la formulation des problèmes ou le questionnement. Dans le texte qui vient d'être cité, Bachelard dit clairement que, sans question préalable, il n'y a pas de connaissance véritable, puisque la connaissance est toujours la réponse à une question. Et l'esprit scientifique commence avec la question. Il y a ici la nécessité d'une pédagogie du problème, que l'on retrouve aussi dans la pensée poppérienne, notamment dans son œuvre *Toute vie est résolution des problèmes*.

On a affaire ici à une réflexion bachelardienne et poppérienne qui tranche clairement en faveur d'une pédagogie constructiviste, opposée à une pédagogie simplement transmissive en vigueur dans l'enseignement des sciences même de nos jours[565]. Le modèle constructiviste de l'apprentissage ou de l'enseignement est plus en phase avec la science en train de se faire. Ce modèle privilégie l'effort de l'apprenant à construire des hypothèses et de les soumettre à la critique (de soi-même et des autres), afin d'identifier et de corriger l'erreur. On connait contre une connaissance mal faite dit Bachelard. Popper affirme quant à lui qu'apprendre c'est parvenir à une nouvelle connaissance, en corrigeant nos dogmes (hypothèses initiales). Il y a donc dans le modèle constructiviste l'union de la pédagogie du contre et de la pédagogie de l'erreur. Alors que le modèle transmissif (empiriste et rationaliste classique) privilégie la démonstration et la maîtrise du calcul, l'observation première, la répétition et l'écoute dogmatique qui sont les principes d'un apprentissage mécanique des savoirs scientifiques. Même certaines pédagogies nouvelles sont victimes du simple modèle transmissif. Le principal enseignement qu'on peut tirer ici est celui du dépassement de la vielle démarcation entre « tête bien faîte » et « tête bien pleine », qui semble pourtant toujours d'actualité dans la pratique de l'éducation (scientifique). Nous pensons que la démarche critique constitue une meilleure méthode pour l'enseignement des sciences, dans la mesure où la science est essentiellement une activité critique. Par conséquent, l'approche critique apparaît comme le moyen adéquat pour acquérir les savoirs scientifiques. Cette approche a la vertu de former efficacement l'esprit scientifique, parce qu'elle est elle-même critique. Alors la méthode critique est-elle suffisante pour déterminer un enseignement efficace et fécond des sciences ? Si on a une bonne méthode mais on transmet un savoir

[565] Le rapport de Dominique Lecourt (2000), Michel Develay et Jean-Pierre Astolfi (2017).

inapproprié par elle, alors peut-on encore parler d’un meilleur enseignement des sciences dans ce cas ?

CHAPITRE VIII : ELEMENTS POUR LA CONSTRUCTION DES SAVOIRS SCIENTIFIQUES SCOLAIRES

Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons vu que la meilleure manière d'enseigner la science dans le but de former l'esprit scientifique et de transmettre une véritable vision de la science, c'est de procéder par la méthode critique consistant à partir de la formulation préalable des problèmes, conformément à la méthode critique (l'union de la démarche dialectico-psychanalytique de Bachelard et la méthode d'essai et d'élimination de l'erreur de Popper).

La définition ou la recherche d'une méthode pédagogique authentique n'a de sens que parce qu'elle est liée au savoir à enseigner. A quoi servirait-il d'avoir une bonne méthode ou d'actualiser sans cesse des stratagèmes méthodologiques si le savoir enseigné demeurait toujours dogmatique ? La réflexion bachelardienne, tout comme celle de Popper, transcendent la simple recherche méthodologique. Elle s'ancre dans la construction du savoir ; elle cherche à déterminer les conditions d'élaboration d'un savoir non dogmatique ou figé. Une telle construction s'appuie souvent sur des principes épistémologiques puisque la réflexion épistémologique montre comment s'effectue la structuration du savoir[566]. Cependant, les principes épistémologiques classiques ne peuvent servir à un tel travail en vertu de leurs limites. Bachelard et Popper l'ont clairement montré à partir des critiques qu'ils adressent aux épistémologies classiques (rationaliste et empiriste). Comment alors construire un savoir scientifique scolaire non dogmatique ? A partir de quels principes épistémologiques ? Bachelard et Popper ont-ils la même approche ?

Si Bachelard examine explicitement les contenus de l'enseignement des sciences (il va même jusqu'à critiquer les manuels scolaires), c'est moins évident chez Popper. Pourtant, la construction d'un savoir scientifique dynamique exige l'usage de certains outils épistémologiques que l'on retrouve dans le rationalisme dynamique. La mise en dialogue de la notion bachelardienne de profil épistémologique et la théorie poppérienne des trois mondes sont une condition épistémologique *sine qua non* pour l'élaboration d'un contenu de dynamique.

[566] Jean-Pierre ASTOLFI et Michel DEVELAY, *La didactique des sciences* (1989), Paris, Puf, 2017, p.10.

I – LA CONSTITUTION D'UN SAVOIR SCOLAIRE DYNAMIQUE

I-1 Les outils épistémologiques bachelardiens

Les travaux de Bachelard sont depuis plusieurs années une figure référentielle en sciences de l'éducation, notamment en didactique des sciences. Cependant, certains concepts sont peu utilisés ; et pourtant leur apport pour l'enseignement des sciences est sans conteste. C'est le cas de la notion de profil épistémologique[567]. En quoi consiste-t-elle ? Dans quelle mesure elle peut-elle servir de fondement à l'apprentissage et à l'enseignement des sciences ? Comment l'apprentissage d'un concept scientifique peut-il se faire à partir de la notion de profil épistémologique ?

I-1.1 Le profil épistémologique : outil heuristique et didactique

A la base, le terme de profil n'est pas une notion épistémologique. Bachelard l'emprunte au langage ordinaire, bien qu'il lui donne un sens épistémologique propre. Cette inversion du mot est coutumière de la pensée bachelardienne. Dans toute son œuvre Bachelard tourne les mots en vue de leur donner des sens propres, afin de rendre compte de sa philosophie, de ses réflexions épistémologiques. C'est ainsi qu'il associe le terme de profil à celui d'épistémologie conduisant au concept de profil épistémologique. C'est un concept propre à l'épistémologie bachelardienne ; c'est Bachelard qui l'invente afin de décrire, d'analyser des réalités épistémologiques ou philosophiques bien spécifiques d'un concept précis.

A ce stade, on peut dire que Bachelard emprunte la notion de profil à la psychologie, mais il lui donne une signification épistémologique spécifique. En effet, en 1940 quand Bachelard utilise cette notion en épistémologie, elle est déjà bien construite dans le domaine de la psychologie psychique. Car la dimension psychologique de la science est clairement présente presque dans toute l'œuvre de Bachelard. De ce point de vue, on peut affirmer qu'il emprunte la notion de profil à la psychologie. Et il l'aurait appliquée en épistémologie en lui donnant un sens différent. De même, de nos jours, lorsqu'on évoque le terme de profil, on pense immédiatement à la psychologie ; au profil psychologique d'un individu. Dans son *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, Lalande nous apprend que le profil psychologique est un « procédé imaginé par Rossolimo, pour exprimer par graphique la physionomie mentale d'un individu, les différents points que réunit la courbe étant déterminés par la valeur de chacune des

[567] Bachelard examine élabore ce concept dans *La philosophie du non* (1940, 2012), au chapitre II. Ce texte sert de base à notre analyse de la notion de profil épistémologique dans ces rapports avec la didactique des sciences au collège et au lycée.

aptitudes telles qu'elles existent chez cet individu[568] ». Il ressort ici deux idées essentielles, l'inventeur du terme profil psychologique et le terme de physionomie mentale. Rossolimo invente le terme de profil épistémologie antérieurement à la pensée bachelardienne de la *philosophie du non*. Ce qui sous-entend que Bachelard se serait inspiré de lui. Son invention obéissait à une finalité claire : décrire ou faire la physionomie mentale d'un individu, c'est-à-dire décrire les traits ou les caractères psychiques d'un individu.

C'est sans doute dans cette perspective que Bachelard invente à son tour le concept de profil épistémologique qui s'applique non pas à un individu, mais à un concept scientifique. Il s'agit de faire la physionomie d'un concept. Ainsi, le profil épistémologique tout comme le profil psychologique est à la fois une démarche d'analyse descriptive et en même temps le résultat de cette opération. Bachelard affirme : « ainsi, à propos d'une notion, nous avons réussi à mettre en évidence une filiation de doctrine philosophiques conduisant du réalisme au surrationalsime. Un seul concept suffit pour disperser les philosophies, pour montrer que les philosophies partielles se posaient sur un seul aspect, n'éclairaient qu'une face du concept [569]». La notion de profil épistémologie renvoie à un état épistémologique d'un concept scientifique, c'est-à-dire aux divers aspects ou conceptions philosophiques que renferme ce concept. Il s'agit des différentes philosophies ou diverses manières d'intelligibilité d'un concept. Tel savant peut voir un concept de telle manière ; le même concept peut être vu d'une autre manière par un autre savant. Ces visions différentes forment ce que Bachelard appelle le profil épistémologique. C'est un ensemble hétérogène dont les différentes parties sont liées les unes aux autres dans une suite continue. Les différentes philosophies d'un concept scientifique forment une suite continue qui va du « réalisme au surrationalisme » en passant par l'empirisme, le rationalisme classique et le rationalisme complet. Ce sont ces différentes philosophies qui constituent le profil épistémologique d'une notion scientifique. La notion de profil épistémologique nous apprend que la constitution ou l'élaboration d'un concept s'est faite ou se fait par le passage successif de ces différentes philosophies ou conceptions épistémologiques. Ainsi, la notion de profil épistémologique apparaît aussi comme une analyse qui consiste à exposer les différentes philosophies acquises par un concept au cours de sa formation. Constituer le profil épistémologique d'un concept, c'est dresser la liste de différentes philosophies et établir leur filiation étroite en vue de certaines finalités bien précises comme nous le verrons dans les propos qui

[568] André LALANDE, *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, (1926) Paris, Quadrige/Puf, 2016, p.838.
[569] Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, (1940), Paris, Quadrige/Puf, 2012, p41.

suivent. Ces philosophies renvoient aux différents niveaux de la conceptualisation d'un concept. Il s'agit donc des divers genres de connaissances qu'on peut avoir au sujet du concept. Untel aura une connaissance empirique, untel une connaissance réaliste, untel une connaissance rationaliste, tout ceci dépend de l'usage qu'on fait du concept.

A travers l'affirmation suivante de Bachelard : « en résumé, il faut rappeler chacun au pluralisme de la culture philosophique. Dans ces conditions, il nous semble qu'une psychologie de l'esprit scientifique devrait dessiner […] le profil épistémologique des diverses conceptualisations [570]», il ressort que le profil épistémologique d'un concept a plusieurs fonctions ou finalités essentielles. Tout d'abord, la notion de profil épistémologique enseigne qu'un concept scientifique n'est pas homogène comme on le pense souvent. C'est une réalité hétérogène, si bien qu'elle ne peut être saisie seulement par une épistémologie homogène, c'est-à-dire absolue ou définitive qui ne voit le concept que dans une seule perspective, qui ne montre qu'un aspect du concept. Or, l'avantage avec le profil épistémologique c'est qu'il montre les différents aspects du concept, il expose les divers genres de connaissance qui ressortent d'un concept scientifique spécifique pendant sa constitution. Cela permet de saisir le concept dans sa globalité en mettant en lumière ces différents aspects, ces différentes faces, qu'elles soient par exemple réalistes, empiristes, ou rationalistes. Chaque philosophie partielle montre une partie bien précise du concept, et occulte les autres parties[571]. Cependant, sa compréhension exige qu'on tienne compte successivement de ces différentes philosophies partielles afin d'avoir une véri- table saisie du concept. Se limiter à une philosophie, c'est se priver de la possibilité de connaître les autres détails, les autres dimensions du concept et s'empêcher de découvrir d'autres aspects cachés du concept. A la philosophie partielle et homogène, doit succéder une philosophie ou « épistémologie dispersée » qui décrit toutes les facettes du concept[572].

D'un point de vue logique, la notion de profil épistémologique permet d'éviter la confusion des arguments en ordonnant les diverses connaissances du concept, de telle sorte qu'on sache bien différencier la nature de ces connaissances. Qu'on ne prenne pas les arguments empiriques pour des arguments réalistes ou rationnels. Grâce au profil épistémologique, on peut clairement faire une distinction nette entre ces différents arguments qui représentent les différentes dimensions d'un concept, les différents niveaux de sa compréhension. De plus, en exposant les diverses philosophies d'un concept scientifique, l'analyse du profil épistémologique

[570] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.42.
[571] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p41.
[572] Gaston BACHELARD, *Le rationalisme appliqué* (1949), Paris, Puf, 1970, p.1-11.

montre dans cette perspective son processus de formation. Cela veut dire qu'un concept scientifique se construit par des étapes successives et récurrentes. Ces dernières sont en réalité les différents niveaux d'appréhension de la réalité scientifique étudiée. Ainsi, la restitution de ces différents niveaux est instructive, en ce sens qu'elle conduit à vivre une véritable évolution cognitive : on comprend de façon évolutive le concept en suivant pas à pas ou étape par étape sa formation en passant des niveaux antérieurs aux niveaux postérieurs, des niveaux basiques aux niveaux supérieurs. Dans ce cas la confusion des arguments est évitable puisqu'on saurait désormais classer les arguments en fonctions de ces niveaux.

Un concept scientifique est par nature hétérogène. Sa compréhension nécessite de procéder par une épistémologie dispersée que la notion de profil épistémologique met en lumière. Ainsi, faire le profil épistémologique d'un concept scientifique, c'est le saisir dans ses profondes spécificités qui sont le plus souvent dans l'ombre, on ne les voit pas. L'analyse des diverses philosophies projette une lumière sur ces ombres, éclaire largement le concept dans sa totalité ou quasi-totalité. Le profil épistémologique permet donc de saisir le concept dans toute son étendue, là où la philosophie partielle ne donne qu'une vue restreinte, limitée du concept. Selon Bachelard, chaque concept à un profil épistémologique propre, même s'il peut y avoir des ressemblances entre eux. De même, il n'y a pas de hiérarchie entre les niveaux de connaissance, tout dépend de l'usage qu'on fait de la notion[573]. Bachelard montre que tout concept n'arrive pas au même degré de maturité. Certains se limitent au stade de l'empirisme du rationalisme classique.

Après avoir déterminé la signification de la notion bachelardienne de profil épistémologique, voyons comment cette notion peut servir de fondement à enseignement ou d'apprentissage efficace d'un concept scientifique.

[573] Dans ce cas, on pourrait nous objecter pourquoi Bachelard et Popper rejettent alors l'empirisme au profit d'un rationalisme critique ? Bachelard lui-même fait une place le surrationalisme comme le sommet de la ma- turité d'un concept scientifique. On fait parfois un

I-1.2 Profil épistémologique et obstacle épistémologique

Bachelard montre que la relation entre profil épistémologique et obstacle épistémologique a pour fonction de décrire les obstacles qu'une culture a surmontés. Les efforts pédagogiques consistent donc à surmonter ces obstacles étape par étape. En effet le développement de la connaissance objective suit un ordre régulier. C'est un processus normal du développement de la connaissance qui se fait successivement d'une philosophie à une autre. Ce cheminement de la constitution de la connaissance est imposé par l'objet lui-même. Un concept scientifique se construit à différents niveaux consécutifs qui vont du réalisme au surrationalisme en passant par l'empirisme. Chacune de ces étapes sont en quelque sorte des obstacles qu'il faut franchir pour accéder au niveau supérieur. Ainsi, « qui voudrait sauter les obstacles et s'installer tout de suite dans le rationalisme se confierait à une doctrine générale [574]». Autrement dit, l'ordre de la connaissance objective qui va du réalisme au rationalisme est un ordre génétique. C'est dire que c'est l'acte de connaître même qui exige de passer nécessairement par cet ordre afin de connaître véritablement un objet. Car la saisie d'un objet naturel se fait le plus souvent par le sensible, avant de se lancer dans une saisie plus évoluée, c'est-à-dire abstraite, mathématisée.

Ainsi, celui qui voudrait avoir immédiatement une connaissance rationnelle d'un concept scientifique sans passer au préalable par la connaissance première d'ordre empirique et réaliste, n'obtiendra qu'une connaissance générale du concept en question. Il ne pourra pas accéder véritablement au concept dans ses moindres détails. Vouloir connaître les secondes choses avant les premières, c'est se fourvoyer dans une connaissance incomplète du phénomène, c'est accumuler des obstacles à surmonter par un acte psychanalytique décisif (une catharsis intellectuelle tranchante). Si on saute les étapes de la connaissance d'un objet particulier pour aboutir à la connaissance la plus élevée de cet objet, alors on ne peut qu'avoir une connaissance générale de l'objet en question. Or la connaissance générale empêche de connaître véritablement l'objet[575]. Toutes les notions concernant un phénomène particulier ne sont pas sur le même plan. Certaines sont empiriques, réalistes et d'autres rationalistes ou surrationalistes. Même une connaissance dite évoluée peut toujours renfermer des obstacles que le profil épistémologique met en lumière. C'est pourquoi Bachelard dit « il n'y aura pas de peine à trouver des traces du réalisme dans les connaissances objectives les plus évoluées [576]». Dans les sciences où le réalisme est dit éliminé, il peut y avoir toujours des résidus du réalisme. Par

[574] Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, p.48.
[575] *Cf* la section sur les obstacles épistémologiques de ce chapitre
[576] Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, (1940), Paris, Quadrige/Puf, 2012, p.48-49.

exemple, la mécanique einsteinienne peut contenir toujours des traces du réalisme. Et pourtant c'est une mécanique hautement évoluée et mathématisée.

Dans cet ordre d'idées, la notion de profil épistémologique dans son rapport avec celle d'obstacle épistémologique, fait connaître les obstacles qu'un concept a traversé au cours de sa constitution ; qu'un individu a surmonté dans sa culture, sa connaissance sur un objet particulier. Le profil épistémologique expose ainsi par ordre les différents obstacles à surmonter ou surmontés dans la connaissance objective particulière. C'est dans ce sens que Bachelard affirme : « nous pourrions mettre en rapport les deux notions d'obstacles épistémologiques et de profil épistémologique, car un profil épistémologique garde la trace des obstacles qu'une culture a dû surmonter [577]». Par exemple, le profil épistémologique du concept de masse, montre que dans sa construction évolutive, la notion de masse a surmonté les obstacles animistes, empiriques et réalistes.

De même, en appliquant l'analyse spectrale philosophique à un esprit particulier, on découvrira ce genre d'obstacle dans cet individu. Ainsi, au début de chaque culture, il y a des obstacles à surmonter. Les premiers stades d'une culture sont liés aux premiers obstacles spécifiques, à ces premiers niveaux de la connaissance objective. Chaque philosophie, les divers niveaux de conceptualisation d'un concept renferment des obstacles surmontés ou à surmonter. C'est dans ce sens que s'inscrivent les propos suivant de Bachelard : « les premiers obstacles, ceux qu'on rencontre aux premiers stades de la culture, donnent lieu à des efforts pédagogiques très nets [578]». Les efforts pédagogiques nets consistent à surmonter les obstacles que l'on rencontre à la base d'un concept pour atteindre le sommet de la connaissance objective, la connaissance la plus évoluée qu'on peut avoir sur un phénomène. En clair, le profil épistémologique expose les différents obstacles pédagogiques liés à l'apprentissage d'un concept enseigné. Autrement dit, la définition du concept enseigné doit se faire aussi par la prise en compte des obstacles épistémologique liés à son apprentissage. Il faudrait donc identifier ces obstacles au préalable. Inversement, cette identification concerne aussi celle qu'un individu particulier pourrait avoir sur le concept enseigné. A chaque niveau de l'apprentissage d'un concept, l'identification de l'obstacle correspondant à une tâche pédagogique essentielle pour l'accessibilité à une connaissance complète de l'objet enseigné. En résumé, l'importante de l'épistémologie bachelardienne dans la construction de la science enseignée réside essentiellement dans la notion

[577] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.51.
[578] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.51.

de profil épistémologique. Celle-ci en tant qu'analyse spectrale apparaît comme un outil didactique de constitution des contenus scientifiques à enseigner en s'appliquant à un concept désigné et à un esprit particulier comme l'élève par exemple, ou encore en s'appliquant à déterminer les obstacles surmontés ou à surmonter par une culture. Alors, quels sont les enjeux pédagogiques de la notion de profil épistémologique ?

I-1-3- La valeur pédagogique des obstacles épistémologiques

L'enseignement de la science renferme aussi des obstacles épistémologiques que Bachelard appelle obstacle pédagogique. Il s'agit de tout ce qui dans le contexte de l'enseignement entrave l'acquisition de la connaissance scientifique chez l'apprenant. Ce sont des causes de stagnation et d'inertie que l'on rencontre dans l'enseignement de la science. En effet, la transmission des connaissances scientifiques aux apprenants est confrontée à plusieurs difficultés, notamment la connaissance empirique de l'élève, la méconnaissance de l'enseignant de certaines questions épistémologiques. Autrement-dit, l'enseignement de la science connaît des situations d'immobilisme qui freinent le progrès intellectuel de l'élève dans l'acquisition de la culture scientifique véritable. L'obstacle pédagogique désigne précisément tout savoir et toute démarche qui empêchent l'élève d'accéder à la culture scientifique toujours nouvelle et renouvelante. Il s'agit premièrement du savoir initial de l'élève : « quand il se présente à la culture scientifique, l'esprit scientifique n'est jamais jeune. Il est même très vieux, car il a l'âge de ses préjugés ». C'est dire que l'élève arrive dans le cours de science avec un esprit vieux, c'est-à-dire avec des connaissances empiriques déjà bien ancrées dans son esprit. Ces connaissances sont impures c'est-à-dire qu'elles ne sont pas scientifiques, elles sont vulgaires, acquises dans la vie quotidienne. Par exemple, Tout élève sait empiriquement qu'un morceau de bois flotte dans l'eau et que si l'on essaie de l'y enfoncer il remonte à la surface. Mais, il ne sait pas ce qui est à l'origine d'un tel phénomène : il pense que si le bois flotte c'est en grande partie dû au bois lui-même ; il ne sait pas que l'eau joue aussi un rôle extrêmement important. Une telle compréhension empêche l'élève de comprendre dans le détail ce phénomène. Ensuite, il s'agit des pratiques méthodologiques et conceptions épistémologiques de l'enseignant de science. Celui-ci, utilise une démarche qui ne favorise pas l'acquisition de la connaissance scientifique chez l'élève. Sa manière d'enseigner pourrait faire obstacle à la compréhension véritable des notions scientifiques chez l'élève. Car il ignore les raisons pour lesquelles l'apprenant ne comprend pas telle ou telle notion ou principes scientifiques. Puisque, l'enseignant pense que la

formation de l'esprit scientifique chez l'élève « commence comme une leçon »[579]. Il faut commencer par appliquer les notions scientifiques dans l'esprit de l'élève afin qu'il les mémorise. Ainsi, ces deux situations d'obstacles pédagogiques montrent que l'obstacle pédagogique est polymorphe puisqu'il se manifeste d'une part chez l'enseigné, d'autre part chez l'enseignant. L'élève n'est jamais vierge lorsqu'il vient pour la première fois au cours de science. Sur certains phénomènes naturels, il possède déjà certaines idées sensibles qui s'opposent à la culture scientifique véritable. Malheureusement les pratiques pédagogiques quotidiennes des enseignants ne prennent pas le plus souvent en compte cette situation de blocage intellectuel chez l'apprenant. Ainsi, ces remarques générales sur le sens de l'obstacle pédagogique trouveront leur vraie justification épistémologique dans l'examen des obstacles épistémologiques particuliers.

L'expérience première ou la connaissance sensible nous renseigne davantage sur le sujet que sur l'objet. Selon Léna Soler, « cet état de chose est selon Bachelard patent dans l'enseignement des sciences [580]». Autrement-dit, dans l'enseignement de la science l'observation première constitue aussi un premier obstacle à la culture scientifique dans une perspective d'acquisition de celle-ci par l'élève. Le pittoresque, les images et l'affectivité y exercent les mêmes dommages que dans l'enseignement de la pensée scientifique. En effet, l'élève qui observe pour la première fois un phénomène scientifique, regarde seulement les traits visuels qui l'émerveillent. Ainsi, il ne parvient pas à sa réalité objective parce que sa perception se limite seulement à ce qu'il voit donc à l'apparence du phénomène, puisque « la première emprise empirique ne donne même pas le juste dessin des phénomènes, même pas une description bien ordonnée, bien hiérarchique des phénomènes [581]». Les expériences réalisées en classe sont trop imagées, si bien qu'elles empêchent aux apprenants de saisir les éléments essentiels des phénomènes. Bachelard résume le problème en ce sens :

> « Dans nos classes élémentaires, le pittoresque et les images exercent les mêmes ravages. Dès qu'une expérience se présente avec un appareil bizarre, en particulier, si elle vient sous un nom inattendu des lointaines origines de la science, comme par exemple l'harmonica chimique, la classe est attentive aux évènements : elle omet seulement de regarder les phénomènes essentiels. Elle entend les beuglements de la flamme, elle n'en voit pas les stries. S'il se produit quelque accident – triomphe du singulier – l'intérêt est à son comble.[582] »

L'auteur évoque ici l'intérêt impur des élèves lorsqu'ils observent pour la première fois un phénomène scientifique. L'explosion en est ici une belle illustration. En effet, les élèves regardent seulement les images de l'explosion et les impressions qu'elle suscite en eux sans voir les

[579] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.21.
[580] Léna SOLER, *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipse, 2000, p.167.
[581] Léna SOLER, *Ibid*., p.35.
[582] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.46.

réactions chimiques que met en œuvre cette explosion. Ils ignorent ainsi la richesse métaphysique des phénomènes scientifiques. Pour les connaître, il faut amener les élèves à s'élever au-dessus des apparences, car la science consiste à aller au-delà de ce que l'on voit. Le fait naturel ou le réel empirique n'est pas encore un fait scientifique puisqu'il n'a pas encore subi une rationalisation c'est-à-dire un examen de la raison. De ce fait, l'enseignant doit mettre en jeu cette rationalisation pour faire ressortir l'abstrait du concret qui est un élément intégrant de la connaissance objective. De plus, les élèves portent de l'intérêt aux les phénomènes à cause des impressions que ceux-ci suscitent en eux. A cet égard, l'observation constitue un obstacle épistémologique dans la pratique de l'éducation en ce sens que l'esprit de l'élève est plus attiré par les manifestations sensibles du phénomène. Autrement-dit, l'élève s'attache au phénomène car il concentre sur lui une masse d'affectivité. Il pose sur l'objet tout un ensemble de considérations affectives. Ces dernières le détournent ainsi de la connaissance objective du phénomène, dans la mesure où son regard se porte seulement sur l'apparence du phénomène et non sur son essence. C'est pourquoi, Bachelard affirme : « un éducateur devra donc toujours détacher l'observateur de son objet, à défendre l'élève contre la masse d'affectivité qui se concentre sur un phénomène [583]». L'action ou le rôle de l'enseignant est nécessaire, il doit amener l'élève à porter son regard sur l'essence du phénomène. Il s'agira d'un regard débarrassé de toute forme de sentiment.

Par exemple, un phénomène comme celui de l'explosion est trop symbolisé par l'élève. Il le regarde d'un point de vue affectif. Bachelard constate que l'élève évoque seulement les impressions qu'un tel phénomène provoque en lui étant donné qu'il est plus attiré par le spectaculaire plutôt que par l'essentiel[584]. A travers l'observation d'une explosion l'enseignant veut montrer à l'élève le caractère fonctionnel des réactions chimiques mises en œuvre. En revanche, l'élève ne voit pas le plus souvent les choses de cette manière, si bien qu'« au spectacle des phénomènes les plus intéressants, les plus frappants, l'homme va naturellement avec tous ses désirs avec toutes ses passions, avec toute son âme. On ne doit donc pas s'étonner que la première connaissance objective soit une première erreur [585]». C'est dire que même dans la pratique de l'éducation, l'observation première est toujours une première entrave à l'acquisition de la connaissance scientifique chez l'apprenant. Et la connaissance qu'il acquiert en ce sens est toujours une fausse connaissance de l'objet. Car elle ne porte pas sur son essence mais sur

[583] Gaston BACHELARD*, Op cit.,* p.64.
[584] Il s'agit des formes, des apparences d'un phénomène par exemple un élève sera très impressionné par le spectacle de l'électrolyse de l'eau que par les éléments théoriques et mathématiques qui en ressortent.
[585]Gaston BACHELARD, *Ibid/,* p.65.

son apparence. L'expérience première ou les préconceptions des élèves sont le premier obstacle épistémologique qui freine le développement de l'esprit de découverte et l'acquisition objective de la culture scientifique chez l'apprenant. Mais après cet obstacle premier, en surviennent d'autres tels que la connaissance générale, la connaissance unitaire et pragmatique, l'obstacle verbal, et le substantialisme, etc.

Les généralités de premier ordre sont aussi manifestes dans l'enseignement des sciences. La connaissance générale entrave aussi l'acquisition de la connaissance scientifique chez l'élève, en ce sens que les cours de science sont bondés de résumés trop généraux qui donnent aux apprenants une vue générale des phénomènes scientifiques, faisant ainsi obstacle à une compréhension plus pointue, plus précise du phénomène. Les élèves ne peuvent pas véritablement le connaître dans toute sa profondeur, c'est-à-dire dans son détail. C'est dans ce sens que Bachelard évoque la leçon de mécanique qui étudie la *chute des corps* dans l'enseignement élémentaire pour montrer le caractère entravant de la loi générale de la chute des corps. Il dit : « cette loi est si claire, si complète, si bien fermée sur soi, qu'on ne sent pas le besoin d'étudier la chute de plus près [586]». Elle voile les variations mathématiques de la chute des corps essentielles à la compréhension de ce phénomène dans son essence. La force de pesanteur agissant positivement dans le mouvement de haut en bas et celle qui agit dans le sens inverse seraient ainsi occultées par l'aspect général de la chute puisqu' « autour d'une connaissance trop générale, la zone d'inconnu ne se résout pas en problème précis [587]». Une connaissance générale renferme toujours une réalité qui n'est pas connue, autrement dit il y a toujours une partie de la réalité phénoménale qui demeure dans les ombres. Les ombres renvoient à l'inconnu connaissable du phénomène. Ainsi, l'élève à qui on enseigne une loi scientifique générale ne connaîtra pas véritablement le phénomène à étudier. Par conséquent, l'étude des lois scientifiques générales dans l'éduction scientifique bloque la formation de l'esprit scientifique chez l'élève. Il manque donc d'une culture scientifique véritable, c'est-à-dire dynamique capable de susciter la recherche. C'est dans ce sens que Bachelard dit : « une connaissance qui manque de précision ou pour mieux dire, une connaissance qui n'est pas donnée avec ses conditions de déterminations précises n'est pas une connaissance scientifique. Une connaissance générale est presque fatalement une connaissance vague [588]». La précision est un critère de scientificité qui permet d'opérer une démarcation entre la connaissance scientifique et le savoir non scientifique. De ce

[586]Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.70.
[587]Gaston BACHELARD *Ibid.* p.70.
[588] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.87.

fait, la science des résumés généraux qu'on enseigne aux élèves est donc loin d'être une culture scientifique véritable.

Nous avons vu que la connaissance unitaire et verbaliste (l'obstacle verbal) constitue une entrave à la connaissance scientifique dans l'histoire des sciences, Cette situation est aussi visible dans l'enseignement de la science. En effet, l'enseignant fait étudier aux élèves des principes généraux de la nature qui prétendent expliquer tout phénomène. Ainsi, la pensée se bloque, elle arrête de progresser, puisque l'enfant ne manifeste plus le besoin de connaître, davantage. Car la recherche cesse lorsqu'on n'éprouve plus le désir de connaître, d'aller de l'avant dans la recherche. C'est dire que l'explication unitaire apparait comme une sorte de résolution définitive de la question. C'est dans ce sens que Bachelard affirme : « toutes les difficultés se résolvent dans une vision générale du monde [589]». Cela signifie qu'on transmet aux élèves des connaissances marquées par de multiples considérations pratiques ou utilitaires. Ce qui entraîne une valorisation exagérée des phénomènes. Cette valorisation voile ainsi la compréhension par l'élève des traits essentiels qui définissent le phénomène. L'enseignant de science explique les buts et les effets des phénomènes scientifiques et non ce qu'ils sont. Il n'y a qu'à regarder les manuels scolaires de science, pour se rendre compte que la physique, la chimie, la biologie etc., sont enseignées de manière pragmatique. La psychanalyse de la connaissance objective dans l'enseignement scientifique est nécessaire. C'est là que, se trouve un véritable enjeu didactique ; celui d'une critique préalable du savoir à transmettre à l'élève afin d'extirper toute considération unitaire et utilitaire des concepts à enseigner.

[589] Gaston BACHELARD, *Ibid*., p.101.

I-2- Les outils épistémologiques poppériens

Comme pour Bachelard, il s'agit ici de voir en quoi l'épistémologie poppérienne peut répondre à la question de savoir comment élaborer le savoir scientifique scolaire de telle sorte qu'il soit dynamique, c'est-à-dire conforme à la science en train de se faire. Il est vrai que Popper ne pose pas explicitement cette problématique, du moins elle peut être déduite implicitement de son œuvre philosophique, notamment son œuvre de jeunesse[590]. Il s'agira de dégager des implications pédagogiques didactiques de certaines thèses du rationalisme critique. En quoi le rationalisme critique poppérien pourrait servir à définir les contenus scientifiques à enseigner dans le secondaire ? L'une des premières réponses se situe dans la théorie poppérienne des mondes. Celle-ci peut impliquer la façon d'enseigner une notion scientifique du point de vue des contenus à enseigner[591].

I-2.1 La théorie des trois mondes : un outil heuristique et didactique

Dans quelles mesures la théorie des trois mondes peut-elle être prise comme un outil didactique ? Autrement dit, comment définir les contenus à enseigner à partir de la théorie des trois mondes ? Avant de tenter de répondre à ce problème, commençons d'abord par dire en quoi consiste la théorie poppérienne des trois mondes.

La théorie poppérienne des trois mondes est une théorie de la connaissance ou de l'esprit objectif. D'après cette théorie, il existe trois mondes dans lesquels s'inscrivent des objets de connaissances. A savoir le monde 1, le monde 2 et le monde 3. Cette théorie vise donc à déterminer le statut des objets de connaissance en fonction de ces trois mondes. Autrement dit, il y a une différence de nature entre les objets relevant du monde 1, du monde 2 et du monde 3. Ainsi « si on appelle le monde des choses, des objets physiques, le premier monde, et celui des expériences subjectives, tels les mécanismes de la pensée le deuxième monde, on appelle le monde des énoncés en soi le troisième monde [592]». Le premier monde est celui des phénomènes sensibles tels qu'on peut les saisir avec nos sens, c'est le monde physique, objet de notre perception extérieur. C'est le monde de l'expérience sensible pure, c'est-à-dire les objets matériels comme les arbres, les chaises, les cailloux, les animaux, etc. Tous ces objets peuvent être saisis avec notre corps physique sans la médiation d'une quelconque opération de la pensée. Même si certains de ces objets sont l'invention des humains, ils font partie du monde 1 parce qu'ils

[590] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte, Ecrits de jeunes*, (2008), Paris, Rued'ulm, 2019, Edition de GILLES CAMPAGNOLO.
[591] Philippe DESSUS, « La théorie de la connaissance de Popper et ses implications pour l'éducation », Paru in *Penser l'Éducation*, 21, pp. 19 – 31, 2007, hal-00276916f, p.9.
[592] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.255.

sont dotés d'une matérialité palpable, concrète, voire physique ; car il existe des objets naturels physique qui ne sont pas inventés par l'homme, comme les arbres, les pierres, les étoiles, et des objets physiques qui sont inventés par l'homme, comme les chaises, les voitures, etc. Ces deux types d'objets ont en commun la caractéristique d'être physique, matériel. Ce sont des objets de notre expérience sensible immédiate. C'est pourquoi, ils constituent ce que Popper appelle le monde 1 de notre connaissance.

Le monde 2, quant à lui, renvoie aux opérations de pensée, c'est-à-dire à tout ce qui se passe dans l'esprit du sujet connaissant. Il s'agit des perceptions internes, des modes de pensée ou de réflexion, des imaginations, des représentations mentales, des intuitions, etc. Tous ces objets ont la faculté d'être mentaux, car ces phénomènes ne sont pas dans le monde physique, mais se situent dans l'esprit de l'homme. Ce sont des produits de l'intellect, ils se produisent exclusivement dans la pensée et par la pensée. Ces objets ne sont pas physiques ni objectifs, même s'ils peuvent être objectivés et revêtir une forme physique lorsqu'ils sont extériorisés par un langage par exemple. Le monde 2, c'est celui de la subjectivité, des expériences mentales subjectives. Enfin, le monde 3 renvoie aux contenus des énoncés tels qu'ils sont objectivés dans un certain langage. C'est le monde des énoncés en soi. Il s'agit précisément, comme le dit Popper, des théories, des problèmes, et des raisonnements[593]. Par exemple, « on peut considérer les livres et les journaux comme des objets typiques du monde 3 […]. Ce qui importe c'est le contenu[594] ». Les théories, les problèmes et les raisonnements sont contenus dans les livres. Ce sont des objets du monde 3, en ce sens qu'ils contiennent des théories et des problèmes. A ce stade, la théorie poppérienne des trois mondes, montre que le monde pris dans son homogénéité est tridimensionnel, c'est-à-dire qu'il contient trois niveaux de réalité : le monde des objets physiques, le monde de l'esprit et des activités mentales et le monde des réalités linguistiques (les énoncés en soi). Et, nos objets de connaissances sont de genres différents.

Ainsi, on pense souvent que la science se situe dans le monde 1, parce qu'elle porte sur la nature et donc sur des objets physiques. Cependant, comme nous le verrons dans la suite de notre propos, cette idée est erronée conformément à la démonstration de Karl Popper. Du point de vue didactique, la théorie des trois mondes permet de faire un choix didactique, c'est-à-dire de cerner les véritables savoirs scientifiques à enseigner, à partir de la distinction des objets de connaissance. Cela signifie que les objets scientifiques à enseigner peuvent être choisis dans le monde 1, le monde 2 et le monde 3. C'est dans cette articulation des trois mondes qu'on peut

[593] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.257.
[594] Karl POPPER, *Ibid*., p.257.

véritablement choisir des savoirs scientifiques dynamiques pour l'enseignement. Autrement dit, pour définir un savoir scientifique à enseigner, il faut partir du monde 1 au monde 3 en passant par l'intermédiaire du monde 2 sans lequel ; il n'y a pas de relation entre le monde 1 et le monde 3[595]. C'est dans ce contexte que la théorie des mondes apparaît comme un outil didactique visant essentiellement à faire un choix didactique. Ce processus de la constitution des savoirs scientifiques scolaires à partir de la théorie poppérienne des mondes sera élucidé, lorsqu'on abordera en profondeur les problèmes auxquels tente de répondre la théorie des trois mondes : Comment ces mondes interagissent-ils ? Quel est leur statut ontologique ? En particulier, quel est le statut ontologique du monde 3 ? Est-ce que les théories et les problèmes sont véritablement doués de réalité propre au sens où on le dit des chaises, des arbres, des pierres ? La science se situe dans quel monde ?

Pour Popper le monde 3 est doué d'une réalité propre, autrement dit, les objets du monde 3, les théories, les énoncés, les problèmes et les raisonnements, sont aussi réels que les chaises et les ordinateurs. Ainsi, la science fait partir du monde 3, parce que les objets de la science sont foncièrement des objets du monde 3[596]. Et le monde 1 et le monde 3 sont en relation par l'intermédiaire du monde 2. C'est dire que le passage des objets physiques aux théories, problèmes, raisonnements et énoncés en soi se fait nécessairement par l'usage des mécanismes subjectifs de la pensée. De ce fait, pour montrer la relation entre les mondes et particulièrement entre le monde 2 et le monde 3, et déterminer le statut ontologique du monde 3, Popper commence par exposer quelques points de la théorie de la science de Bolzano. Ensuite, il montre la distinction ontologique entre les trois mondes et surtout la distinction entre le monde 2 et le 3. Et enfin, il montre la réalité propre du monde 3. Chacun de ces moments de l'argumentaire de Popper a des implications épistémologiques et didactiques bien spécifiques. En effet, Popper part de la théorie de la science de Bolzano pour présenter sa théorie des trois mondes et plus particulièrement sa théorie du monde 3. Bolzano[597] est un philosophe autrichien qui développa une remarquable théorie de la science dans laquelle il présente une théorie de la représentation. C'est ainsi que « dans sa *Wissenschaftslehrer*, Bolzano parle de « vérités en soi », plus généralement d'énoncés en soi, en différenciant ceux-ci des mécanismes subjectifs de la pensée, par lesquels l'homme pense ou appréhende les vérités, plus généralement les énoncés qu'ils soient vrais ou faux ». Popper fait ressortir ici deux idées fondamentales de la théorie de la science

[595] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.260.
[596] Karl POPPER, *Ibid*., p.
[597] Paul RUSNOCK, « Qu'est-ce que la représentation, Bolzano et la philosophie autrichienne », *Philosophiques*, 2003, p.67-81.

bolzanienne, à savoir les « énoncés en soi » et « les mécanismes subjectifs » de la pensée. Les premiers renvoient aux contenus informatifs de la pensée objectivée par le langage. Les mécanismes subjectifs, quant à eux, renvoient aux opérations mentales du sujet, celles par lesquelles il produit les énoncés en soi. Bolzano, dit Popper, fait une distinction entre ces deux catégories de la pensée. Autrement dit, il montre simplement que les contenus informatifs des énoncés sont distincts des expériences mentales du sujet. Il y a d'un côté les opérations par lesquelles le sujet produit les vérités, c'est-à-dire les réflexions, les imaginations, par exemple. Et de l'autre côté, ces vérités en tant qu'elles sont mises dans un discours. En clair, il y a un discours sur les choses et les opérations de pensée qui produisent ce discours.

En fait, Popper pense que la différence que Bolzano fait entre les énoncés en soi et les mécanismes subjectifs de la pensée est d'une importance capitale, dans la mesure où cette distinction montre deux relations différentes, à savoir la relation existante entre les contenus informatifs qui est d'« ordre logique» (dans cette relation il peut y avoir une remise en cause d'un contenu informatif par un autre) et la relation entre les mécanismes subjectifs de la pensée qui est d'ordre psychologique. Ici, la manière de penser d'un individu ne peut rentrer en contradiction avec celle d'un autre, parce que les expériences subjectives de la pensée sont propres à un individu, il n'y a pas une manière de penser. Par contre ce qu'un individu énonce dans un discours formalisé peut être rejeté dans l'énoncé en soi d'un autre individu. Car le fait que ces deux pensées soient objectivées par le langage écrit donne la possibilité de les critiquer, de les comparer à travers des opérations logiques, afin de voir qui dit vrai ou pas. C'est dans cette optique que Popper dit « Deux types de relations sont complètement différents. Les mécanismes subjectifs de pensée d'un individu ne peuvent jamais entrer en contradiction avec ceux d'un autre autre […]. Mais, le contenu de ses pensées, c'est-à-dire les énoncés en soi, peut bien entendu, contredire le contenu d'un autre individu [598]». Les contenus informatifs sont objectifs c'est pourquoi ils peuvent entrer en contradiction, alors que les mécanismes de pensée sont subjectifs, ainsi ils ne peuvent jamais entrer en contradiction. Pour Popper les idées bolzaniennes d'énoncés en soi et d'expériences subjectives de pensée montrent qu'il existe des mondes différents relatifs à nos connaissances. La différence entre les énoncés en soi et les mécanismes subjectifs de pensée permet de faire la différence ontologique entre les trois mondes, dans la mesure où cette distinction bolzanienne montre que les énoncés en soi et les mécanismes subjectifs de pensée ne s'inscrivent pas dans le même monde. Ainsi, « les pensées dans le sens des contenus ou des énoncés en soi, et les pensées dans le sens des mécanismes de

[602] Karl POPPER, *Ibid.*, p.256.

la pensée appartiennent à deux 'mondes' entièrement différents [599]». Cela veut dire que les contenus de la pensée exprimés dans un langage sont des objets du monde 3, alors que les opérations de la pensée sont des objets du monde 2. Ces deux types d'objets ne peuvent être mis sur le même plan, parce qu'ils n'appartiennent pas au même monde. Ce sont des objets de nature différente. D'où Pour Popper la pensée bolzanienne (telle qu'elle vient d'être décrite) constitue une propédeutique à la distinction qu'il fait des trois mondes.

Parmi les trois mondes, seuls les mondes 2 et 3 constituent une véritable problématique. Autrement dit, intuitivement l'attribution d'un caractère réel à ces deux mondes pose problème, quand on pense à la réalité au sens des chaises et des arbres. En effet, la question du statut ontologique du monde 1 ne se pose pas. Parce qu'on considère que ce monde est vrai, c'est-à-dire que ces objets sont réels. Car ils existent de façon physique, on les voit. Le monde 1 ne souffre d'aucune contestation. Par contre, quand on pense aux expériences subjectives de la pensée et aux énoncés en soi, la question de leur réalité se pose sérieusement. C'est pourquoi, Popper met plus l'accent sur la différence ou du moins la relation entre le monde 2 et le monde 3. « Ce qui compte pour l'instant c'est de marquer la distinction entre les mondes 2 et 3 [600]». Pour bien marquer cette distinction, Popper prend l'exemple d'un tableau imaginé. Comme nous l'avons vu précédemment le contenu de la pensée se distingue des mécanismes subjectifs de la pensée. Respectivement, le premier est une caractéristique du monde 3 et les seconds renvoient au monde 2. En clair, la différence nette entre le monde 2 et le monde 3 réside sur la distinction entre les processus mentaux et le contenu informatif des énoncés[601]. Le monde 2 c'est le domaine de la pensée au sens subjectif, c'est le règne de la subjectivité. Alors que, la pensée au sens subjectif est l'objet du monde 3. Cela signifie que le monde 3 est objectif, dans la mesure où les contenus de la pensée, du moment où ils sont mis en énoncés, peuvent faire l'objet d'une discussion, d'un examen par n'importe quel individu. C'est-à-dire que nous pouvons critiquer et raisonner sur nos pensées objectives, lorsqu'elles sont exprimées dans un langage écrit[602]. Ce qui n'est pas le cas pour les pensées subjectives à savoir nos mécanismes subjectifs de la pensée. Nous ne pouvons pas les mettre en avant pour en discuter, car il n'y a pas de lien logique entre les opérations mentales d'un individu et celle d'un autre. Cette absence de lien logique est la principale raison qui explique l'impossibilité de discuter objectivement les opérations de la pensée d'un individu. Chaque individu à sa propre manière de raisonner.

[599] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981p.255.
[600] Karl POPPER, *Ibid.*, p.255.
[601] Karl POPPER, *Ibid*., p.256.
[602] Karl POPPER, *Ibid.*, p.256.

Par conséquent, il ne peut pas logiquement juger celle d'un autre par rapport à la sienne. Alors qu'un contenu peut véritablement faire l'objet d'une vérification par plusieurs esprits particuliers. Qu'est-ce que cela implique du point de vue pédagogique ou didactique ? La subjectivité de l'enseignant n'est pas celle de l'élève. Ce dernier peut procéder autrement que par le procédé de l'enseignant, et pourtant parvenir au même résultat. L'opération mentale qu'un élève met pour résoudre un problème n'est pas la même que met l'enseignant en place pour le faire. Il est donc important de valoriser l'autonomie de l'apprenant dans les apprentissages d'une notion scientifique.

Intéressons-nous maintenant au statut ontologique du monde 3 ou du moins aux objets du monde 3. Pour Popper le monde 3 est bel et bien réel. Autrement dit les objets du monde 3 sont doués de réalité. Les théories, les problèmes et les raisonnements sont aussi réels que les chaises et la table et les arbres. Ces objets sont des contenus informatifs objectivés par un certain langage. Même si c'est le sujet qui les formule, les objets du monde 3 ont une réalité propre. A la question de savoir si les théories, les problèmes, les énoncés, etc., ont une réalité, Popper répond ceci : « je crois que Bolzano avait des doutes quant au statut ontologique des énoncés en soi […]. J'ai eu moi aussi, comme Bolzano, des doutes pendant longtemps […] avant d'être arrivé à la conclusion que ses habitants étaient bien réels ; doués en fait d'une réalité presque aussi palpable que celle des tables et des chaises [603]». Popper affirme ici qu'effectivement le monde 3 et ses habitants, c'est-à-dire les théories, les problèmes et les raisonnements, sont réels comme le monde 1 et ses habitants, les objets physiques. La réalité des théories et des problèmes est différente de la réalité des objets physiques. Il ressort ici une certaine conception de la réalité. En effet, ce que Popper montre ici, c'est que la réalité ne se limite pas à ce qui est visible ou physique, comme c'est souvent le cas dans le sens commun. Autrement dit, le sens commun conçoit la réalité comme ce qui est concret, physique, on parle de réalité palpable. La réalité se résume au matériel. C'est pourquoi, Popper pense qu'il est « disposé à accepter une sorte de point de départ matérialiste [604]». Cette idée qui consiste à considérer la réalité comme ce qui est physique est recevable, car les objets physiques sont effectivement réels, puisqu'ils existent dans notre monde, on les voit, on les touche. Le réel, c'est le visible sensible, comme Aristote fait du sensible le point de départ de la connaissance vraie. Aristote, dans son opposition à son maître Platon, accordait une grande importance au monde sensible. Il pensait que ce monde était effectivement réel comme les Idées de Platon. Cependant, la théorie des trois mondes

[603] Karl POPPER, *Op cit.*, p.258.
[604] Karl POPPER, *Ibid.*, p.258.

montre que le terme réel, s'applique effectivement pour les choses physiques, mais pas seulement ; il s'applique aussi à des entités non matérielles (Il ne s'agit pas des Idées au sens platonicien du terme). Dire que se limiter à considérer réel ce qui est seulement physique, c'est faire preuve d'une connaissance partielle de ce qu'est la réalité. Parce qu'il existe des entités intelligibles qui ne sont pas les Idées ou les essences platoniciennes, mais qui ne sont pas non plus physiques : les théories ne sont pas physiques tant qu'elles ne sont pas matérialisées dans un livre.

C'est pourquoi Popper dit : « en allant plus loin, nous sommes presque contraints d'étendre l'usage du terme de manière radicale [605]». Il y a ici une extension de sens du terme réel. Ce n'est plus simplement le point de départ matérialiste. Il s'agit désormais aussi d'une réalité invisible. Les problèmes existent, et pourtant ils ne sont pas forcément visibles. De même, il existe des objets qui ne sont pas saisissables à l'œil nu ou du moins qui ne sont perceptibles que par leurs effets. Les gaz, courants électriques et les ondes d'Hertz ou de Maxwell sont des objets réels et pourtant ils ne sont pas physiques ou du moins ne sont perceptibles que par leurs effets. Ces objets sont abstraits. C'est dans cette perspective que s'inscrivent les images télévisuelles. Ces images découlent d'une interprétation des messages codés abstraits. A ce stade « peut-être ne sommes-nous plus très loin de la théorie en soi, disons du message codé abstrait, contenu dans le livre et que nous décodons en lisant ». Une théorie contient des messages codés par les écrits. Et, on décode ces messages par la lecture. Les contenus des théories sont ainsi vrais. Ici, le terme réel renvoie à ce qui est à la fois physique et abstrait. De ce fait, les objets du monde 3 sont vraiment doués d'une réalité propre.

Toutefois, Popper définit un autre sens du terme réel pour montrer le caractère réel du monde 3 ou de ses habitants. Il le dit en ces termes : « nous semblons disposés à appeler réel tout ce qui est capable d'agir sur les choses physiques […] et sur lequel les choses physiques peuvent agir [606]». Le contenu des théories est réel, parce qu'il agit sur les choses physiques, et les choses physiques agissent aussi sur eux, c'est-à-dire que les phénomènes peuvent aussi agir sur les théories, sur les hypothèses. Par exemple, l'apparition de certains objets physiques peut entraîner une modification ou une refonte totale de la théorie en vigueur. Ainsi, est réel ce qui agit, ce qui est en mouvement. Dans cette conception, le réel se rapporte à ce qui est vivant et physique, à ce qui est seulement visible. Or des choses inertes existent aussi, ce n'est pas pour autant qu'elles sont irréelles. Les ondes sont des choses physiques en mouvement, mais elles

[605] Karl POPPER, *Op cit.*, p.259.
[606] Karl POPPER, *Ibid.*, p.259.

ne sont pas visibles à l'œil nu. Il s'agit ici d'une nouvelle définition de ce qui est réel. Dans ce cas, une théorie en soi renvoie finalement à un contenu informatif objectivé par le langage. Contenu qui peut avoir des impacts sur le monde physique, de manière à le transformer, car le monde physique tel qu'on le voit dans son immédiateté est une manifestation des théories en soi. Partout dans le monde physique, on voit les transformations qui sont le résultat de l'impact des théories sur la nature. Mais, le monde des théories et le monde des objets physiques agissent l'un sur l'autre par l'intermédiaire du monde de la pensée, de l'esprit. En effet, « c'est seulement lorsque le monde 2 agit comme intermédiaire entre le monde 1 et le monde 3, que le monde 1 et le monde 3 peuvent réagir l'un sur l'autre [607]». Les objets physiques agissent sur les mécanismes subjectifs de la pensée, de même les théories influencent aussi les expériences subjectives de la pensée. Mais, les objets physiques et les théories en soi ne peuvent agir les uns sur les autres que par l'entremise des mécanismes subjectifs de la pensée. Dans la mesure où, c'est le sujet qui donne sens à la fois au monde 1 et au monde 3. En clair, les objets du monde 3, lorsqu'ils sont matérialisés dans un livre par exemple, deviennent des objets ayant leur propre vie indépendamment du sujet pensant. Autrement dit, la théorie contenue dans un livre existe indépendamment de nos mécanismes subjectifs. Elle est objective. Tout le monde peut la saisir ou pas. C'est précisément ce caractère objectif de la théorie qui fait que le monde 3 et ses habitants sont bel et bien réels comme les objets du monde 1.

De ce fait le monde 3 est doté aussi d'une autonomie et d'une certaine éternité. Il s'agit d'une autonomie partielle. En clair, le monde 3 est autonome, dans la mesure où les théories en soi ont des implications que l'homme n'avait pas imaginées. Car, les inventions des hommes ont des « conséquences nécessaires » que nous n'avons pas prévues, des « conséquences involontaires et imprévues ». Même si le monde 3 dépend des mécanismes subjectifs de la pensée, une fois crée, une théorie peut conduire à des choses qu'on n'a pas pensées. Ces choses naissent en fonction de la nature même du monde 3. Par exemple : « des choses comme les nombres premiers, ou les carrés et beaucoup d'autres encore, sont ainsi produites par le monde 3 lui-même, sans aucune intervention humaine. C'est dans cette mesure que nous pouvons parler de l'autonomie du monde 3 [608]». Par cette affirmation, on comprend de façon explicite en quoi consiste l'autonomie du monde 3 : les théories engendrent des choses qui ne sont pas engendrées par l'homme, le problème inventé par l'homme engendre, lui-même, d'autres problèmes jamais prévus par l'homme. Autrement dit, le monde 3 est autonome, dans la mesure où il

[607] Karl POPPER, *Op cit.*,

[608] Karl POPPER, *Ibid.*, p.261.

invente des objets qui n'ont pas été inventés par l'homme. Cela prouve que le monde 3 est capable d'agir tout seul. D'où les théories, les problèmes, les raisonnements et les énoncés sont réels. C'est ainsi que la théorie des trois mondes montre que le monde 3 tout comme les deux autres mondes sont bel et bien doués d'une réalité distincte.

Il ressort une certaine distinction entre l'éternité des Idées platoniciennes et l'éternité du monde 3. Chez Platon les idées ne sont pas une invention humaine. Elles sont hors du temps. Alors que les objets du monde trois existent dans l'espace et le temps. De ce fait, ce sont des inventions humaines. Même si elles finissent par avoir une autonomie propre. C'est pourquoi Popper dit : « je considère que le monde 3 est essentiellement le produit de l'esprit humain [609]». C'est l'homme qui crée le monde 3, bien qu'il soit un monde éternel, car la vérité les relations logiques est éternelle. Ce sont ces deux catégories éternelles qui font que le monde 3 soit éternel. Quand des relations vraies sont établies, alors elles le sont pour l'éternité.

La théorie des trois mondes montre ici que la science se situe dans le monde 3. Car, elle est une création humaine et ses objets sont les objets de du monde 3. En effet, la science est une création humaine, dans la mesure où elle n'existe pas dans le monde de façon naturelle comme les rivières, les arbres, les planètes. C'est l'homme qui l'a inventée pour connaître son environnement. Si on enlevait l'homme de l'univers, avec toutes ses réalisations, la science serait aussi enlevée. C'est dans cette perspective que la science se situe dans le monde 3. De plus, les objets de la science sont les objets du monde 3 puisque la science traite des théories, des problèmes, des méthodes. Ceux-ci, ne sont pas dans le monde physique, ce sont de purs produits de l'être humain. Ainsi, les objets scientifiques sont construits. Ce ne sont pas des objets bruts ou physiques tels qu'on voit les objets physiques dans le monde physique. Car la science ne traite pas les faits bruts. Quand on dit que la science traite des phénomènes naturels, c'est-à-dire des objets physiques, ce traitement se fait par l'intermédiaire des théories. Du coup, l'enjeu de la science devient non pas les phénomènes en question, mais ce que disent les théories qui leur sont appliquées. A cet égard, le contenu des théories devient plus important qu'un simple phénomène naturel qui se manifeste dans la nature, parce qu'un tel phénomène, aussi important qu'il soit, si on ne le rend pas intelligible, il restera muet. Or, c'est justement quand on commence à faire preuve d'explication, que ce phénomène requiert une certaine importance. De ce fait, on ne s'intéresse plus au phénomène naturel en tant que phénomène naturel, mais plutôt en tant que phénomène expliqué, c'est-à-dire tout ce qui est dit sur ce phénomène naturel à travers les théories ou hypothèses formulées. Ainsi, le problème est désormais orienté sur les valeurs

[609] Karl POPPER, *Ibid*., p.262.

de ces théories. Il s'agit alors de se demander laquelle de ces théories en dit mieux sur le phénomène ; autrement dit, laquelle est plus satisfaisante. Cela montre que les véritables objets scientifiques sont les théories et les problèmes. C'est pourquoi, la science se situe dans le monde 3. C'est dans cette optique que Popper dit que toute personne qui s'intéresse à la science, traite des objets du monde 3, à savoir les théories, les problèmes, les énoncés, et les raisonnements[610].

La théorie poppérienne des trois mondes implique une définition des critères du choix didactique, une détermination de la nature des objets scientifiques à enseigner, et enfin le processus de compréhension d'une notion enseignée. Il s'agit d'un point de départ matérialiste, des états mentaux à mobiliser et de la définition des problèmes théoriques à traiter. Au-delà, de la définition des critères du choix didactique, la théorie des mondes vise aussi à résoudre le problème didactique du rapport entre la théorie et la pratique dans les apprentissages scientifiques. En effet, que faut-il enseigner aux élèves, des objets physiques ou des objets théoriques ? L'enseignement d'une notion scientifique doit-il commencer par la théorie ou par la pratique ? Ou bien peut-on commencer par les deux fois ? Nombreux sont ceux qui estiment que la bonne manière d'apprendre une notion scientifique, c'est de passer par la pratique. D'autres estiment au contraire que c'est par la théorie. Un troisième groupe considère que c'est par la combinaison des deux à la fois qu'il faudrait enseigner la science. Sur ce troisième groupe, on peut faire l'objection suivante : il est très difficile de faire en même temps la pratique et la théorie parce que ces deux variables appartiennent à deux mondes distincts. Et, aussi au nom du principe que sur le même rapport temporel, un esprit particulier ne peut pas faire deux choses à la fois. Il y aura toujours un passage de l'un vers l'autre. Et même dans le cadre d'une théorie-pratique, il y a toujours un enchaînement de l'un vers l'autre, et vice versa. Cependant, que signifie apprendre à la fois par la théorie et la pratique ou plus simplement apprendre par théorie-pratique ? Quand on dit qu'on fait la théorie et la pratique à la fois, cela veut dire qu'on peut d'abord apprendre les éléments théoriques et par la suite faire des cas pratiques de leur application. Ou bien on commence par des cas pratiques et par la suite on tire les éléments théoriques qui en découlent.

Finalement, par quoi, faut-il véritablement commencer pour apprendre la science aux élèves afin qu'ils aient une vraie image de celle-ci ? On sait que pour les plus jeunes, il est très difficile qu'ils explicitent leur véritable vision de la science. Du moins, dans la pratique éducative, on peut leur faire acquérir cette véritable vision, de telle sorte qu'arrivés à une certaine

[610] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.262.

maturité, ils puissent expliciter leurs véritables visions de la science. D'après la théorie poppérienne des trois mondes ou du monde 3, l'apprentissage dynamique de la science à pour point de départ la pratique théorique et non la pratique empirique. Autrement dit, l'enseignement dynamique de la science commence par la théorie, c'est-à-dire par l'apprentissage des objets du monde 3. Il s'agit premièrement d'apprendre les théories, les problèmes, les raisonnements. Si l'enseignement traditionnel de la science s'est toujours focalisé sur les démonstrations des jeunes apprenants, alors il a sous-estimé ou minoré l'accent sur les problèmes. Or les démonstrations sont là pour résoudre es problèmes qui donnent lieu à des théories ou hypothèses, qui constituent les véritables objets scientifiques qu'il faudrait enseigner aux élèves sans privilégier l'un au détriment de l'autre. Alors, que signifie enseigner les théories, les problèmes et les raisonnements ?

I-2.2 L'apprentissage des raisonnements scientifiques

Parmi les objets scientifiques à apprendre, les raisonnements scientifiques en font partie. Car ce sont des objets du monde 3, donc des objets scientifiques[611], dans la mesure où ils sont, tout autant que les théories et les problèmes, des productions de l'esprit humain[612]. Ainsi, apprendre les raisonnements scientifiques signifie connaître les discours scientifiques, le langage de la science, la manière dont les scientifiques pensent, raisonnent, argumentent, bref leurs façons d'exposer leurs idées en faisant usage d'un langage humain formel. L'apprentissage des raisonnements scientifiques renvoie au fait de connaître comment procède la science. C'est par exemple, savoir comment on fait une démonstration scientifique, comment on expose les connaissances scientifiques, comment se structure un discours scientifique. De ce fait, l'apprentissage des raisonnements scientifiques consiste à faire connaître aux apprenants les discours scientifiques, leur apprendre comment les scientifiques raisonnent. Afin qu'ils raisonnent aussi comme eux, c'est-à-dire utiliser les mêmes méthodes linguistiques que les scientifiques.

Dans ce cas, le raisonnement scientifique renvoie simplement à la méthode, à la démarche scientifique. L'apprentissage des raisonnements scientifiques consiste aussi à faire apprendre aux élèves la structure des énoncés scientifiques. C'est-à-dire de faire une caractérisation des énoncés scientifiques, de telle sorte que les élèves soient capables de les identifier et d'en produire. C'est ainsi que Popper montre que les raisonnements scientifiques sont essentiellement critiques, hautement descriptifs[613] et démonstratifs, dans la mesure où le langage dont fait usage le savant peut consister d'abord à faire une analyse critique des descriptions de la nature, ensuite ce langage vise à faire de « vrais descriptions, de vrais compte rendus » des phénomènes de la nature, et enfin ce langage vise à prouver que ces vraies descriptions le sont assurément. Le langage scientifique que doit apprendre les apprenants, doit être un langage critique, descriptif, et démonstratif. Cependant, dans l'enseignement traditionnel, les élèves sont amenés à apprendre seulement ou le plus souvent la phase démonstrative du langage scientifique, en laissant de côté la phase critique.

Cette façon de faire apprendre les raisonnements scientifiques ne correspond pas avec la nature même de la science qui est essentiellement une activité critique, puisque la quête des tentatives de solutions conduit nécessairement à éliminer par la critique les solutions qui ne sont pas satisfaisantes. Cependant, lorsque Popper fait usage au pluriel du terme raisonnement, il veut dire qu'il n'existe pas un seul raisonnement scientifique que l'apprenant doit connaître,

[611] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.257.
[612] Karl POPPER, *Ibid*., p.267.
[613] Karl POPPER, *Toute vie est résolution des problèmes*, (1997), Paris, Actes sud, 1997, p.21.

comme c'est souvent le cas dans l'enseignement des sciences où l'enseignant veut souvent que l'élève procède exactement comme lui. Cette façon d'enseigner les raisonnements scientifiques n'est pas conforme à la pratique même de la science qui procède par raisonnement critique, obéissant ainsi aux critères caractéristiques de tout discours scientifiques à savoir la critique, la description vraie et la démonstration. L'apprentissage dynamique des raisonnements scientifiques consiste à présenter aux apprenants plusieurs manières de procéder, de raisonner du point de vue scientifique. Par exemple, dans la résolution d'un problème scientifique, l'enseignant doit laisser le choix à l'élève de procéder autrement, sans forcément, rester figé sur la démarche de l'enseignant. Cette façon de faire est importante, parce qu'elle permet à l'apprenant d'éliminer par lui-même les démarches ou les raisonnements non satisfaisants. En résumé, la théorie poppérienne des trois mondes est un outil didactique essentiel, dans la mesure où elle permet la définition du genre des contenus scientifiques à enseigner. Et en même temps, elle montre comment ces contenus peuvent être enseignés de façon dynamique, c'est-à-dire conforme à la nature même de la science. De telle sorte que les apprenants aient très tôt la vision véritable de la science empirique.

II – APPLICATIONS ET APPROPRIATION DU SAVOIR

II-1 L'application de la notion de profil épistémologique

II-1.1 L'application à un concept scientifique

Les apprentissages scientifiques reposent sur deux grandes phases didactiques fondamentales, à savoir la constitution du contenu à enseigner et le processus de son appropriation. Ainsi, l'intérêt pédagogique de la notion de profil épistémologique réside essentiellement dans la définition du processus de l'apprentissage d'un concept scientifique. Autrement dit, la notion de profil épistémologique détermine le processus d'apprentissage d'un concept scientifique, partant de sa constitution didactique jusqu'à son appropriation par l'apprenant. Comment élaborer le concept enseigné de telle sorte que son appropriation soit efficace ? La réponse bachelardienne à cette question peut être interprétée à partir de la notion de profil épistémologique comme nous venons de le voir. En effet, l'apprentissage d'un concept scientifique commence par l'élaboration de celui-ci en concept enseigné. Du point de vue bachelardien, cette élaboration se fait à partir de son profil épistémologique. Autrement dit, l'examen du spectre philosophique d'une notion permet de transformer cette dernière en notion enseignable. L'enseignement d'une notion scientifique se fait à partir de la définition de son spectre philosophique. C'est en définissant ce spectre qu'on parviendra véritablement à déterminer ce qui doit être

appris sur ce concept au regard du processus de sa constitution dans le domaine de la recherche scientifique. Cela est possible si le profil épistémologique de la notion à enseigner est clairement établi, c'est-à-dire si on réussit à définir toutes les diverses conceptualisations de ce concept. On pourra alors voir les différentes étapes successives de l'élaborant savante de cette notion. Ainsi, on pourra choisir celle ou celle qu'il faudrait transmettre aux élèves, ce qui vaut vraiment la peine d'être appris en classe. Et ce qui vaut vraiment la peine d'être appris en classe ce ne sont pas les vues partielles et absolues du concept. C'est pourquoi Bachelard dit : « rien ne peut légitimer un rationalisme absolu, invariable, définitif [614]», dans la mesure où la formation d'un concept scientifique se fait à partir d'un pluralisme philosophique. De ce fait, l'aspect rationnel de cette notion ne peut être appris sans sa connexion avec les autres aspects du concept. C'est donc un rationalisme appliqué qui devrait être appris en classe.

Cela signifie que sans l'analyse spectrale de la notion à enseigner, des ombres demeurent sur cette notion. Et, il y a le risque de transmettre une seule face du concept, conduisant ainsi à une image dogmatique de la science : on considère comme connaissance valable, ce qui est connu en l'état actuel des recherches sur le phénomène[615]. Cependant, le principe de la science c'est la remise en cause, la critique permanente, c'est le pluralisme épistémologique. C'est ce principe qui pousse les savants à explorer et à découvrir d'autres pistes instructives sur un même phénomène. Malheureusement, la didactique traditionnelle qui repose sur l'épistémologie partielle, construit des contenus d'enseignement dogmatiques transmettant ainsi une vision erronée de la science. Or la notion de profil épistémologique, en présentant les diverses faces d'un même concept, permet de restaurer la véritable image de la science en construisant des contenus d'enseignement dynamiques, des contenus qui présentent plusieurs pistes de réflexion et de compréhension du concept.

L'examen du spectre philosophique permet la constitution du concept enseigné, dans la mesure où ce procédé expose les diverses conceptualisations du concept, évalue ces conceptualisations et fait un tri ou un choix didactique de ces conceptualisations. En effet, le concept à enseigner renferme plusieurs niveaux de sa conceptualisation. Ces différents niveaux présentent chacun une face du concept ou du phénomène. Le concept à enseigner peut avoir un aspect réaliste, empiriste, positiviste et rationnel. Ces aspects représentent chacun une connaissance partielle du concept. C'est en connaissant l'ensemble de ces différents aspects qu'on parvient à

[614] Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, (1940), Paris, Quadrige/Puf, 2012, p.42.

[615] L'état actuel de la connaissance d'un phénomène ne présente que l'un de ses aspects. Or, si on tourne et retour le concept, on découvrira beaucoup de choses qu'on ignore. D'où même l'état actuel de la connaissance d'un phénomène renferme toujours des zones d'ombre qu'il faudrait explorer.

une connaissance complète et poussée du concept à enseigner. Ainsi, la notion de profil épistémologique, nous enseigne que l'apprentissage d'un concept scientifique commence par la détermination de ces diverses conceptualisations qui ne sont rien d'autre que des connaissances partielles du concept. Cela permet de comprendre le phénomène dans toute sa totalité. Ainsi, en exposant ces différentes faces ou aspects, dans le cadre de l'enseignement, on montre en même temps ce qu'est réellement un concept scientifique pris dans toutes ses dimensions[616]. Ensuite, pour apprendre un concept scientifique, le profil épistémologique permet d'établir une évaluation de ses différentes conceptualisations. Cette évaluation consiste à les ordonner selon leur constitution successive. Afin de faire une distinction claire entre celles qui sont essentielles de celles qui ne le sont pas. L'essentialité réside dans l'état du profil épistémologique de la notion. Si une notion à enseigner a un spectre philosophique qui va du réalisme à l'empirisme, alors que ce qu'il serait essentiel d'apprendre, ce sont ces deux dimensions. Cela conduit à faire un tri, un choix didactique parmi ce qui doit être enseigné sur le concept à savoir ce qui définit véritablement le concept à enseigner.

La notion de profil épistémologique enseigne que pour s'approprier une notion scientifique, il faut la décomposer en diverses parties qui correspondent aux différentes conceptualisations de ce concept, apportant ainsi une connaissance profonde et plus précise du phénomène. Il ne s'agit pas d'une division arbitraire, mais d'une division qui émane du profil épistémologique. C'est le profil épistémologique qui définit les différentes étapes successives d'apprentissage du concept. Ces étapes vont du réalisme au rationalisme discursif, en passant par le positivisme et l'empirisme, le rationalisme classique et le rationalisme complet. Pour apprendre un concept scientifique à partir d'un large spectre philosophique, deux grandes étapes sont à définir. La première est d'ordre réaliste, empiriste et positiviste, c'est une étape concrète où l'observation et les sens sont sollicités. Les premières connaissances qu'un élève doit avoir sur un concept doivent rentrer dans le cadre de cette première étape de la constitution d'un concept. Ensuite, on passe à une seconde étape d'ordre rationnel qui comprend les différents types de rationalismes. C'est une phase d'abstraction du phénomène, où la réflexion, la théorisation, la conceptualisation sont sollicitées. Cependant, ces deux phases d'apprentissage d'un concept scientifique ne sont pas séparées, mais s'enchaînent successivement. C'est grâce à cela qu'on acquiert une connaissance complète du phénomène. Car la première étape apporte une vue partielle du concept qui est complétée par la seconde étape[617]. C'est ainsi que progressivement on

[616] L'exposition peut se faire pendant un parcours scolaire ou dans une seule séquence d'enseignement.
[617] Le passage d'une étape à une autre ou d'un niveau de conceptualisation à un autre se fait par l'application de la démarche psychanalytique-dialectique.

parvient à une connaissance complète du phénomène, et qu'on peut vivre une véritable évolution cognitive dans l'apprentissage de la notion.

L'apprentissage d'un concept scientifique par profil épistémologique, passe par la détermination de son spectre philosophique. Pour enseigner une notion scientifique, il faudrait commencer par faire son profil épistémologique. Cela consiste à constituer la notion en contenu enseignable et à définir le processus de son appropriation par les élèves. Le profil épistémologique en tant qu'analyse a pour fonction de définir, de mettre en lumière, de faire un choix entre les formulations qui doivent être enseignées ; il s'agit de faire un tri. Aussi l'analyse du profil épistémologique vise à hiérarchiser, ordonner, classer les différents niveaux par étape d'apprentissage : ce qui doit être appris en premier ou en second lieu. La notion de profil épistémologique ne semble pas faire exception quant à l'apprentissage. En effet, on sait que tout apprentissage construit se fait par étape, par niveau. Mais, la question est de savoir comment choisir ces étapes ? C'est la question à laquelle l'épistémologie bachelardienne tente de répondre avec la notion de profil épistémologique. Celle-ci permet de faire un choix objectif de ces étapes. Et ce choix découle directement de la notion à enseigner elle-même. Le spectral philosophique est un outil du choix objectif des étapes de l'apprentissage d'un concept scientifique. C'est dans cette perspective que la notion de profil épistémologique peut servir de fondement à certains concepts de la didactique des sciences, notamment, les concepts de « transposition didactique », de « niveaux de formulation d'un concept », et même le concept de « trame conceptuelle ». Mais, intéressons-nous d'abord à la relation entre le profil épistémologique et les représentations du concept enseigné.

II-1.2 L'application à l'esprit de l'enseignant et de l'enseigné

Nous venons de voir que la notion de profil épistémologique s'applique à un concept désigné. Et, c'est en définissant les différents niveaux de sa constitution que l'analyse spectrale permet l'apprentissage de ce concept. C'est à travers ses différents niveaux que la notion à enseigner peut véritablement être apprise. Cependant, la notion de profil épistémologique peut-elle aussi s'appliquer à un individu ? Et dans quelle mesure cette application permet de définir le processus d'apprentissage d'un concept scientifique ?

Pour Bachelard, le profil épistémologique s'applique aussi à un individu particulier. Il s'agit d'examiner les diverses philosophies relatives à la culture qu'un esprit particulier a sur un concept bien donné. Cela consiste à faire clairement le profil épistémologique de la culture d'un individu. Cette culture n'est pas sa culture tout entière, mais la connaissance objective qu'il possède d'un objet particulier. Cela veut dire que le profil épistémologique est toujours

relatif à un phénomène désigné, même lorsqu'il s'applique à un esprit particulier. C'est pourquoi, Bachelard affirme : « Un profil épistémologique […] ne vaut que pour un esprit particulier qui s'examine à un stade de sa culture [618]». Cela signifie qu'un profil épistémologique n'est pas une analyse qui s'applique à plusieurs individus sur un même concept, mais elle est relative à un individu qui interroge ce qu'il sait d'un concept désigné. Ce qui ressort ici c'est que l'analyse spectrale est faite par l'individu lui-même. C'est lui-même qui fait son profil épistémologique concernant une notion particulière. Mais nous aurons l'occasion de voir dans le cadre pédagogique comment l'enseignant occupe une place fondamentale pour la détermination des profils épistémologiques. De fait, l'analyse spectrale apparaît comme une introspection de la raison sur elle-même, car c'est l'individu qui décrit sa propre connaissance relative à un concept particulier. Il s'agit donc d'un profil mental[619], c'est-à-dire un outil d'analyse de la psychologie de l'esprit scientifique consistant à dessiner, à décrire les diverses conceptualisations philosophiques qu'un individu a sur une notion scientifique particulière. Par exemple, le profil épistémologique d'un individu sur la notion de masse va le conduire conduire à décrire les différentes conceptions philosophiques qu'il possède sur ce concept de masse. De même, un individu peut faire son propre profil épistémologique de la notion de la chute des corps. Ces deux profils épistémologiques ne seront pas identiques. Cela signifie qu'un individu à un stade de sa culture peut avoir plusieurs niveaux de connaissance sur un même concept donné. Ainsi, le profil épistémologie de sa culture permet de mettre en lumière les différents niveaux de connaissance qu'il possède sur ce même concept. Mais Bachelard précise qu'il ne s'agit pas de la culture subjective de l'individu, mais d'une culture objective. C'est-à-dire les connaissances valides qui ont été produites sur un concept désigné. Celles-ci s'imposent au sujet indépendamment de sa volonté de penser telle ou telle chose ; c'est l'objet qui lui impose cette connaissance. Le profil épistémologique est foncièrement personnel[620], dans la mesure où il s'applique seulement à ce qu'une personne particulière connaît sur un concept désigné.

Du point de vue pédagogique, la thèse bachelardienne de l'application de l'analyse spectrale à un esprit particulier, implique que l'esprit particulier en question renvoie à l'enseignant et à l'apprenant. Face à une notion à enseigner, l'enseignant et l'enseigné peuvent avoir des idées philosophiques qu'il faudrait mettre en lumière. Du côté de l'enseignant, il s'agit des différentes manières dont il conçoit le concept enseigné. Du côté de l'apprenant, il s'agit éga-

[618] Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, (1940), Paris, Quadrige/Puf, 2012, p.43.
[619] Gaston BACHELARD, *Ibid*., p.42.
[620] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.43.

lement des diverses idées *a priori* qu'il a sur le concept enseigné, acquises dans la vie quotidienne. Cela signifie que l'enseignant tout comme l'apprenant ont une certaine culture sur le concept à enseigner qu'il faudrait mettre en lumière. Ainsi, l'intérêt d'un profil épistémologique est de permettre la prise en compte de toutes ces conceptions de l'enseignant et de l'apprenant. Cette prise en compte est importante, dans la mesure où elle conduit à une évaluation du rapport entre la culture de l'enseignant et celle de l'apprenant. Une question demeure, comment faire le profil épistémologique d'un esprit particulier ?

Précédemment nous avons vu que pour Bachelard lorsque la notion de profil épistémologique est appliquée à un esprit particulier, c'est cet individu qui fait lui-même le profil épistémologique de sa culture relative à un concept désigné. C'est dans cette perspective que Bachelard nous montre, à travers une courte confession épistémologique, son propre profil épistémologique relatif à sa culture objective sur la notion scientifique de masse. Il s'agit de dessiner les diverses philosophies ou les différents niveaux de connaissance qu'un individu particulier peut avoir sur le concept de masse, s'il suit une trajectoire objective précise. Tout esprit cultivé qui entreprend de méditer sur le concept de masse, passera obligatoirement par un ordre, voire une hiérarchie de connaissance qui va du réalisme primitif ou naïf au rationalisme, en passant par l'empirisme, le positivisme et l'animisme. En quoi consiste la courte confession de Bachelard ? Et que nous permet-elle de comprendre sur l'application de l'analyse du spectre philosophique à un esprit particulier ?

Dans sa confession, Bachelard présente la notion de masse sous cinq philosophies à savoir le réalisme naïf, l'empiriste clair et positiviste, le rationalisme classique de la mécanique rationnelle, le rationalisme complet de la relativité et le rationalisme discursif ou le surrationalsime[621]. Sa culture sur la notion de masse se disperse sur ces cinq philosophies selon un ordre consécutif où à la base il y a le réalisme et au sommet le surrationalisme. C'est-à-dire que la connaissance sur la notion de masse se fait dans un enchaînement consécutif de ses philosophies dans l'ordre qu'il a établi. Comme nous l'avons déjà vu, c'est un ordre génétique, ontologique à la constitution même d'un objet scientifique ; c'est le phénomène qui impose cet ordre. Le concept de masse s'appréhende selon cinq niveaux de connaissance qui montrent chacun un aspect spécifique du concept. Cet ordre montre qu'il y a un côté riche et un côté pauvre de la notion de masse. Mais commençons par le côté riche celui du rationalisme. En effet, la notion rationaliste de masse renvoie au fait qu'on inclut une certaine dialectique entre les mathématiques et la physique pour comprendre ce qu'est la masse. La notion est saisie dans un dispositif

[621] Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, (1940), Paris, Quadrige/Puf, 2012, p.43.

mathématique. Ainsi, la masse en tant que notion physique devient une notion fortement mathématisée. Sans les éléments mathématiques, il serait très difficile de saisir ce qu'est la masse. La masse est une notion qui s'inscrit dans le sillage du rationalisme classique de la mécanique de Newton. A ce stade, la notion de masse apparaît comme une notion claire, épurée, qui se comprend facilement, et pourtant elle demeure une notion rationnelle, construite mathématiquement. Ce rationalisme clair peut faire obstacle à l'accessibilité à un niveau supérieur de la notion de masse, car « notre rationalisme simple entrave notre rationalisme complet surtout notre rationalisme dialectique [622]». Cela veut dire qu'il peut y avoir une véritable difficulté à passer d'une philosophie à une autre. La première philosophie connue peut empêcher de faire un pas de plus dans la compréhension de la notion. Elle freine ainsi le progrès culturel de l'individu. Ce qu'on sait antérieurement peut empêcher d'accéder à de nouvelles connaissances. En d'autres termes, une notion claire, rationnelle, peut être une entrave à la connaissance. Même quand une notion scientifique est fortement mathématisée, il y a d'autres niveaux rationnels auxquels accéder comme le rationalisme dialectique ou le surrationalisme. Ce que Bachelard veut dire ici, c'est qu'un individu qui a atteint le niveau du rationalisme classique de la notion de masse, ne peut être assuré d'avoir une connaissance complète de la masse. Il faut qu'il atteigne le niveau du rationalisme dialectique. C'est le palier qui clôture la connaissance de la masse. L'analyse spectrale appliquée à un individu permet ainsi d'identifier les niveaux de connaissance que cet individu a sur la notion de masse. L'analyse du spectre philosophique, appliquée à l'enseignant et à l'enseigné, vise à identifier les différentes conceptions ou représentations que ces derniers ont sur la notion de masse et de critiquer dans un second temps ces représentations, c'est-à-dire de voir si elles correspondent aux représentations objectives de la notion de masse. C'est seulement après avoir établi cette correspondance qu'il est possible de remplacer la représentation subjective par la connaissance objective sur la notion. Là, l'esprit vit véritablement un progrès cognitif.

Examinons maintenant ce qu'il en est de la notion de masse lorsqu'on l'envisage du côté pauvre de la culture[623], c'est-à-dire sous sa forme empirique, réaliste et animiste. La masse envisagée du point de vue empirique renvoie à ses différents usages empiriques. Quand on fait un usage empirique de la notion de masse, on emploie seulement l'aspect empirique de la masse. En effet, le concept empirique de la notion de masse renvoie au fait qu'on utilise une machine pour traduire la masse de façon concrète[624]. Quand on fait usage des instruments de

[622] Gaston BACHELARD, *Op cit.,* p.44.
[623] Gaston BACHELARD, *Ibid.,* p.44.
[624] Gaston BACHELARD, *Ibid.,* p.26.

mesure pour déterminer la masse, on fait référence à la notion empirique de la masse. Il s'agit essentiellement de l'usage de la balance. C'est un instrument concret, pragmatique qui paraît nous dire clairement ce qu'est la masse. Cet appareil nous dit que la masse est une réalité grossière. C'est-à-dire une quantité de matière palpable qui évoque le gros ou le petit. La notion de masse dans sa dimension empirique confirme l'usage animiste de la masse comme quantité de matière. Avec la balance, on pense avoir une idée claire de la notion de masse, parce qu'elle mesure avec précision la quantité de matière. A cet égard, la notion empirique de masse se rapproche aussi de la notion réaliste de la masse. En d'autres termes, lorsqu'on envisage la masse d'un point de vue empirique, on débouche inévitablement sur la notion de masse dans sa dimension réaliste. Car la pensée réaliste est si prégnante et tenace qu'elle cherche toujours des explications dans le flux massif des analogies ou des métaphores. C'est ainsi qu'on emploie des métaphores pour désigner la masse. C'est pourquoi Bachelard constate, à propos de sa culture, que même pour un concept aussi évolué que celui de masse, il subsiste des traces de réalisme naïf[625].

Pour Bachelard, quand on fait usage des métaphores pour définir la masse, on fait un usage réaliste de la masse. Cependant, il montre que les usages empirique et réaliste de masse peuvent être des entraves à la saisie d'une connaissance objectivement rationnelle sur la notion de masse, en ce sens que la balance et les métaphores n'enseignent pas ce qu'est véritablement la masse dans une perspective rationaliste. C'est pourquoi, dans le cadre de l'apprentissage d'un concept scientifique, l'application de l'analyse du profil épistémologique à un esprit particulier comme l'élève est très importante, dans la mesure où cette analyse permet d'identifier les conceptions ou les idées empiriques et réalistes que cet élève peut avoir sur la masse, avant de lui transmettre la connaissance objective de la notion de masse. C'est cela qui ressort clairement de cette affirmation de Bachelard : « avant de s'engager dans la connaissance objective quelconque, l'esprit doit être psychanalysé non seulement en général mais aussi au niveau de toutes les notions particulières [626]». Il est nécessaire d'examiner au préalable sa culture relative à un phénomène, c'est-à-dire de faire ressortir les représentations *a priori* qu'on a sur l'ensemble de ce phénomène mais aussi sur des éléments particuliers de ce phénomène. C'est seulement à cette condition qu'on peut véritablement connaître ce phénomène indépendamment des perceptions subjectives sur ce phénomène. Car une culture peut toujours renfermer des erreurs, des connaissances mal faites, qui peuvent s'opposer à des vues objective ou matures du concept.

[625] Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, (1940), Paris, Quadrige/Puf, 2012, p.45.
[626] Gaston BACHELARD, *Ibid*., p.25.

C'est pourquoi, tout esprit ou individu qui voudrait acquérir une connaissance objective, doit d'abord être psychanalysé afin d'identifier les connaissances mal faites qu'il possède. Cette psychanalyse nous dit Bachelard n'est rien d'autre que l'analyse spectrale philosophique appliquée à la culture de cet individu. On comprend par là que le profil épistémologique lorsqu'il est appliqué à un esprit particulier, il fait ressortir les erreurs, les idées mal faites comme les représentations empiriques, réalistes, animistes que cet esprit a sur un concept désigné.

Du point de vue, pédagogique cela signifie que tout individu qui veut apprendre un concept scientifique doit avant tout être psychanalysé. Avant d'enseigner un concept scientifique à un apprenant, il faudrait d'abord déceler les représentations erronées que ce dernier a sur la notion enseignée. Il est nécessaire d'identifier au préalable les connaissances mal faites (ses vues empiriques, animistes et réalistes) afin de les surmonter en lui transmettant le savoir objectif concernant la notion à enseigner. C'est donc le profil épistémologique appliqué à l'esprit de l'élève qui fait émerger les connaissances mal faites. Cela prend la forme d'un questionnement précis à l'endroit de l'apprenant et aussi de l'apprenant envers l'enseignant. Cette dialectique du questionnement fait ressortir ainsi les idées *a priori* de l'élève. La question qu'il adresse à l'enseignant peut révéler une idée empirique de la notion de masse par exemple. De même, la réponse qu'il apporte à la question de l'enseignant peut montrer sa représentation animiste ou réaliste de la notion d'énergie par exemple. Les questions de l'enseignant peuvent correspondre à des niveaux de conceptualisations bien précises du concept à enseigner. Un profil épistémologique appliqué à l'esprit de l'élève, met en lumière les diverses représentations que ce dernier a sur un concept enseigné, avant de lui transmettre la connaissance objective de ce concept. Cette opération psychanalytique permet ainsi d'éviter de mettre sur le même niveau les connaissances objectives et les idées mal faites dans l'esprit de l'élève. La constitution de la notion à enseigner doit tenir compte des potentielles idées des élèves, c'est-à-dire partir de ce qu'ils savent déjà pour leur enseigner la notion retenue.

Voici en quelque sorte ce que l'on peut actuellement retenir de l'analyse spectrale philosophique appliquée à un esprit particulier. Dans la constitution des savoirs scientifiques scolaires, il est nécessaire d'identifier, par le profil épistémologique, les représentations de l'apprenant face à telle ou telle notion particulière à enseigner. En résumé, la notion de profil épistémologique appliquée à un individu permet la constitution de la notion enseignée, dans la mesure où elle dessine les différentes philosophies, c'est-à-dire les diverses représentations que cet individu pourrait avoir sur la notion en question. Et c'est par une situation de questionnement que l'on fait émerger ces différentes représentations *a priori* de la notion. Comme nous l'avons vu, dans un contexte pédagogique c'est à l'enseignant de construire un tel dispositif

pour identifier les vues de l'élève avant de lui transmettre la connaissance objective du concept à enseigner. On comprend par là que pour faire un profil épistémologique d'un concept désigné ou d'un esprit particulier, il faut faire usage d'un questionnement critique. Il s'agit donc d'un examen critique de la connaissance relative à un phénomène particulier, qu'elle soit objective ou subjective. Du côté de l'objet ou de la connaissance objective, il s'agit des différentes connaissances valides produites sur cet objet. Du côté de l'individu, il s'agit de la culture qu'il possède sur une notion particulière. Mais, cette culture *a priori* peut être une véritable entrave à la connaissance objective ou au progrès cognitif de l'individu. Il y a donc ici, selon Bachelard, un lien étroit entre la notion de profil épistémologique et la notion d'obstacle épistémologique[627].

II-2 L'application de la théorie des trois mondes

II-2.1 Enseigner dynamiquement une théorie scientifique

Enseigner dynamiquement une théorie scientifique signifie transmettre à l'élève la véritable image d'une théorie scientifique. C'est-à-dire enseigner ce qu'est véritablement la théorie en question, ce qu'elle traite véritablement, à savoir son objet, le problème principal, et les solutions qu'elle propose. En effet, l'authenticité d'une théorie scientifique renvoie à la nature même de cette théorie. Car, toute théorie scientifique renferme toujours un inconnu, qui malheureusement, n'est pas souvent pris en compte dans la pratique de l'éducation scientifique. Quand, il s'agit d'enseigner une théorie scientifique, on ne présente le plus souvent que ce qui va, et ce qui ne va pas est totalement exclut du processus de l'apprentissage de la théorie en question. Cette exclusion montre qu'on n'enseigne pas la théorie dans sa totalité. Or comme le montre la théorie des trois mondes, les théories scientifiques en tant que production de l'esprit humain, renferment nécessairement des traces non élucidées (comme les erreurs, ou même des problèmes jamais identifiés[628]). Dans ce cas, l'apprentissage d'une théorie scientifique doit tenir compte à la fois de son bien-fondé et des limites qu'elle renferme. Il s'agit de faire ressortir les difficultés que cette théorie contient. Dans cette perspective, l'apprenant acquiert une vision non absolue de la théorie enseignée. Ainsi, en constituant la matière ou la théorie à enseigner, le pédagogue didacticien devrait mettre en lumière dans son enseignement, les solutions que la théorie apporte, mais aussi les limites qu'elle renferme. De ce fait, enseigner dynamiquement

[627] Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, (1940), Paris, Quadrige/Puf, 2012, p.51.
[628] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.267.

une théorie scientifique c'est transmettre en même temps ce que la théorie permet de comprendre, c'est-à-dire son apport quant à la course à la recherche des solutions d'un problème donné, mais aussi ses limites ou les erreurs qui sont les siennes. Cela signifie d'une part que cette théorie a vécu des ruptures ou des réfutations épistémologiques, d'autre part qu'elle suscite à nouveau des difficultés ou des limites. Une théorie renferme deux types de limites : celles qu'elle a transcendées afin de parvenir à la solution qu'elle propose, et celles qu'elle engendre elle-même. Dans tous les cas, ces deux types de difficultés doivent être pris en compte dans la constitution d'une théorie scientifique en tant que théorie scientifique enseignée. Pourquoi, enseigner les limites d'une théorie scientifique enseignée ? Deux raisons peuvent être évoquées. La première est d'ordre ontologique. Il s'agit d'amener l'apprenant à avoir une image dynamique de la science enseignée, de connaître ce qu'est véritablement la science, de telle sorte qu'il ait une vision non dogmatique de la science. La seconde raison relève du monde 2. Il s'agit de développer des expériences subjectives de la pensée autre que la mémorisation, les démonstrations de calcul. Il s'agira par exemple de développer chez l'apprenant les capacités à critiquer un savoir ou une solution reçue, de formuler des hypothèses, d'élaborer des tests. L'apprentissage dynamique d'une théorie scientifique, selon la théorie des trois mondes, s'effectue par la transmission du bien-fondé et des limites de la théorie, afin que les élèves aient une vision non dogmatique de la théorie en question.

II-2.2 L'apprentissage des problèmes scientifiques

Outre les théories, les problèmes sont aussi des contenus scientifiques à enseigner. D'après la théorie des trois mondes, enseigner la science par les problèmes scientifiques, signifie faire connaître aux élèves les divers problèmes impliqués dans la notion enseignée[629]. En effet, chaque notion scientifique enseignée est toujours liée à un certain nombre de problèmes spécifiques, car aucune notion scientifique n'est élaborée par pure fantaisie. C'est souvent un problème qui est au fondement d'une notion scientifique donnée. C'est pourquoi, il est important d'enseigner les problèmes scientifiques aux élèves. Cela permet de comprendre le pourquoi d'une notion ou d'une théorie scientifique. Ainsi, l'enseignement scientifique par problèmes scientifiques permet de transmettre aux élèves une véritable vision de la science, c'est-à-dire la science est résolution des problèmes et non simplement une description de la nature. C'est dans cette optique que Popper dit : « les sciences de la nature, […] partent toujours de problèmes ;

[629] Il ne s'agit d'un exposé dogmatique des problèmes scientifiques, mais d'une activité critique ; faire ressortir les problèmes par la critique.

elles partent du fait que quelque chose suscite notre étonnement, comme le disaient les philosophes grecs [630]». Par problème, on entend ce qui nous étonne, c'est-à-dire les phénomènes naturels qu'on n'arrive pas à comprendre simplement par observation. Il s'agit des questionnements qu'on se pose au sujet de la nature. C'est de ces questionnements que naissent des théories, des notions scientifiques qui sont des objets du monde 3. Certes, les sciences empiriques ou de la nature étudient la nature, mais il ne s'agit pas simplement de décrire les phénomènes, plutôt de les comprendre, de percer les secrets de l'univers en les expliquant. Et chercher à connaître la nature, à percer ses secrets, c'est-à-dire à l'expliquer, c'est déjà faire preuve d'un effort de rationalisation de la nature. Même quand, un problème empirique apparaît dans la nature, c'est toujours à l'aide des théories déjà existantes ou à inventer que ce problème est appréhendé. C'est ainsi que, la théorie des trois mondes met le problème à la base des apprentissages des scientifiques.

L'enseignement des problèmes scientifique prend deux formes. Il s'agit d'une part d'une genèse épistémologique des différents problèmes scientifiques qui sont liés à la notion à enseigner, d'autre part il s'agit d'apprendre aux élèves à construire, à formuler les problèmes scientifiques. Dans le premier cas, on ne commence pas par décrire ontologiquement la notion, mais on fait une sorte d'histoire épistémologique de la notion. C'est-à-dire qu'on commence par l'exposition des problèmes qui sont au fondement de la notion. Il s'agit d'identifier le principal problème qui a donné lieu à la notion, et ensuite les problèmes auxiliaires qui en découlent. Chaque notion naît toujours dans un contexte gnoséologique déterminé. Il y a toujours un problème principal qui est à la base de l'élaboration ou de la construction d'une notion scientifique donnée. Mais au-delà de ce contexte de base, la notion engendre aussi d'autres problèmes auxiliaires. Ceux-ci sont aussi importants pour comprendre la notion. L'avantage d'un enseignement scientifique par les problèmes, c'est d'exposer tous ces problèmes selon la constitution progressive de la notion. C'est à ce stade que les différentes difficultés que la notion a traversées sont visibles. Alors que la description ontologique de la notion n'expose pas avec précision les ombres de la notion. Elle montre seulement ce qui fonctionne. Ainsi, ce qui paraît important dans l'enseignement des sciences, ce n'est pas tant les notions ou les théories à enseigner, mais les problèmes qui les ont engendrées, « car on devrait toujours discuter les théories en gardant présents à l'esprit les problèmes qu'elles sont susceptibles de résoudre [631]». Chaque théorie ou concept scientifique vise toujours à résoudre un problème, une difficulté qui sont antérieurs à

[630] Karl POPPER, *Toute vie est résolution des de problèmes*, (1997), Paris, Actes sud, 1997, p.13.
[631] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.257.

la théorie. Le problème précède la théorie. On n'a jamais inventé une théorie sans un problème précis à résoudre. Ainsi, faire connaître à l'élève les divers problèmes qui se rattachent à la notion enseignée, c'est le mettre au cœur même de l'activité scientifique, c'est l'amener ou l'inciter à saisir la science dans ces fondements épistémologiques. La théorie poppérienne (des trois mondes) montre que les problèmes scientifiques sont, autant que les théories, des contenus ou des savoirs scientifiques à enseigner. Et, l'enseignement ou l'apprentissage de la science par les problèmes scientifiques permet de saisir la science à sa source même.

L'enseignement des problèmes scientifiques ne se limite pas seulement à présenter à l'élève les différents problèmes scientifiques liés à une notion enseignée. Car, l'enseignement des sciences en général ne consiste pas seulement à transmettre une information, il consiste aussi à développer des compétences, des aptitudes et même des attitudes scientifiques chez les jeunes esprits. C'est dans cette optique que l'enseignement des problèmes consiste aussi à apprendre aux élèves à construire des problèmes scientifiques par eux-mêmes. Ici, ce qui est demandé au jeune esprit, c'est la capacité à chercher de nouveaux problèmes à partir de la notion à apprendre. Cela veut dire qu'à partir d'une notion enseignée, l'élève est appelé à exercer son questionnement, sa critique sur la notion enseignée, à découvrir des problèmes qui ne lui ont pas été enseignés. Cela n'est possible qu'en partant du monde 2, c'est-à-dire d'un point de départ matérialiste[632]. La recherche des nouveaux problèmes par l'apprenant doit commencer par des aspects matériels de la notion. Par exemple, la quête des nouveaux problèmes sur la notion de vitesse par l'apprenant, peut partir de l'observation de deux athlètes en pleine de course de vitesse. Cette observation va donner lieu à des questionnements de tout ordre, qu'il va falloir formaliser. Il s'agit de formaliser les questionnements de l'apprenant et non le fait empirique pur observé. Cette formalisation constitue la base sur laquelle toute l'activité va se dérouler. Cela prend en définitive la forme d'une discussion ou une confrontation des problèmes formulés par l'apprenant avec ceux qui lui ont été enseignés. Cette discussion permet d'identifier les problèmes de l'apprenant qui peuvent être considérés comme innovant, fructueux, c'est-à-dire des problèmes qui ouvrent véritablement des pistes de recherche nouvelles, qui indiquent de nouvelles directions qui peuvent conduire à de nouvelles connaissances sur la notion de vitesse. Il s'agit en réalité d'un apprentissage à la formulation des problèmes par les élèves.

[632] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.258.

Conclusion

Il est désormais acquis que Bachelard et Popper n'ont pas la même sensibilité philosophique. On sait que Popper s'inscrit généralement dans une approche logique ou objectiviste des problèmes qu'il traite[633]. Tandis que Bachelard fait généralement une analyse historico-psychanalytique. Que Bachelard soit méfiant envers le logicisme, cela ne fait aucun doute. Cependant une lecture croisée de deux de leurs textes de maturité montre un rapprochement de fond entre les deux auteurs. Autrement dit, sur la question de la constitution des savoirs dynamiques, la pensée bachelardienne et la pensée poppérienne semblent se rejoindre dans une même sensibilité psychologique : les outils épistémologiques qu'ils mobilisent pour la constitution des contenus des concepts ou théories scientifiques s'inscrivent dans une logique psychologique.

Dans *La quête inachevée*, Popper développe la théorie des trois mondes pour analyser les contenus de pensée à partir des mécanismes psychiques. Les énoncés, les concepts sont d'abord des productions de l'esprit même s'ils finissent par devenir objectifs. Popper fait une analyse psychologique de la production des savoirs. Cette analyse finit par déboucher sur une considération objectiviste et logique de nos idées. Réciproquement dans *La philosophie du non,* Bachelard développe la notion de « profil épistémologique » d'un concept scientifique. Il s'agit d'analyser les différentes conceptions philosophiques qu'on peut avoir sur un concept. Cette analyse, même si elle conserve un aspect subjectif, débouche curieusement sur un aspect objectiviste : décrire la structure philosophique du concept scientifique. La théorie des trois mondes et la notion de profil épistémologique traduisent le processus de conceptualisation d'une pensée ou d'une idée, c'est-à-dire les différentes étapes par lesquelles un concept ou une connaissance se constitue. Cela permet de ne pas présenter le savoir constitué comme un résultat qui a toujours été parfait mais comme le fruit d'une longue activité de construction qui est passée par plusieurs rectifications ou corrections de l'erreur : les raisonnements, les concepts et les théories scientifiques enseignées sont passés par plusieurs étapes jusqu'à leurs maturations.

Selon nous, le dialogue entre la notion de profil épistémologique et la théorie des trois mondes est un principe épistémologique essentiel pour un enseignement fécond de la science, dans la mesure où ce rapprochement permet de construire un savoir scolaire dynamique. Mieux enseigner la science c'est aussi transmettre un savoir scientifique non dogmatique. L'approche

[633] Alain FIRODE, « Epistémologie et pédagogie chez Gaston Bachelard et Karl Popper »,

psychanalytique de Bachelard et l'approche logique de Popper définissent à la fois la méthode adéquate et le processus pour construire un savoir scolaire conforme à l'activité de la science.

CHAPITRE IX : EPISTEMOLOGIE CRITIQUE ET PSYCHOPEDAGOGIE

Introduction

Au-delà de leurs implications purement pédagogiques, les positions épistémologiques critiques bachelardienne et poppérienne débouchent aussi sur des conséquences psychopédagogiques. Certes la psychopédagogie est un terme que Bachelard et Popper n'emploient pas explicitement, néanmoins dans leurs œuvres respectives on peut identifier des éléments relevant de ce terme. Telle est la position que nous entendons examiner ici autour d'une question centrale : quel lien entre psychologie et pédagogie ? L'enseignement de la science par la critique s'inscrit-elle en définitive dans le rapport pédagogie-psychologie ?

Malgré son approche logique ou son épistémologie sans sujet connaissant, une lecture approfondie de la liaison entre l'œuvre de jeunesse et de maturité de Popper permet de voir que, dans le processus de construction de la connaissance, il analyse le sujet connaissant et il cherche à rendre compte de ce qui se passe en lui[634]. Il traite par exemple les questions de mémoire, il examine l'esprit humain, etc. La situation bachelardienne est similaire. L'auteur de *La formation de l'esprit scientifique* analyse la nature de l'esprit de l'apprenant, la mémoire, mais aussi des éléments émotionnels (curiosité, intérêt, plaisir, envie, amertume, etc.)[635]. Peut-on dire que chez les deux auteurs l'enseignement critique de la science trouve en définitive toute sa valeur dans la prise en charge de la personne, en vue de surmonter les difficultés rencontrées dans l'acte d'apprendre et d'enseigner ?

Nous analyserons les accords et les désaccords entre Bachelard et Popper sur les liens entre psychologie et pédagogie dans la perspective d'un enseignement efficace et fécond des sciences. Ainsi, nous examinerons tout d'abord la théorie de la mémoire, puis la théorie de l'esprit. C'est là que nous verrons que les théories pédagogiques de Bachelard et de Popper s'ancrent dans une approche théorico-pratique, car elles prennent en charge les réels problèmes d'éducation et d'enseignement des sciences.

[634] Karl POPPER, *La connaissance objective*, (1979) Paris, Flammarion, 1998, p.245-293.
[635] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, 1938, Paris, 1993.

I - THEORIE DE LA MEMOIRE ET ENSEIGNEMENT DE LA SCIENCE

La psychopédagogie chez Bachelard et Popper se caractérise par une théorie de l'esprit et par une théorie de la mémoire, car l'apprentissage dépend aussi de la manière dont on conçoit l'esprit de l'apprenant et de comment fonctionne la mémoire. Quel en est l'impact sur la manière de faire apprendre la science ? Comment Bachelard et Popper conçoivent-ils la mémoire ? On verra que la conception de la mémoire détermine la manière dont on conçoit l'enseignement de la science.

I-1 La dynamique d'une mémoire efficace

I-1.1 La théorie poppérienne de la mémoire

En critiquant la pédagogie empiriste traditionnelle, on pourrait penser que Popper rejette la mémoire, ou du moins n'accorde aucune valeur à la mémoire dans l'apprentissage de la science. La pédagogie traditionnelle se caractérise aussi par la mémorisation ; mais cette mémorisation est essentiellement dogmatique, statique, figée, contrairement à la mémorisation dynamique que développe Popper. En réalité, il accorde une grande importance à la mémoire dans l'apprentissage. Le problème de la mémoire ainsi envisagé est au cœur même de l'apprentissage :

> C'est la question des contenus et aussi cette autre question, qui lui est intimement liée de savoir comment on grave ce contenu dans les mémoires et comment on l'y retient ; et la question de cette imprégnation, c'est la question de la mémoire et on peut la désigner à juste titre (en sens strict) comme la 'question de l'apprentissage'[636].

Le problème de la mémoire est donc au fond un problème de l'apprentissage, celui de savoir comment graver et y retenir des contenus d'apprentissage dans la mémoire. Ainsi, Popper développe une conception dyamique de la mémoire, c'est-à-dire une mémoire autonome, libre. La question est donc de savoir comment « cultiver la mémoire en toute autonomie », autrement dit comment graver et retenir les contenus dans la mémoire ? De façon concrète, comment l'enseignant peut contribuer à fixer véritablement les contenus dans la mémoire de l'élève sans dogmatisme ?

La conception poppérienne de la mémoire émane en partie de ses travaux épistémologiques et de la conception de la mémoire de l'*Arbeitschule*. Ainsi, le problème principal que Popper traite est celui de savoir comment éduquer la mémoire, c'est-à-dire comment perfectionner sa mémoire, ou du moins comment graver efficacement les contenus dans la mémoire.

[636] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte*, 2008, Paris, Rue d'Ulm, 2019, p.167.

Cependant, il ne s'agit pas de la mémoire mécanique de la *Lernschule*, mais de la mémoire judicieuse que doit cultiver l'*Arbeitschule*. Pour traiter ce problème fondamental, Popper commence d'abord par examiner la question de savoir comment fonctionne la mémoire (judicieuse). Dans *Apprentissage et découverte, écrits de jeunesse*, il écrit:

> « La mémoire judicieuse fonctionne de manière différente de ce que l'on admettait précédemment, à l'époque où l'on représentait la mémoire comme un contenant de représentations (ou plus exactement : le contenant des dispositions visant à reproduire des représentations). De façon générale, les représentations (leur matière, leur contenu) ne nous semblent plus aujourd'hui chargées de sens que peuvent l'être les opérations typiques caractérisant ce que l'on peut faire grâce à elles ; ces opérations constituent à vrai dire la façon particulière que la mémoire judicieuse à de fonctionner [637]»

La mémoire judicieuse ne fonctionne pas comme la mémoire classique : avant la mémoire était considérée comme un contenant. Or avec la nouvelle pédagogie de l'*Arbeitschule*, la mémoire judicieuse fonctionne différemment. Elle n'est plus un simple contenant, mais une activité d'opérations typiques. Autrement dit la mémoire judicieuse fonctionne en termes d'opérations et non en termes de représentations et grave les contenus en établissant des relations. La mémoire sert donc à nouer des liens de manière à ce que s'y dégage au final du sens ou de la signification ; c'est pourquoi des contenus qui n'ont pas de sens à la base peuvent s'inscrire dans un contexte sémantique intéressant. La mémoire grave des contenus en établissant des relations logiques et de similitude entre des choses, de manière à ce que cela fasse sens. C'est ainsi que Popper affirme : « l'intellect opère en gravant les choses dans la mémoire par la recherche et l'élaboration de diverses relations et variées d'opposition et d'identification – en bref, nous faisons émerger un ordre au sein du contenu de mémoire[638]». L'intellect est une opération mentale ou une fonction de l'esprit consistant à établir des liens, des relations entre des choses afin de les saisir, de les comprendre. Ainsi, c'est par ces relations d'opposition et d'identification que l'intellect grave des choses dans la mémoire.

Quant aux relations d'identification, elles renvoient à des liens de similitudes consistant à associer, à rapprocher deux choses. Ce sont ces relations qui permettent de construire des contenus. Il en résulte que la mémoire a pour fonction l'élaboration des relations d'opposition et d'identification pour graver des contenus. Cela signifie que pour Popper la mémoire n'est pas simplement une bassine, mais un organe de la pensée consistant aussi à reproduire des choses dans un ordre déterminé : la production du sens. Ainsi, apprendre un contenu, c'est mettre en œuvre toute une opération mentale en établissant des relations entre les choses qui constituent

[637] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte*, 2008, Paris, Rue d'Ulm, 2019 p.179.
[638] Karl POPPER, *Ibid.*, p.180.

ce contenu. La mémoire pour Popper est un organe de la pensée qui a pour fonction de reproduire mentalement les choses, si bien que mémoriser c'est tout d'abord construire en constituant du sens. Comment graver les contenus dans la mémoire ? Autrement dit, comment un apprenant peut-il efficacement apprendre une matière par la mémoire ?

Selon Popper la reconstitution est la méthode efficace pour graver des choses dans la mémoire. Cette méthode consiste à reproduire des choses selon une procédure spécifique où l'activité du sujet est fondamentale. Il s'agit d'agir en toute conscience, c'est-à-dire selon un plan ou un schéma de pensée. Le sujet fournit un effort, travaille laborieusement à graver un contenu dans sa mémoire. Il travaille selon un plan le contenu de fond en comble, étape par étape, afin de parvenir à la reconstitution de la matière. Ainsi, reconstituer est une reproduction complète du matériau ; et cette reconstitution est essentiellement mentale parce qu'il s'agit de graver dans la mémoire. L'effort du sujet est donc à la base de la reconstitution. C'est dans cette optique que Popper dit : « dans le processus consistant à graver les choses dans la mémoire, c'est l'activité qui est décisive [639]». Autrement dit, c'est le travail conscient que le sujet met en place qui est déterminant dans la méthode de reconstitution de la gravure des choses dans la mémoire. « Ce processus [poursuit Popper] constitue un travail de la pensée, celui de les graver. En tant que c'est un travail de la pensée par usage conscient de la méthode et suivant un plan, cette gravure prend la forme d'un progrès susceptible d'éveiller l'intérêt et de susciter la joie[640]». L'importance de cette gravure consciente, c'est qu'elle amène le sujet à s'intéresser à l'apprentissage de la matière qu'il doit reconstituer et elle procure de la joie, c'est-à-dire le plaisir à graver les contenus lorsqu'on parvient à progresser dans la procédure, c'est-à-dire quand on arrive à la reproduction complète et adéquate du contenu. Cela est équivalent à la satisfaction qu'on ressent quand on parvient à comprendre une idée, une thèse après un long travail laborieux. Ce plaisir n'est pas forcément celui de la matière elle-même, mais celui d'avoir abouti à la fin du processus, d'avoir réussi ce processus de reconstitution. Ce que Popper veut dire ici, c'est que la reconstitution est une manière d'apprendre laborieusement, parce que cela demande un effort considérable qui procure en définitive de la joie et de l'intérêt pour le contenu[641]

Revenons sur la procédure de reconstitution. « Tout d'abord, [dit Popper], on travaille naturellement un contenu de savoir à fond, c'est-à-dire en entier, de bout en bout [642]». Cette

[639] Karl POPPER, *Op cit.*, p.180.
[640] Karl POPPER, *Ibid.*, p.181.
[641] C'est précisément ce que BACHELARD dit une continuité de l'école, un élan psychique d'apprentissage, qui continue malgré les difficultés rencontrées. Cette démarche est elle-même une source de motivation.
[642] Karl POPPER, *Op cit.*, p.182.

étape de la reconstitution est essentiellement matérielle. Il s'agit de lire, d'écrire, de dessiner, etc., bref, de former un schéma de pensée, c'est-à-dire de faire la structure, de définir toutes les étapes qui constituent le matériau à graver. A l'issue de cela, on expose toujours matériellement le schéma ou le plan, afin d'avoir une vue d'ensemble. Après cette étape de travail préalable, on peut maintenant commencer la reconstitution mentale consistant à reproduire par la pensée notre matériau point par point, selon le schéma de pensée établi. Cette première reconstitution laisse des places libres qu'il faudrait remplir en relisant le matériau. C'est seulement à ce moment-là que la gravure dans la mémoire commence effectivement à se faire petit à petit. En continuant cette procédure, on parvient à la reconstitution complète et conforme du contenu sans places vides. A ce stade de la possession de la mémoire du matériau, on peut reproduire ce dernier à notre guise ; par exemple, à partir d'un point, on peut reproduire le matériau entièrement. Cela est possible parce qu'on a acquis la mémoire petit à petit par le remplissage des places libres.

De ce fait, la mémoire judicieuse rentre dans un processus de mécanisation. Celle-ci consiste à raccourcir le long temps que l'élève met à graver le contenu dans sa mémoire. Il reproduit mécaniquement la matière, cette fois-ci sans passer par le travail préalable du remplissage des places libres point par point. Cette reproduction est une manière de construire le sens de la matière à retenir, car la reconstitution de la matière se fait par petit bouts. Ce qui conduit à la saisir dans les moindres détails en fonction des relations d'opposition et d'identification. Ainsi, apprendre par la mémoire, revient à reconstituer consciemment et selon un plan un contenu afin de parvenir à sa pleine possession, à sa maitrise. C'est ainsi que cette méthode constitue une procédure essentielle qui permet de surmonter les difficultés d'apprentissage et de susciter le plaisir d'apprendre une matière chez l'élève. Par ailleurs, la reconstitution est une démarche de gravure mémorielle qui se distingue par la plasticité, c'est-à-dire qu'elle peut s' « adapter à divers contenus » et être combinée à d'autres méthodes[643]. Il reste à savoir ce qu'il en est de la théorie bachelardienne de la mémoire et de son implication pédagogique dans l'enseignement de la science. Rejoint-elle les conclusions de l'approche poppérienne, ou s'en démarque-t-elle quant à la définition d'un enseignement efficace et fécond des sciences ?

I-1.2 La théorie bachelardienne de la mémoire

[643] Karl POPPER, *Op cit*., p.185.

Tout comme Popper, Bachelard critique l'enseignement de la science qui met l'accent sur l'apprentissage par la mémoire, c'est-à-dire par la mémorisation dogmatique des connaissances scientifiques. Il considère cette manière d'apprendre ou de faire apprendre la science comme une véritable entrave à la formation de l'esprit scientifique, parce qu'elle ne tient pas compte des difficultés d'apprentissage liées à la mémorisation. Cependant, sa critique de la mémorisation ne signifie pas qu'il n'accorde pas de valeur à la mémoire. En réalité, la théorie de la mémoire occupe une place importante dans le rationalisme dialectique. La critique bachelardienne ne se contente pas de détruire l'opinion commune sur la mémoire, au contraire elle est une véritable entreprise de construction d'une conception dynamique de la mémoire, dont les implications pédagogiques sont intéressantes, notamment dans l'optique de surmonter les difficultés d'apprentissage. La mémoire est-elle un espace de stockage ou au contraire sa fonction est-elle tout autre ?

Communément la mémoire est perçue comme un réceptacle, c'est-à-dire comme un espace de stockage des informations, c'est-à-dire les données empiriques ou théoriques. Son rôle consiste seulement à revoir ses données et à les retenir aussi longtemps que possible. Cela veut dire que l'acte de mémoire est d'abord un acte de rétention des informations. Et cela se manifeste par la restitution d'un évènement passé. Cette restitution n'est qu'une formalité, car l'élément restitué est bien rangé quelque part dans la mémoire, il suffit donc de le prendre et de l'extérioriser. Si on n'arrive pas à faire la restitution (l'extériorisation), c'est que la mémoire est vide, qu'elle n'a rien enregistré. Par exemple, lorsqu'un élève n'arrive pas à restituer une formule mathématique enseignée en classe, cela signifie qu'il ne l'a pas enregistrée dans sa mémoire, elle n'existe pas dans sa mémoire ; de plus cette mémoire est spontanée et hasardeuse. Autrement dit la restitution est en réalité un surgissement inopiné d'un évènement qui ne recouvre pas une véritable décision. Or c'est contre cette mémoire spontanée, hasardeuse, que Bachelard s'insurge. Il dit à juste titre que « la mémoire ne se réalise donc pas d'elle-même, par une poussée intime [644]». La mémoire ne parvient pas par elle-même à restituer un évènement, en partant d'elle-même comme si l'évènement existait éellement en elle. Toute remémoration, c'est-à-dire toute restitution d'un évènement passé est toujours déclenchée par des éléments extérieurs. L'évènement que la mémoire semble en rendre compte est en réalité construit par la mémoire et la raison.

Cela sous-entend que Bachelard ne conçoit pas la mémoire comme un espace de stockage, mais comme une fonction de l'esprit consistant à produire ou à reproduire les souvenirs,

[644] Gaston BACHELARD, *La dialectique de la durée*, 1950, Paris, Puf, 2019, p.51.

c'est-à-dire les évènements passés. Produire ou reproduire est bel et bien distinct de restituer. La restitution suppose que l'action est présente et bien disposée dans un tiroir de la mémoire, alors que la production signifie créer quelque chose qui n'existe pas encore. L'action remémorée n'est pas présente dans la mémoire, elle n'est pas rangée quelque part dans un coin, elle est plutôt réalisée, créée par la mémoire. Ainsi, la mémoire s'ancre dans une corrélation conceptuelle où les notions d'évènement, de passé, d'avenir, de durée, d'image et de souvenir sont liées. Dans *La dialectique de la durée*, Bachelard écrit :

> « Ainsi le souvenir est un ouvrage souvent difficile, ce n'est pas une donnée. Ce n'est pas un bien disponible. On ne peut le réaliser qu'en partant d'une intention présente. Aucune image ne surgit sans raison, sans association d'idées. Une psychologie plus complexe devrait, semble-t-il, souligner les conditions rationnelles ou occasionnelles du retour sur le passé. En particulier, la psychanalyse aurait intérêt à mettre l'accent sur l'importance présente des traumatismes passés [645]».

Pour Bachelard, si la mémoire n'est pas un espace de stockage, alors le souvenir n'est pas une donnée disponible et présente dans la mémoire, comme on l'envisage souvent, notamment dans le platonisme (la réminiscence) et le bergsonisme. En 1950, quand Bachelard publie *La dialectique de la durée*, son œuvre de maturité est largement développée. Il a déjà publié la plupart de ses textes majeurs d'épistémologie et de philosophie des sciences. Il s'est écoulé pratiquement douze ans entre la publication de *La formation de l'esprit scientifique* et *La dialectique de la durée*. A ce stade, sa pensée est plus métaphysique qu'épistémologique. En réalité, il prolonge et approfondit sa réflexion sur la psychologie de l'esprit en mettant l'accent sur la réalité temporelle, dans un contexte où la pensée de Bergson retrouve une certaine vitalité avec des commentateurs pertinents. Les termes de « psychanalyse » et de « psychologie » expriment clairement le fait que Bachelard ne fait pas une coupure entre la dimension épistémologique et la dimension métaphysique de son œuvre. Ici, il pousse sa réflexion presqu'à son apogée en examinant la question de la mémoire qu'il associe à la temporalité et au souvenir.

Le souvenir est construit par un acte réflexif. On le réalise, on le construit à partir d'une 'intention présente' : on se souvient parce qu'on a décidé. Autrement dit, chaque souvenir est toujours lié à une raison extérieure. Cela veut dire que le souvenir est une construction d'un « évènement passé » dans une perspective d'avenir. Cette analyse sur la réalisation du souvenir exprime, dans une certaine mesure, la conception bachelardienne de la mémoire : elle n'est pas un réceptacle de souvenir, un lieu psychique où on emmagasine les données, les faits, les évènements. Il n'y a rien dans la mémoire, elle construit et ramène à la conscience les souvenirs.

[647] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.47.

Et cette construction n'est pas automatique, elle est consciente, préparée. En effet, on se souvient toujours d'un évènement en le liant à d'autres évènements futurs. Cela veut dire qu'il n'y a pas de souvenir sans une raison précise, car le souvenir est toujours tourné vers l'avenir, c'est-à-dire déclenché ou stimulé par quelque chose de nouveau distinct de l'évènement initial (passé). Le souvenir est temporel, non pas au sens où il est passager, momentané, mais dans la mesure où il est daté par rapport à des instants, il est différé volontairement, c'est-à-dire reporté dans le futur. Le passé est tourné vers un futur conscient et non hasardeux ou inopiné. Et Bachelard poursuit : « on se souvient d'une action plus sûrement en la liant à ce qui la suit qu'en la liant à ce qui la précède [646]». En d'autres termes, la remémoration d'une action, d'un fait est effective à partir du moment où cette action est liée à une action présente. Cela est possible par la mécanique de la réflexion ou de la raison sans laquelle la mémoire demeure « incomplète et inefficace [647]», parce qu'elle n'a pas été préparée à reproduire l'évènement dans un temps futur. C'est donc la réflexion qui ancre chaque évènement dans un instant différé, dans l'attente d'un évènement quelconque pour le faire surgir. Sans cette préparation temporelle préalable de fixation de l'action passée, il n'y a pas de véritable souvenir ou de mémoire, puisque l'action n'est pas différée volontairement.

A notre avis, Bachelard se situe ici plus dans la définition des conditions de l'entrainement de la mémoire que d'une véritable remise en cause de la mémoire comme espace de stockage d'information. Il détermine dans quelles conditions on rend la mémoire active ou dynamique. En fait, même si la mémoire en collaboration avec la raison construit les souvenirs, c'est toujours sur la base d'un déjà-vu. On se souvient de ce qu'on a déjà vu ou conçu (dans le cas contraire on aurait affaire à l'imagination). Il est vrai que ce déjà-vu ne s'évapore pas dans la nature, il laisse quand même quelques traces dans les méandres de l'esprit ; enfouis dans les profondeurs psychiques, que la raison suffit à faire remonter à la surface. En clair, la mémoire est active quand elle est prompte à reconstruire les souvenirs, c'est-à-dire à rendre compte des actions passées dont on souhaite se souvenir. Une telle mémoire est plus apte à faciliter les apprentissages : construire et reconstruire un savoir enseigné.

La conception bachelardienne de la mémoire converge avec celle de Popper vers une définition plus dynamique de la mémoire. Autrement dit Bachelard pense que la mémoire n'est pas un réceptacle, c'est-à-dire un lieu où l'on vient déverser les faits (les futurs souvenirs). Dans *Apprentissage et découverte, écrits de jeunesse,* Popper critique la conception de la mémoire

[646] Gaston BACHELARD, *Op cit*., p.45-46.
[647] Gaston BACHELARD, *Ibid*., p.47.

comme *Zuber*, traduit par bassine. Autrement dit, la mémoire n'est pas un vase psychique dans lequel on met les idées, les faits, les évènements passés. La bassine en tant que contenant n'exerce aucun effet sur le contenu. Par exemple, de l'eau mise dans un verre ne changera pas de volume ni de masse. Le verre n'a pas vocation à modifier la nature de l'eau. De même la mémoire comme bassine ne modifierait pas l'action ou les faits qui sont déversés. Bachelard, quant à lui, dans *La dialectique de la durée*, considère aussi que la mémoire n'est pas un lieu de stockage d'informations, c'est-à-dire qu'elle n'est pas passive ; au contraire elle a un impact sur l'évènement passé qu'il faudrait reconstruire. Il va même plus loin que Popper en montrant que la mémoire reconstruit les souvenirs. Elle n'est pas que conservation et reproduction du passé, elle est production du passé. Cela veut dire que le passé n'est pas stocké dans la mémoire. En clair, c'est la mémoire elle-même qui est définie comme n'étant pas omniprésente dans l'esprit. La mémoire est elle-même construite dans le présent.

Bachelard et Popper convergent vers la définition d'une mémoire dynamique ou active. Mais l'acquisition de cette mémoire dynamique n'est pas spontanée ou immédiate. Cela demande un certain entrainement, notamment par la méthode de reconstitution (Popper), mais aussi par l'activité consistant à lier le passé et le futur par un effort de la raison ou de la réflexion (Bachelard). En fait que ce soit Bachelard ou Popper la capacité à se souvenir d'un évènement précis, exige une certaine préparation. Préparation qui conditionne la mémoire à être apte à produire un évènement sans trop de difficulté. Les deux auteurs montrent, à leur manière que la mémoire est vivante, dans la mesure où ils la considèrent comme un organe psychique ou une fonction de l'esprit, qui ne sert pas seulement à reproduire le passé mais le construit à partir du présent. Toutefois, ce rapprochement renferme quelques limites importantes. Il y a notamment une divergence méthodologique sérieuse entre Bachelard et Popper.

I-2 La mémoire dynamique dans l'apprentissage de la science

I-2.1 Une même finalité pédagogique

Les théories bachelardienne et poppérienne de la mémoire ont des implications pédagogiques. Elles visent à dynamiser l'esprit, le rendre prompt à apprendre. Un esprit vif, est un esprit en quête de savoir, ayant toujours une soif de connaître. Le rôle de l'enseignant serait donc de veiller à ce que la mémoire de l'apprenant soit toujours vive, flexible ; à ce qu'elle relie le passé et le futur. Une mémoire, qui se contracte ainsi, illumine l'esprit. Par conséquent, l'envie d'apprendre est plus élevé que les difficultés rencontrées : l'envie de connaitre est déjà en soi un effort pour surmonter les difficultés (les obstacles pédagogiques).

Alors, la reconstitution apparaît comme une voie intéressante pour éveiller l'intérêt de l'écolier pour un contenu scientifique par la reconstitution mentale. Certes, au début cela paraîtra difficile pour l'élève, mais avec de la persévérance, il éprouvera à la fin la joie, le plaisir d'avoir réussi[648]. De même, il peut paraître très difficile pour l'enseignant de mettre en place la reconstitution pour chaque élève parce qu'il s'adresse au groupe et non à un élève en particulier et surtout que la reconstitution est un travail d'abord individuel. Toutefois, le professeur peut faire une reconstitution collective de la matière à graver où chaque élève fera un effort pour reproduire un élément du matériau à graver (les objectifs de cette reconstitution doivent être clairement définis). Il ne s'agit pas d'un simple enseignement de mémorisation, mais d'un enseignement qui consiste à stimuler les capacités mentales et réflexives de l'élève par l'effort collectif. D'ailleurs, c'est dans un effort individuel que l'apprenant parviendra à reconstituer toute la matière enseignée. L'enseignant en tant que guide ne peut que stimuler ou déclencher cette reconstitution que l'élève devrait s'approprier.

C'est ainsi que l'élève peut graver des contenus dans sa mémoire : selon Popper, « l'apprenantcherche à reconstituer la matière qu'il souhaite graver dans sa mémoire (immédiatement après qu'il l'a travaillée à fond en entier ou bien après une pause, tout dépend là encore du contenu spécifique) – c'est la ''première tentative''. L'apprenant ne réussira vraisemblablement pas du premier coup [649]». Cela veut dire que l'élève ne peut reconstituer la matière d'un seul coup, il lui faudra plusieurs tentatives, car la première est en général imparfaite. Mais, il ne doit pas abandonner, plutôt faire une relecture du matériau, puis faire une seconde reconstitution de manière à remplir tous les vides, et ainsi de suite. « Quand on arrive, poursuit Popper, au stade de cette procédure qui comporte des places libres, alors le contour de la matière à apprendre

[648] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte*, 2008, Paris, Rue d'Ulm, 2019.p.184.
[649] Karl POPPER, *Ibid*., p.182.

[…] paraît assez claire à l'apprenant [650]» parce que plusieurs points du schéma de pensée sont acquis par l'élève. C'est-à-dire qu'il maitrise désormais ces différents points. A cet égard, il y a réussite de l'apprentissage lorsque l'élève parvient entièrement à reproduire la matière à sa guise[651]. Cela signifie qu'il est en pleine possession de la mémoire de la matière, du moins d'un savoir fondamental de base dont il peut disposer en toute autonomie.

En clair, Bachelard et Popper montrent qu'une mémoire dynamique ou active est une source de motivation malgré les difficultés rencontrées dans l'acte d'apprendre. Quand on réussit à construire un évènement passé, en passant par toute la difficulté que cela implique, il y a de la joie, de l'émerveillement. Or un esprit enclin à la joie est porté par l'envie de connaitre, donc de toujours apprendre, il n'arrête pas l'élan face à la difficulté. Au contraire, celle-ci devient un vecteur de l'apprentissage. D'ailleurs Bachelard lui-même présente la facilité comme le signe d'un enseignement peu efficace (ou paresseux), et la difficulté comme la voie effective de l'enseignement dynamique: « plus une œuvre est difficile, plus elle est éducatrice [652]». Il nous semble donc que Bachelard et Popper, en définissant une mémoire dynamique, accordent une place importante à la mémorisation dans un enseignement efficace et fécond de la science. Autrement dit, mieux apprendre ou enseigner la science, c'est aussi mémoriser ce qui est enseigné. Mais il s'agit d'une mémorisation dynamique conforme aux fonctions d'intériorisation et d'extériorisation de la mémoire qui favorise la compréhension par opposition à la simple démarche répétitive. Ce rapprochement entre les deux auteurs, en ce qui concerne l'élaboration d'une mémoire dynamique essentielle pour un enseignement réussi de la science, ne peut masquer les limites liées entres leurs approches.

I-2.2 Deux approches presque paradoxales

Le rapport entre les théories de la mémoire de Bachelard et de Popper renferme une ambiguïté méthodologique patente, mais une même visée pédagogique : l'élaboration d'une mémoire dynamique pour un apprentissage efficace de la science. Si la définition d'une mémoire dynamique est identique aux deux auteurs, la manière de la concevoir ne l'est pas. Cette différence d'approche a-t-elle, en définitive, une influence négative sur la manière d'apprendre la science empirique ?

[650] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte*, 2008, Paris, Rue d'Ulm, 2019. p.183.
[651] Karl POPPER, *Ibid*., p. 183.
[652] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, 1938, Paris, Vrin, 1993, p.252

Bachelard inscrit sa démarche au cœur d'un problème métaphysique qui touche à la nature du sujet, c'est-à-dire son intériorité : la question du temps, ou mieux celle de la durée. Dans la tradition philosophique depuis Platon, au moins jusqu'à Bergson, le temps est traité dans une perspective métaphysique. La question fondamentale consiste à savoir comment nous percevons le temps ? Comment justifier notre idée du temps ? Or, cette question métaphysique a débouché sur des questions psychologiques, à savoir comment on vit le temps intérieure- ment ? En effet l'intériorité n'est plus examinée dans le but d'expliciter l'idée que nous avons du temps, mais dans l'optique de le comprendre à partir de l'expérience vécue (l'expérience effective du temps qu'on fait intérieurement). Quoi de mieux pour cerner le temps, si ce n'est par une prise directe de la manière dont on le vit.

En clair, Bachelard construit une mémoire dynamique en partant d'une réflexion sur les phénomènes temporels. Sauf qu'il se démarque de la tradition philosophique purement métaphysique en s'inscrivant dans une perspective psychologique. C'est à ce stade qu'il établit la relation entre le temps et la mémoire. Il écrit « ainsi, d'après la théorie de M. Pierre Janet la mémoire est sous l'influence des conduites différées [653]». En ce qui concerne sa propre théorie de la mémoire et du temps, Bachelard s'inspire largement des travaux de Pierre Janet[654]. Philosophe et psychologue du XIXe siècle. En 1928, il se distingue notamment par la publication d'une œuvre remarquable *L'évolution de la mémoire et de la notion du temps*. Il change la perspective en s'orientant plus dans une logique psychologique consistant à examiner les actions (les actes) sur le temps qu'il appelle « conduites temporelles », c'est-à-dire nos actes relatifs au temps comme l'élan, l'enthousiasme et la tentation. Par conduites différées, on entend « les interruptions [volontaires] d'une action dont la suite est reportée à l'avenir [655]». Il s'agit d'interrompre la causalité d'une action. On arrête pour un temps ou une durée la suite successive d'un acte entamé qu'on continuera ultérieurement. Par exemple, l'élan se situe toujours entre plusieurs intervalles, le moment du commencement et le moment de la fin. Entre ces deux grands intervalles, il y a plusieurs moments ou l'élan se produit de façon récurrente. L'élan est donc en réalité un temps récurrent puisqu'il réapparaît sans cesse. C'est une action qu'on diffère souvent. Différer, c'est faire le choix de revenir sur cette action, mieux sur la suite de cette action.

D'après Bachelard c'est dans l'acte de différer que le souvenir se constitue. Les intervalles sont les cadres par lesquels la mémoire s'affermit et s'éclaire. Bachelard veut dire que la

[653] Gaston BACHELARD, *La dialectique de la durée*, 1950, Paris, Puf, 2019, p.45.
[654] Gaston BACHELARD, *Ibid*., p.31-32.
[655] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.45.

mémoire se construit par les moments où les actions sont différées et non par le contenu de ces actions, parce que la fixation des souvenirs est d'abord temporelle. La reconstitution d'un souvenir n'est rien d'autre que la reconstitution des instants d'une action passée. De ce fait, la mémoire bachelardienne est d'abord tournée vers l'extérieur, c'est-à-dire reconstruire le passé en le faisant sortir de la mémoire : « toutes les formes du passé, […] doivent être traduites dans le langage de l'avenir humain [656]». Bachelard veut dire que toute extériorisation d'une action passée se fait à partir du temps présent qui est le futur de cette action passé, c'est-à-dire la partie différée cette action. Le passé est dans le présent, de telle sorte que la mémoire commence avec ce présent et non avec le passé passivement écrit dans notre âme. Bachelard met en lumière la capacité de la mémoire à reconstruire le les souvenirs. Mais, il ne nous dit pas comment on intériorise ses souvenirs. Ce qui pose un problème pédagogique : comment l'élève peut-il extérioriser un savoir qu'il n'a pas intériorisé au préalable ? Apprendre n'est-ce pas aussi reconstruire un savoir préalablement intériorisé ?

Le mouvement de la démarche bachelardienne part de l'intérieur vers l'extérieur de la mémoire. Ce qui est important dans cette approche c'est la reconstitution ou la reproduction du passé à partir d'une action différée volontairement. Le choix de différer est le fondement même de tout acte de mémoire. D'un début métaphysique ou théorique, Bachelard débouche sur une analyse concrète de la mémoire. C'est *a postériori* que Bachelard traite la question de la mémoire dans la pratique de l'éducation ; il y parvient en passant par l'examen psychologique d'une question métaphysique : le temps. C'est sans doute cela qui explique le mouvement de sa démarche, laissant un vide qu'il tente de combler à travers les notions de « conservation » et de « fixation » des souvenirs. Tandis que la démarche poppérienne s'inscrit dans le mouvement inverse, c'est-à-dire de l'extérieur vers l'intérieur de la mémoire.

Quant à la réflexion poppérienne, elle prend appuie sur la question suivante : « Comment cultiver la mémoire ? [657]». Il ne s'agit pas d'une question métaphysique comme chez Bachelard, mais d'une question concrète. En effet, Bachelard part directement du problème de la mémoire et de l'apprentissage pour définir sa conception de la mémoire : la confrontation entre l'école fondée sur les seuls apprentissages et l'école réformée par le travail. Il examine directement le problème de la mémoire dans le champ pédagogique, là où Bachelard fait un détour en passant par la question métaphysique du temps. La *Lernschule* ou l'école fondée sur les seuls apprentissages se fonde sur le « principe de contenu » pour définir la mémoire et ses propriétés,

[656] Gaston BACHELARD, *Op cit*., p.46.
[657] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte*, 2008, Paris, Rue d'Ulm, 2019, p.163.

et surtout comment cultiver la mémoire. Popper affirme : le « 'principe de contenu' prédomine dans l'école fondée sur les seuls apprentissages et il la régit. Son objectif est de constamment tenir prêt le plus large contenu de savoir possible pour que l'on puisse en disposer à volonté [658]». La *Lernschule* s'appuie fondamentalement sur le principe de contenu, c'est-à-dire sur l'idée que seul le contenu de la mémoire permet véritablement de comprendre la nature de la mémoire La mémoire se définit par le simple fait qu'elle emmagasine une somme de connaissances que l'on peut utiliser volontairement à tout moment. C'est dans ce sens que Popper dit :

> « Le "principe de contenu'' exige que l'on retienne et que l'on tienne prêts une grande somme de savoirs pour qu'il soit possible d'en disposer à volonté ; il comporte également de grandes exigences quant à l'effort d'attention touchant la mémoire. A bien examiner la chose, l'école fondée sur les seuls apprentissages s'intéresse à proprement parler seulement à l'opération relative au contenu de la mémoire. C'est même pour cela que l'opération de mémorisation a une signification si importante pour cette école, que l'on peut vraiment y désigner cette question comme précisément la question de l'apprentissage [659]»

Ce principe dit que la capacité d'attention se forme seulement à partir du contenu de la mémoire. L'attention vient du fait qu'on se fixe seulement sur le contenu de sa mémoire. Ainsi, cultiver sa mémoire consiste simplement à faire preuve de mémorisation, c'est-à-dire à « utiliser de manière intensive sa mémoire ». Il s'agit d'accumuler de grandes quantités de savoir dans sa mémoire et de les utiliser volontairement selon ses souhaits. Ce qui l'intéresse, c'est l'école fondée sur l' apprentissage, c'est l'opération relative au stockage des savoirs dans la mémoire. Il reste à savoir comment la mémoire est finalement perçue dans la *Lernschule* ?

La réponse poppérienne est claire :

> « Dans cette école, la mémoire n'est vue comme rien d'autre qu'un contenant que l'on destine à des contenus, une espèce de bassine '*Zuber'* dans laquelle déverser les connaissances. Cette bassine ne possède alors en elle-même aucune propriété spécifique. […]. Et son essence se réduit même à cela dans la perspective : recevoir des contenus et les conserver [660]».

La *Lernschule* conçoit la mémoire comme un vase dans lequel on met toute sorte de choses ; ce vase n'est jamais vide, il contient toujours quelque chose. Sa fonction consiste à recevoir seulement des contenus de savoirs et à les retenir très longtemps, de manière à ce qu'on puisse les utiliser comme on veut. La mémoire n'a aucun impact sur les contenus de savoirs qu'elle reçoit, si ce n'est que de les garder aussi longtemps que possible. Plus précisément d'après Popper :

> « Les seules propriétés que l'on veuille bien reconnaître à cette bassine sont les suivantes : 1. Elle garde ses contenus plus ou moins bien, et en vérité d'autant mieux que l'on aura plus fréquemment répété le processus qui consiste à les y placer, puis à les retenir ; 2. Elle a, une bonne fois pour toutes, une certaine mesure, une contenance déterminée – la première spécificité que l'on reconnait à cette mémoire peut donc être désignée par le terme de fidélité ou précision, et la seconde par celui de

[658] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte*, 2008, Paris, Rue d'Ulm, 2019, p.167.
[659] Karl POPPER, *Ibid.*, p.168.
[660] Karl POPPER,*Ibid*., p.169.

> volume. Il va naturellement de soi qu'une conception de ce genre a pour conséquence que l'on met tout son soin à renforcer la mémoire, dès que cela est possible et dans tous les cas ; on ne peut s'y prendre que de la manière suivante : répéter autant que possible et remplir la bassine à ras bord – ce qui est évidemment la seule façon envisageable dans l'objectif d'augmenter le volume de cette mémoire[661] ».

Cela veut dire que la mémoire telle qu'elle est perçue ici n'a que deux principales propriétés celle qui consiste à retenir les savoirs et celle qui consiste à augmenter son volume. Ainsi, la seule manière de retenir et mettre les savoirs dans la mémoire c'est de procéder par la répétition. C'est encore la répétition qui permet d'augmenter la quantité de contenus que la mémoire peut recevoir. Ainsi, par la répétition la mémoire peut conserver aussi longtemps que possible et avec assurance tous les contenus qu'on l'y place. Dans ce cas, l'apprentissage consiste seulement à maintenir le savoir dans la mémoire et à l'utiliser à sa guise. Apprendre par contenu n'est rien d'autre qu'un apprentissage par la mémorisation et la répétition. Un tel apprentissage exclut d'emblée la réflexion ou la critique. Le savoir est ainsi reçu dogmatiquement. Le rôle de l'enseignant est de faire entrer le savoir dans la mémoire de l'élève par la répétition, il s'agit de faire en sorte que les contenus de savoirs s'accumulent dans la mémoire de l'élève et qu'ils y restent le plus longtemps possible. La seule chose qui est demandée à l'apprenant c'est d'avoir une mémoire performante, c'est-à-dire une mémoire qui lui permet d'accumuler davantage de savoir en les mémorisant. Le problème ici c'est que l'élève n'est pas tenu de questionner ou de critiquer ce qu'on lui enseigne. Il doit simplement le faire entrer dans sa mémoire et le retenir. Bachelard critique aussi un aspect de la conception de la mémoire de l'*Arbeitschule*.

Selon Popper, l'*Arbeitschule* ne peut renoncer à la question de cultiver la mémoire. Elle est indispensable dans la vie quotidienne, mais aussi dans le cadre de l'acquisition d'une connaissance. De ce fait, « on a besoin d'une mémoire de qualité (d'une bonne mémoire bien éduquée, bien développée) qui enregistre bien et conserve des contenus ». Cette école doit, comme l'école fondée sur les seuls apprentissages, cultiver la mémoire. Cette fois non pas à partir du principe de contenu, mais à partir de celui de « force active ». il faut éduquer la mémoire à partir de ce principe. Ainsi, la mémoire est considérée non plus comme un simple contenant passif, mais comme une fonction qu'il faut cultiver et développer en vue de l'améliorer. Eduquer la mémoire, c'est éduquer une fonction, c'est-à-dire accroitre les fonctions de la mémoire. Cela se fait nécessairement sur un déjà-là, c'est-à-dire un contenu ou un matériau déterminé. « En premier lieu, il est indispensable d'acquérir un stock de savoirs fondamentaux quelle que soit sa formation […]. Ce matériau sert d'emblée à éduquer les fonctions de la mémoire [662]». Partant

[661] Karl POPPER, *Op cit.*, p.169.
[662] Karl POPPER, *Ibid.*, p.173.

du principe de force active pour graver des contenus dans la mémoire, il faut d'abord disposer d'un contenu de base. La mémoire étant habituée à cette procédure ou démarche peut alors graver n'importe quel contenu. Le principe de force active dit que la gravure des contenus doit se faire à partir d'un contenu de base en s'appuyant sur le sens. Cependant, le contenu de base peut être acquis dans la vie en général ; il ne s'agit pas d'un contenu qui *a apriori* a un sens déterminé. Popper montre ici que l'*Arbeitschule* doit s'intéresser aussi à la question de la mémoire afin de la cultiver, parce que la mémoire fait partie de la vie ; c'est la vie qui exige de retenir mentalement certaines choses sans nécessairement se référer à un livre.

En clair, ce que Popper montre ici à travers la critique de l'*Arbeitschule* et de la *Lernschule,* ce sont deux types de mémoire bien distincts, à savoir la mémoire mécanique et la mémoire judicieuse. La première est celle qui consiste seulement à graver les contenus par la répétition, alors que la seconde consiste à partir d'un contenu, un stock déterminé, même si celui-ci n'a pas vraiment de sens. L'école fondée sur le travail ou l'autonomie de l'élève doit alors cultiver la mémoire judicieuse. Il s'agit de partir des opérations de l'intellect ou de la pensée. Cela veut dire une gravure active des contenus dans la mémoire ; celui qui grave ne le fait pas mécaniquement, mais de façon dynamique. C'est-à-dire qu'il le fait de manière intentionnelle ; il a conscience de toutes les opérations qu'il met en œuvre pour graver des contenus dans la mémoire. Il s'agit de partir d'un plan bien précis dont on fait usage dans l'optique consciente de perfectionner la mémoire. C'est dans cette optique que Popper affirme : « du point de vue du principe d'une force active, on élabore et on perfectionne de la sorte, sciemment et selon un plan réfléchi, des méthodes d'enseignement pour apprendre à apprendre [663]». Ce que Popper dit c'est qu'il existe plusieurs manières de graver les contenus dans la mémoire qui partent de la plus primitive (la répétition) aux plus complexes (les opérations de l'intellect). Toutefois, on constate que l'approche poppérienne et l'approche bachelardienne renferment une similitude, à savoir la dimension psychologique. Cela veut dire que l'enseignement de la science n'est pas seulement une affaire de pures connaissances scientifiques. Il implique aussi la place du sujet apprenant. Un enseignement réussi prend en compte les différentes dimensions cognitives du sujet. C'est pourquoi le statut de la mémoire est très instructif chez ces deux auteurs. Il reste à savoir ce qu'il en est de leurs conceptions de l'esprit humain et leur intérêt pour l'enseignement de la science.

[663] Karl POPPER, *Op cit.*, p.173.

II – THEORIE DE L'ESPRIT ET APPRENTISSAGE DE LA SCIENCE

La psychopédagogie chez Bachelard et Popper est essentiellement une théorie réflexive. Elle vise à décrire comment fonctionne l'esprit dans le processus d'acquisition de la connaissance. Cela est important pour comprendre comment fonctionne l'esprit de l'apprenant lorsqu'il est engagé dans l'apprentissage d'une connaissance scientifique quelconque. Cette compréhension permet ainsi de saisir les difficultés d'apprentissage des élèves.

II-1 Nature et fonctionnement de l'esprit

II-1.1 La conception bachelardienne de l'esprit et les obstacles pédagogiques

Chez Gaston Bachelard la théorie de l'esprit dans ses rapports aux apprentissages scientifiques se focalise sur ce qui fait obstacle à l'acquisition de la connaissance dans la pensée. Bachelard appelle cela des obstacles épistémologiques ou des obstacles pédagogiques.
L'idée d'obstacle épistémologique est étroitement liée à celle de progrès scientifique, dans la mesure où la science progresse toujours en butant contre des obstacles. En effet, le progrès scientifique signifie une « évolution vers un mieux [664]», c'est-à-dire une amélioration de la connaissance scientifique, au sens où les théories scientifiques acquièrent une efficacité prédictive : une capacité à mieux connaître les phénomènes scientifiques qu'ils soient anciens ou nouveaux. C'est dans ce sens que s'inscrit le progrès scientifique à l'âge du nouvel esprit scientifique, qui a plongé l'homme dans un nouveau continent, celui de l'infiniment petit. Cela suppose que la science antérieure faisait obstacle à cette nouvelle science. Autrement dit elle était un obstacle à la connaissance des phénomènes microscopiques, car la science était perçue à cette époque comme une étude des objets macroscopiques. D'Aristote à Newton, cette conception est la même, au point où on pensait encore au XIXe siècle que la science avait atteint son apogée et que ses concepts primordiaux ne pouvaient connaître de transformation. L'ingéniosité de Bachelard, c'est d'avoir montré que c'est dans l'acte de connaître qu'apparaissent les obstacles épistémologiques. En d'autres termes, c'est dans la recherche et l'acquisition de la connaissance que l'esprit est confronté aux obstacles épistémologiques.

Dans *La formation de l'esprit scientifique,* Bachelard écrit : « C'est dans l'acte même de connaître intimement qu'apparaissent par une sorte de nécessité fonctionnelle des lenteurs

[664] Léna SOLER, *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipse, 2000, p.210.

et des troubles [665]». A travers cette affirmation, Bachelard veut dire que les obstacles épistémologiques ne sont pas extérieurs à la connaissance scientifique elle-même. C'est à l'intérieur qu'on les retrouve, car la pensée scientifique connait toujours des lenteurs et des troubles qui freinent son développement. Mais qu'est-ce au juste qu'un obstacle épistémologique

II-1.1.1 De l'obstacle épistémologique à l'obstacle pédagogique

L'enseignement de la science renferme aussi des obstacles épistémologiques que Bachelard appelle obstacle pédagogique. Il s'agit de tout ce qui dans le contexte de l'enseignement s'oppose à l'acquisition de la connaissance scientifique chez l'apprenant. Ce sont des causes de stagnation et d'inertie que l'on rencontre dans l'enseignement de la science. En effet, la transmission des connaissances scientifiques aux apprenants est confrontée à plusieurs difficultés, notamment la connaissance empirique de l'élève, la méconnaissance chez l'enseignant de certaines questions épistémologiques. Autrement dit, l'enseignement de la science connaît des situations d'immobilisme : l'élève ne progresse pas dans la culture scientifique ; il n'accède pas à la culture scientifique véritable, étant donné qu'il a en lui un savoir préalable acquis dans la vie quotidienne. L'obstacle pédagogique désigne précisément tout savoir et toute démarche qui empêchent l'élève d'accéder à la culture scientifique toujours nouvelle. Dans le premier cas, l'élève arrive pour la première fois en classe avec des connaissances empiriques déjà bien ancrées dans son esprit. Ces connaissances sont « impures » c'est-à-dire qu'elles ne sont pas scientifiques, car elles sont acquises dans la vie quotidienne. Tout élève sait empiriquement qu'un morceau de bois flotte dans l'eau et que si l'on essaie de l'y enfoncer il remonte à la surface. Mais, il ne sait pas ce qui est à l'origine d'un tel phénomène : il pense que si le bois flotte c'est en grande partie à cause du bois lui-même, c'est-à-dire qu'il ne sait pas que l'eau joue aussi un rôle important. Dans ce cas, l'élève est empêché de comprendre réellement ce phénomène. Dans le second cas, l'enseignant de science utilise une démarche qui ne favorise pas l'acquisition de la connaissance scientifique chez l'élève. Sa manière d'enseigner s'oppose à la compréhension véritable des notions scientifiques chez l'élève.

L'obstacle pédagogique est donc polymorphe, car il se manifeste d'une part chez l'enseigné et d'autre part chez l'enseignant. Chez le premier, il renvoie à la connaissance initiale qu'a ce dernier avant de recevoir véritablement la culture scientifique. Chez le dernier, il renvoie à la démarche et à l'ignorance de certaines questions psychopédagogiques nécessaires pour transmettre de façon adéquate les connaissances scientifiques aux apprenants. Les obstacles pédagogiques désignent de façon générale tout ce qui dans l'acte de connaître entrave l'accès

[665] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.15.

de l'élève à la connaissance scientifique. Il s'agit notamment de la connaissance empirique et de la connaissance commune, des pratiques méthodologiques des enseignants de science. L'obstacle pédagogique a donc un double sens : il se situe à la fois chez l'élève et chez l'enseignant. En effet, ce dernier ne comprend pas ce qui empêchent l'élève d'accéder à la culture scientifique. Il ignore les raisons pour lesquelles il ne comprend pas telle notion ou tel principe scientifique. C'est pourquoi, l'enseignant pense que la formation de l'esprit scientifique chez l'élève « commence comme une leçon »[666]. Cette affirmation bachelardienne dans le premier chapitre de *La formation de l'esprit scientifique,* intitulé « La notion d'obstacle épistémologique », veut dire qu'il faut commencer par appliquer les notions scientifiques dans l'esprit de l'élève afin qu'il les mémorise. Dans le premier cas, l'obstacle pédagogique, renvoie à tout ce qui est en rapport avec l'élève. Ce dernier arrive dans le cours de science avec un esprit chargé. C'est dans ce sens que Bachelard affirme : « quand il se présente à la culture scientifique, l'esprit scientifique n'est jamais jeune. Il est même très vieux, car il a l'âge de ses préjugés [667]». En d'autres termes, l'élève n'est jamais vierge lorsqu'il vient pour la première fois au cours de science. Sur certains phénomènes naturels, il possède déjà certaines idées sensibles qui s'opposent à la culture scientifique véritable. Malheureusement les pratiques pédagogiques quotidiennes des enseignants ne prennent pas souvent en compte cette situation de blocage intellectuel chez l'apprenant. Ces remarques générales sur le sens de l'obstacle pédagogique trouveront leur justification épistémologique dans l'examen des obstacles épistémologiques particuliers, comme nous le verrons dans la suite de notre analyse.

II-1.1.2 Différents types d'obstacles épistémologiques ou pédagogiques

Dans l'œuvre épistémologique de Gaston Bachelard, les obstacles à la connaissance scientifique se présentent dans une sorte de chronologie fonctionnelle. En effet, certains obstacles sont premiers dans la formation de l'esprit scientifique chez l'élève, dans la mesure où l'esprit est confronté à ces derniers au début de sa formation scientifique. Et s'ils ne sont pas surmontés, ils finissent par devenir de véritables causes de sclérose, au sens où il ne pourra pas progresser dans la culture scientifique. Il accumulera des incompréhensions à l'égard des différentes opérations constitutives de la science. De plus, cet obstacle épistémologique a aussi une portée historique. Cela veut dire que c'est le premier obstacle auquel a été confrontée la pensée scientifique dès ses premiers développements. Quand on fait l'histoire des obstacles à la connaissance objective, on se rend compte que la science au tout début de sa constitution s'est

[666] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.21.
[667] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.18.

heurtée premièrement à cet obstacle. Selon Bachelard[668], l'esprit scientifique est entravé dès sa naissance par des obstacles contraires. Dans l'enseignement, l'esprit scientifique se trouve aussi confronté à cet obstacle. C'est pourquoi il est à la base de la formation de l'esprit scientifique chez l'apprenant. C'est dans ce sens que la science au XVIIe siècle a été enseignée dans une perspective purement empiriste.

II-1.1.2.1 L'esprit et l'expérience première

Il s'agit principalement de l'expérience première. On entend par là, l'observation première, c'est-à-dire la perception immédiate des phénomènes naturels « placée avant et au-dessus de la critique ». Elle produit ainsi une connaissance immédiate. Or les connaissances immédiates ou premières sont confuses. Elles ne donnent pas une compréhension objective des phénomènes naturels. « Cette observation première [dit Bachelard] se présente avec un luxe d'images, elle est pittoresque, concrète, naturelle, facile [669]». Autrement dit, l'observation première est imagée et colorée. C'est-à-dire qu'elle présente les images premières des phénomènes naturels qui se présentent à nos sens et attirent notre attention, nous charment, par leurs aspects physiques. Une telle observation est négative puisqu'une image est « un reflet ou une copie […] c'est quelque chose de lié au sens de la vision [670]». L'image ne conduit pas à l'essence des choses ou des phénomènes, dans la mesure où elle a pour fonction première de produire des copies et non de créer des choses véritables. C'est pourquoi elle est plus liée à la sensation qu'à la raison. On comprend donc que l'image se situe du côté de la matière, du sensible, souvent considéré comme une source de connaissance non fiable par la tradition rationaliste, notamment par le platonisme. Sylvain Auroux appuie cette idée lorsqu'il affirme que « les philosophes depuis Platon, ont toujours vu dans l'image une forme inférieure de la représentation, voire un obstacle à la pensée [671]». A travers ces propos, Auroux nous montre que l'image entrave l'accès à la connaissance objective, car elle empêche de penser ; elle limite le sujet à ce qu'il voit, aux phénomènes naturels tels qu'ils se présentent à lui.

Bachelard s'inscrit clairement dans cette tradition philosophique, en montrant que l'observation première est toujours un premier obstacle à la culture scientifique, car elle attache l'esprit aux images naturelles des phénomènes, aux objets de la nature sans les questionner. Par exemple, l'image d'une mangue verte ou mûre empêche de connaitre l'essence de la mangue. Ainsi, penser l'essence de la mangue exige qu'on aille au-delà de cette image, qu'on transcende

[668] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.23.
[669] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.23.
[670] ylvain AUROUX et *al*, *Op cit.*, p.220.
[671] Sylvain AUROUX et *al*, *Ibid.*, p.220.

le simple cadre de la sensibilité pour contempler la dimension nouménale qui ne peut être saisi que par la raison. Bachelard considère alors l'expérience première comme le premier obstacle à la culture scientifique, dans la mesure où elle vient avant la critique. Cette observation impure, valorise les images et le pittoresque qui sont de véritables causes de stagnation de la pensée scientifique. Il y a ici production d'une connaissance première marquée par la sensibilité qui entrave la connaissance objective des phénomènes. Ainsi, l'expérience première se caractérise comme « une philosophie facile qui s'appuie sur un sensualisme plus ou moins franc, romancé, et qui prétend recevoir ses leçons directement [672]». La connaissance immédiate éloigne l'esprit des traits essentiels des phénomènes. L'esprit s'attache facilement aux images ou au sensible. Or ces images constituent de véritables entraves épistémologiques, c'est-à-dire des blocages intellectuels, dans la mesure où ils empêchent de réfléchir, de penser le phénomène au-delà ce qui se présente aux sens.

Au-delà du pittoresque et des images, l'affectivité constitue le trait le plus caractéristique de l'expérience première. L'expérience première exprime plus la subjectivité de l'observateur, c'est-à-dire une masse d'affection perçue comme l'ensemble des sentiments ou des considérations affectives que le sujet concentre sur un objet. On juge affectivement le phénomène, c'est-à-dire qu'on pose une sorte de valeur affective sur lui : on le juge avec nos passions et nos désirs. De plus, l'observation première suscite en nous certaines émotions. Dans un tel contexte l'observateur omet de regarder les éléments les plus essentiels du phénomène, il se limite à la simple apparence. Dans *La formation de l'esprit scientifique* Bachelard affirme : « ce qu'il y a de plus immédiat dans l'expérience première c'est encore nous-mêmes, nos sourdes passions, nos désirs inconscients[673] ». Dans l'expérience première l'observateur est plus manifeste que l'objet lui-même[674], car le sujet projette sur l'objet ses impressions. Cela signifie que lorsqu'on est face aux phénomènes, on manifeste de manière spontanée des sentiments à propos de ces derniers. Par conséquent, ces sentiments influencent la représentation objective qu'on peut se faire de ces phénomènes. On voit seulement ce qui provoque en nous l'émotion et non ce qui suscite la critique ou la réflexion. Ainsi, l'accès à la connaissance objective se trouve entravé par nos affects. Même lorsqu'on pose un jugement dans le cadre de l'expérience première, il est pleinement subjectif, puisqu'on le fait avec nos passions et nos désirs. C'est, comme on le verra dans la suite de notre propos, l'une des raisons pour laquelle Bachelard s'acharne à déve-

[672] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.27.
[673] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.54.
[674] Le pittoresque et les images sont des manifestations de l'objet alors que l'affectivité est du côté du sujet.

lopper une psychanalyse de l'esprit scientifique. Les émotions éprouvées au contact d'un phénomène ou d'une matière à apprendre font intégralement partie de l'activité de l'esprit ; il est nécessaire de les prendre en compte dans l'activité scientifique et dans la pratique éducative.

II-1.1.2.2 L'esprit et la connaissance générale

Le terme général renvoie le plus souvent à ce qui est commun ou s'applique à un ensemble de cas ou de faits apparemment distincts. Par « connaissance générale », Bachelard désigne l'ensemble des idées globales qui portent sur un phénomène. Une telle connaissance donne une compréhension globale de la chose étudiée. Sa valorisation, d'après Bachelard, a commencé depuis Aristote, et s'est poursuivi jusqu'à Bacon. Le premier affirmait qu'il n'y a de science que du général comme pour dire que l'explication phénoménale ou ce qui explique les objets de la nature c'est l'analogie, c'est-à-dire ce que les phénomènes ont en commun. C'est le mouvement, par exemple, qui est à l'origine de toute chose physique et naturelle. Quant au second, avec sa méthode inductive, il prétend aboutir à la loi générale qui gouverne des phénomènes particuliers à partir de la ressemblance qu'ils sont supposés avoir. A partir de l'observation d'un ensemble de faits, on conclue hâtivement qu'ils sont régis par les mêmes principes. Par exemple, « les professeurs de philosophie décrivent rapidement la chute de divers corps et concluent : tous les corps tombent [675] ». Par une collection de faits particuliers, ces professeurs prétendent parvenir à la loi scientifique générale de la chute des corps : belle illustration de résumés généraux qui immobilisent la pensée et bloquent la recherche approfondie. La connaissance générale est une connaissance inductive, voire empiriste, Car elle consiste à partir de l'observation des phénomènes de la nature pour aboutir à ce qu'ils ont d'identique. Il s'agit selon Bachelard des grandes vérités, des définitions intangibles qui sont placées à la base de la compréhension des phénomènes scientifiques. C'est ainsi, « qu'à la base de la mécanique, dit Bachelard, tous les corps tombent. A la base de l'optique, tous les rayons lumineux se propagent en ligne droite. A la base de la biologie : tous les êtres vivants sont mortels. On mettrait ainsi, au seuil de chaque science, de grandes vérités premières [676]». Cependant, ces grandes vérités premières aux allures de lois scientifiques générales apparaissent comme des causes d'inertie de la pensée scientifique, dans la mesure où elles ne donnent pas une connaissance objective du phénomène étudié, en ce sens qu'elles ne font pas une explication approfondie du phénomène. Mais, elles répondent de manière générale au problème posé. Dans ce cas, il y a

[675] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.68.
[676] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.68.

occultation des traits spécifiques ou essentiels qui définissent le phénomène. Or la connaissance scientifique est par essence un savoir précis qui vise le détail. « Pour l'esprit préscientifique, [poursuit Bachelard], le verbe tomber est suffisamment descriptif, il donne une essence du phénomène de la chute [677]».

La loi générale de la chute des corps empêche de comprendre ce qui est véritablement à la base de la chute. Comme le dit Bachelard, les lois générales répondent en bloc sans questionner les phénomènes. Par conséquent, elles n'expliquent pas les phénomènes en tant que tels mais elles expliquent seulement les mots. Elles sont linguistiques et non scientifiques. D'une considération phénoménale, elles sont marquées par le caractère de la sensibilité, de l'empirisme naïf, car elles ne portent que sur le naturel immédiat, c'est-à-dire sur les données sensibles. C'est pourquoi il est difficile à partir d'elles de tout comprendre, de tout expliquer. De ce fait, la connaissance générale est par essence une connaissance vague et imprécise, alors que la connaissance scientifique est exacte et précise. Pour Bachelard, l'esprit est constitué de telle sorte que l'adhésion à la connaissance générale l'empêche de véritablement connaître, car cette connaissance générale apporte une satisfaction à l'envie de connaître en répondant en bloc.

II-1.1.2.3 - L'esprit, l'obstacle verbal et la connaissance unitaire et pragmatique

Dans l'épistémologie bachelardienne, l'obstacle verbal et la connaissance unitaire et pragmatique sont aussi présentés comme de véritables entraves à la formation de l'esprit scientifique chez les apprenants. Par « obstacle verbale » Bachelard désigne le fait qu'un seul mot, une seule image constituent l'explication d'un ensemble de phénomènes distincts. C'est l'explication de plusieurs phénomènes scientifiques à partir d'un seul mot explicatif. Ces mots explicatifs sont vus comme des matrices, c'est-à-dire comme des mots fédérateurs qui expliquent tout avec une évidence claire et distincte : on se réfère à un même mot pour expliquer les phénomènes mécaniques, électriques, chimiques, etc. Si de nos jours, et même à l'époque de Bachelard, l'obstacle verbal est moins fréquent, dans la science moderne, notamment dans les XVIIe et XVIIIe siècles, l'obstacle verbal est présent.

C'est le cas de l'éponge. Au XVIIIe siècle ce mot expliquait tout, aussi bien dans les sciences physiques que dans l'histoire naturelle. Mais Bachelard avait constaté qu'une telle explication entrave l'accès à la connaissance scientifique, dans la mesure où ce mot explicatif

[677] Gaston BACHELARD, *Op cit*., p.69.

exprime simplement des phénomènes de nature différente par des métaphores. Or « les métaphores séduisent la raison [678]». Bachelard veut dire ici que les métaphores ne donnent pas une représentation objective de la réalité scientifique, dans la mesure où elles ne produisent que de simples vues générales qui voilent les traits essentiels des phénomènes. Dans ce cas, le phénomène ne peut être connu profondément.

Qu'en est-il de la connaissance unitaire et pragmatique ? Bachelard désigne par « connaissance unitaire et pragmatique » l'explication des phénomènes par « référence à un principe générale de la nature[679] » et par induction utilitaire. En effet, les phénomènes sont pris dans un tout homogène et harmonique. C'est-à-dire qu'ils sont unis par une seule et même chose. La perfection de la nature constitue le principe à partir duquel s'expliquent tous les phénomènes. Tous les phénomènes naturels obéissent au principe de perfection et d'harmonie, et ces phénomènes sont considérés comme ayant une utilité. On les explique aussi à partir de leur utilité. Or, pour Bachelard, cela entrave la connaissance véritable, dans la mesure où l'unification grandiose des phénomènes éloigne de la connaissance des aspects particuliers qui sont nécessaires à la compréhension profonde des objets de la nature. De même, l'explication par utilité n'éclaire pas le phénomène lui-même, mais son but. Il en résulte que le fait de connaître un phénomène par son utilité c'est demeurer dans une méconnaissance de son essence. Comme l'a si bien montré Bachelard, la physique et l'électricité du XVIIIe siècle est truffée d'explications unitaires et pragmatiques qui font obstacle à une compréhension objective des phénomènes physiques et électriques.

II-1-1-2-4- L'esprit et l'obstacle substantialiste

Bachelard désigne par « obstacle substantialiste », la tendance qui consiste à « unir directement à la substance des qualités diverses, aussi bien une qualité superficielle qu'une qualité profonde, aussi bien une qualité manifeste qu'une qualité occulte [680]». On retombe dans le type d'explication aristotélicienne dénoncé par les fondateurs de la science moderne[681]. L'explication d'un phénomène naturel à partir de plusieurs propriétés de substance qu'on lui attribue. Or selon Bachelard, l'explication substantielle est une entrave à la connaissance objective, dans la mesure où elle est brève et péremptoire. C'est-à-dire qu'elle donne une représentation limitée et mal orientée du phénomène. De ce fait, la réponse qu'elle apporte arrête la recherche, bloque

[678] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.95.
[679]Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.101.
[680] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.116.
[681] Bachelard fait allusion à Molière et la vertu dormative chap. VI, §I. Cf. *Le malade imaginaire*, intermède III. Duhem donne plusieurs exemples, dont Galilée dans *La théorie physique*, 2e partie, chap. 2, §1.

la pensée, ne suscite pas le désir d'aller au-delà de ce qu'on connaît déjà sur le phénomène, puisque cette connaissance est trop vite considérée comme un bien, comme un acquis. Ce qui est acquis ne peut plus faire l'objet d'une quelconque étude. Cependant, en science, une connaissance acquise n'est jamais une connaissance absolue, car les théories scientifiques sont en perpétuelle rupture. Le substantialisme, manifeste dans les sciences physiques, apporte des vérités qui semblent être absolues. C'est dans ce sens que Bachelard affirme : « la réponse substantialiste étouffe toutes les questions [682]». Cette attitude est permanente dans l'histoire de l'électricité. Plusieurs auteurs du XVIIIe siècle attribuaient au fluide électrique plusieurs qualités substantielles parfois opposées.

En résumé, Bachelard définit l'obstacle épistémologique comme étant tout ce qui dans l'acte de connaître entrave l'accès à une nouvelle connaissance. Ces obstacles sont inhérents à la science elle-même. Autrement dit, ils sont contenus dans la science et sont liés à l'esprit de l'homme. C'est dans l'esprit qu'on les vit, puisque connaître est un acte spirituel. Par ailleurs, Bachelard constate que l'enseignement de la science est aussi confronté aux obstacles épistémologiques qu'il appelle obstacles pédagogiques : ce qui fait obstacle à l'acquisition de la connaissance scientifique chez l'élève. Il s'agit notamment de l'expérience première, de la connaissance générale, du substantialisme, de l'animisme, de la connaissance unitaire et pragmatique entravant la formation de l'esprit scientifique chez l'apprenant. Il reste à savoir ce qu'il en est de la conception poppérienne de l'esprit.

II-1.2 La conception poppérienne de l'esprit

La théorie de l'esprit chez Popper est essentiellement une théorie épistémologique portant sur les méthodes et les buts de la science de la nature, qui décrit aussi une conception de l'esprit humain. Il s'agit de la théorie du projecteur et de la critique de la théorie du seau. Ces théories se réfèrent aussi à une caractérisation de l'esprit de l'apprenant dans le processus de l'acquisition de la connaissance scientifique. Ainsi, dans l'enseignement de la science ces théories peuvent constituer des éléments de solution aux échecs d'apprentissage, notamment dans les sciences de la nature. Face aux difficultés qu'un élève rencontre dans l'apprentissage de la science empirique, la réponse peut venir de la manière dont fonctionne l'esprit humain. La théorie du projecteur peut être une véritable réponse aux échecs d'apprentissage de la science chez un élève. Dans quelle mesure ? Avant de répondre à cette question, il convient d'abord

[682] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.124.

d'examiner la critique que Popper adresse à la théorie du seau. L'expression échec d'apprentissage désigne essentiellement le fait que l'apprenant n'arrive pas à acquérir la connaissance enseignée.

II-1-2-1- Critique de la théorie de l'esprit-seau

La théorie de l'esprit-seau, encore appelée l'épistémologie du seau, est une théorie philosophique qui caractérise l'esprit humain comme un seau, c'est-à-dire un récipient dans lequel on met toute sorte de choses, notamment les idées, les connaissances, les sensations, etc. D'après cette théorie, la connaissance vient du monde extérieur et se greffe dans l'esprit du sujet connaissant. L'esprit n'influe pas sur ce processus, son rôle est simplement de recevoir cette connaissance qui provient du monde extérieur. A cet égard, le rôle de l'esprit consiste simplement à recevoir cette connaissance par le moyen de la perception sensible. Dans *La connaissance objective*, Popper écrit :

> « Au point de départ de cette théorie, il y a une doctrine convaincante : avant de pouvoir connaître, ou dire quoi que ce soit sur le monde, il nous faut auparavant avoir eu des perceptions – des expériences sensorielles. De cette doctrine il s'ensuit, pense-t-on, que notre connaissance, notre expérience est constituée, soit de perception accumulées (empirisme naïf), soit de perceptions assimilées, mises en ordre, ou classées (conceptions défendues par Bacon et, sous une forme plus radicale, par Kant [683]».

L'esprit reçoit les perceptions venues du monde extérieur sans avoir d'influence sur elles, comme le seau reçoit simplement un contenu sans influer sur ce contenu. Le liquide mis dans le seau ne changera pas de nature. Il ne subira aucune modification. Cela signifie que l'esprit ne produit pas la connaissance, mais qu'il la reçoit seulement comme la bassine reçoit de l'eau. A cet égard, la connaissance renvoie simplement aux différentes perceptions sensorielles, « la matière première [684]» de la connaissance, que l'esprit reçoit du monde extérieur. Les perceptions sont le point de départ de la connaissance ; elles viennent du monde extérieur jusque dans l'esprit, où elles subissent un traitement automatique, de manière à devenir la connaissance pure.

Ce traitement automatique consiste en une combinaison des perceptions particulières sans ajout qui s'accumule dans l'esprit. La connaissance c'est ce que l'on perçoit par nos sens. Ainsi, la connaissance du monde, des objets, n'est rien d'autre que les différentes perceptions que l'on reçoit de ces objets sans que nous intervenions sur eux, si ce n'est de les recevoir. Popper poursuit :

> « Selon cette conception, notre esprit ressemblerait donc à un récipient – une sorte de seau – dans lequel perceptions et connaissance s'accumuleraient. Bacon parle des perceptions comme de 'raisins, mûres à point' qu'il faut cueillir patiemment et laborieusement, et dont, une fois qu'ils seront

[683] Karl POPPER, *La connaissance objective*, 1979, Paris, Flammarion, 1998, tirage de 2014, p.499.
[684] Karl POPPER, *Ibid..*, p.500.

> pressés, coulera le vin pur de la connaissance. Les empiristes stricts nous conseillent d'inférer aussi peu que possible avec ce processus d'accumulation de la connaissance. La connaissance vraie est une connaissance pure, non contaminée par ces préjugés que nous sommes enclins à ajouter et à mélanger à nos perceptions ; ce sont elles et elles seules qui constituent la pure et simple expériences [685]».

Cependant, la principale critique que Popper adresse à la théorie de l'esprit-seau porte sur l'idée que les perceptions sont la matière première de la connaissance et que l'esprit ne doit rien ajouter sur ces perceptions premières, source de la connaissance vraie. Contre cette idée, Popper soutient que les perceptions ne sont pas fondamentales dans l'activité scientifique, et par ricochet dans l'apprentissage de la science. Ainsi, Popper s'appuie sur le problème de l'observation pour justifier sa critique : « Dans la science, c'est l'observation, et non la perception, qui joue le rôle décisif. Mais l'observation est un processus dans lequel nous jouons un rôle intensément actif. Une observation est une perception, mais une perception conçue à l'avance et préparée [686]». La perception renvoie au fait de recevoir les données qui viennent du monde extérieur, alors que l'observation est le regard attentif que l'on porte sur le monde afin de recevoir les données sensibles. C'est donc le fait d'observer qui est essentiel en science et non le simple fait de recevoir les données sensibles qui viennent de l'extérieur.

Mais dans l'observation le sujet n'est pas passif, il joue un rôle actif, c'est-à-dire que l'observation n'est pas neutre. Elle vient toujours après la théorie. C'est dans ce sens que Popper dit : « nous pouvons donc affirmer que toute observation est précédée par un problème, une hypothèse (peu importe le nom) ; en tout cas, par quelque chose qui nous intéresse, par quelque chose de théorique ou de spéculatif [687]». Par cette affirmation, il veut dire que l'observation (et en réalité la perception) repose sur un système d'attente qui est en nous. C'est par rapport à ces attentes conscientes ou inconscientes que l'observation est faite. C'est cela qui justifie, selon Popper, la portée de la théorie du projeteur ou de l'esprit-projecteur. Popper ne conçoit pas l'esprit comme un récipient passif, mais comme un ensemble de facultés ayant impact sur la construction de la connaissance par le sujet. L'élève n'est pas passif cognitivement, il participe à la construction de la connaissance qui lui est transmise.

II-1.2.2 La théorie de l'esprit-projecteur et l'échec d'apprentissage

A l'opposé de l'esprit-seau, Popper développe la théorie de l'esprit-projecteur qui présente sa propre conception de l'esprit : l'esprit est conçu non pas comme un vase passif à remplir mais

[685] Karl POPPER, *Op cit.*, p.500.
[686] Karl POPPER, *Ibid.*, p.501.
[687] Karl POPPER, *Ibid.*, p.501.

comme un projecteur actif, c'est-à-dire comme un appareil qui projette sur le monde de la lumière afin de l'éclairer. Cette lumière renvoie à des attentes (hypothèses ou théories) que l'esprit projette sur le monde afin de le connaître. En effet, selon Popper, l'esprit joue un rôle actif dans la production de la connaissance. Il agit sur le processus de la connaissance de telle sorte que la connaissance vraie porte les marques du sujet et de l'objet. Pour connaître le monde, l'esprit se projette avec ses attentes. Celles-ci sont soit infirmées soit confirmées par l'expérience ou l'observation. Cela veut dire que l'esprit n'est jamais neutre quand il vient à la connaissance scientifique. Toute recherche se fait toujours en vue de trouver quelque chose. Toute explication du monde est toujours motivée par certaines attentes qui peuvent être explicites ou implicites. Les attentes ne sont pas innées comme dans le platonisme[688], mais ce sont des préoccupations réelles qui portent sur des problèmes réels concernant le monde.

La théorie de l'esprit-projecteur soutient que les attentes, « une disposition à réagir, ou une préparation à une réaction, adaptée à (ou anticipant) un état de l'environnement encore à venir », constituent la matière première de la connaissance scientifique. Dans *Les deux sources de la connaissance et de l'ignorance*, Popper dit : « Les observations, toutes, jouent un rôle important en tant que test qu'une hypothèse doit subir quand nous faisons l'examen (cri- tique) [689]». Dans la quête de la connaissance, l'observation vient après l'hypothèse, c'est-à-dire qu'on a d'abord l'hypothèse puis l'observation, dans la mesure où celle-ci vise essentiellement à tester l'hypothèse afin de voir si elle est recevable ou non. Ainsi, Popper conçoit l'esprit humain non pas comme un réceptacle mais par sa faculté à produire des hypothèses, des idées. En d'autres termes l'esprit se distingue d'abord par sa fonction consistant à traiter des informa- tions. Il ne se contente pas de recevoir les données du monde ; il les traite, les transforme, les construit à sa manière. Toute donnée reçue est traitée par l'esprit. Ce traitement se fait en partie par les attentes du sujet.

Pour connaître, l'esprit commence d'abord par formuler des hypothèses ou des attentes ou des théories avant de procéder à des observations, car « une observation présuppose toujours l'existence d'un certain système d'attentes. On peut formuler ces attentes sous forme de questions ; et on se servira de l'observation pour obtenir une réponse qui confirme ou corrige les attentes ainsi formulées [690]». A travers cette affirmation, Popper veut dire que, dans le processus de la connaissance, les observations sont certes importantes mais qu'elles ne sont pas décisives.

---

[688] Karl POPPER, *Des sources de la connaissance et de l'ignorance*, 1963, Paris, Éditions Payot et Rivages, 1998, Tirage de 2012, p. 47-66.
[689] Karl POPPER, *Ibid.*., p.506.
[690] Karl POPPER, *La connaissance objective*, 1979, Paris, Flammarion, 1998, tirage de 2014, p.503-504.

Seules les hypothèses ou les attentes sont décisives. Derrière chaque opération, il y a une attente, même si cette dernière n'est pas formulée explicitement. Pensons par exemple à un individu qui heurte une pierre[691] ; le fait de heurter la pierre montre que l'individu s'attendait à voir une surface plane. Cette surface plane est l'horizon d'attente à laquelle se situait cet individu, et le fait de heurter la pierre est l'observation faite. Ce qui amène immédiatement cet individu à corriger son attente, en formulant une nouvelle hypothèse.

Toutefois, selon Popper, il y a une question qui demeure, celle de savoir ce qui vient en premier : est-ce l'observation ou est-ce l'hypothèse ? Les partisans de l'empirisme estimeraient que l'observation apparaît en premier, que c'est elle qui engendre les hypothèses. Par contre, Popper estime que pour la théorie de l'esprit-projecteur, les hypothèses apparaissent en premier. Dans le schéma de la connaissance, l'esprit commence par se faire des attentes et ensuite fait des observations. Popper l'exprime bien dans *La connaissance objective* :

> « Quant à la question de savoir ce qui vient en premier, les observations ou l'horizon d'attentes et les théories, on peut bien admettre qu'une nouvelle explication, ou une nouvelle hypothèse, est généralement précédée, chronologiquement, par les observations qui justement ont détruit l'horizon d'attentes antérieur et qui nous ont donc incités à tenter une nouvelle explication. Mais il ne faut pas en conclure que les observations précèdent de manière générale les attentes ou les hypothèses. Au contraire chaque observation est précédée par des attentes ou hypothèses ; plus particulièrement, par celles qui forment l'horizon d'attentes qui confère leur portée à ces observations ; ce n'est que de cette manière qu'elles parviennent au statut d'observations véritables [692]»

Il ressort ici que l'observation peut engendrer une hypothèse ou une attente nouvelle, mais cela ne signifie pas que l'observation vient en premier de manière générale. Autrement dit, l'hypothèse vient toujours en premier, sauf dans le cas particulier où l'hypothèse antérieure est réfutée par l'observation, ce qui conduit nécessairement à rechercher une nouvelle hypothèse à partir de cette observation falsifiante. Dans ce cas, on peut affirmer que l'observation précède l'hypothèse, mais il s'agit de la nouvelle hypothèse. A cet égard, on peut dire que l'observation ne peut précéder qu'une hypothèse nouvelle et non la première hypothèse qui précède toujours l'observation. Même dans cette situation, on peut décider de ne pas tenir compte de cette observation, mais de formuler une autre hypothèse qui va être testée avec une autre observation. Mais pour des raisons de logique, il est commode de poursuivre la recherche en allant jusqu'au bout du processus, en cherchant une nouvelle hypothèse dans la perspective de l'observation falsifiante. Il est donc vrai que l'hypothèse peut suivre l'observation, mais généralement l'hypothèse précède l'observation. C'est dans ce sens que Popper affirme :

> « tout ceci s'applique, plus particulièrement, dans la formation des hypothèses scientifiques. Car, c'est seulement à partir de nos hypothèses que nous apprenons quel genre d'observation

[691] Karl POPPER, *La connaissance objective*, 1979, Paris, Flammarion, 1998, tirage de 2014 p.503.
[692] Karl POPPER, *Ibid*., p.505-506.

nous devrions faire : où diriger notre attention, à quoi nous intéresser. C'est donc l'hypothèse qui devient notre guide et nous conduit à de nouveaux résultats d'observations [693]».

La primauté de l'hypothèse est plus perceptible dans l'activité scientifique. En science les observations ne jouent qu'un rôle secondaire. Ce sont les hypothèses qui orientent la recherche et qui disent quelles observations mettre en place. A la base de la recherche scientifique se trouvent d'abord les hypothèses ou les attentes, et les observations ne viennent qu'au second plan. Dans *La connaissance objective* Popper écrit : « la science ne part jamais de rien ; jamais on ne saurait dire d'elle qu'elle est libre de toute supposition ; car, à tout moment, elle présuppose un horizon d'attente […]. La science d'aujourd'hui est bâtie sur la science d'hier […] ; et la science d'hier, à son tour, repose sur la science d'avant-hier [694]». Cela veut dire qu'aucune recherche scientifique n'est neutre ou pure, car il y a toujours des attentes qui guident cette recherche. La recherche est toujours faite en vue de, même si on ne l'atteint pas.

Popper veut dire qu'il y a toujours préalablement des attentes, des suppositions, des présupposés de base, aussi bien en science que dans tout autre domaine ; mais ils ne sont pas toujours clairement exprimés. Ils participent, implicitement, à la réalisation de ce qui est recherché. L'horizon d'attentes est un système ancré dans l'esprit. C'est ce système qui est inné et non un savoir acquis dans l'au-delà dont il faudrait se ressouvenir par réminiscence. Un nouveau-né naît déjà avec des attentes avant même qu'il ait fait aucune expérience physique ou aucune observation. Par exemple, le fait que le bébé tête n'est pas anodin, c'est parce qu'il s'attendait à recevoir du lait maternel afin de se nourrir. Le fait de se nourrir et le lait maternel peuvent être considérés comme des attentes. Popper conçoit l'esprit comme un ensemble de prédispositions innées, c'est-à-dire certaines facultés ou fonctions qu'il convient d'éduquer. Donc face aux difficultés d'apprentissage, la théorie poppérienne de l'esprit demande de s'intéresser aussi aux facultés de l'élève et non exclusivement aux savoirs enseignés.

Dans la même optique, Popper montre que l'histoire des sciences est très instructive. En effet les grandes théories physiques que nous connaissons prennent souvent naissance dans le savoir constitué, c'est-à-dire dans les anciennes théories scientifiques. La relativité d'Einstein part des travaux de Newton, qui à leur tour s'appuient sur les travaux de Galilée qui prennent leur départ dans la physique aristotélicienne. A cet égard, ces théories physiques anciennes peuvent être considérées comme l'horizon d'attentes de la physique einsteinienne, mais cet horizon peut aussi être des présupposés personnels, par exemple des interrogations d'ordre cosmologiques que pourrait avoir fait Einstein dès son plus jeune âge à l'instar des interrogations

[693] Karl POPPER, *La connaissance objective*, 1979, Paris, Flammarion, 1998, tirage de 2014, p.506.
[694] Karl POPPER, *Ibid*., p.507.

enfantines, comme le dit Karl Jaspers dans son *Introduction à la philosophie* ; cette sorte de philosophie primitive que l'on retrouve chez les jeunes enfants. Les attentes peuvent être simplement des interrogations personnelles ou un problème important qui nous intéresse. Cela signifie que l'esprit n'est jamais sans rien, il possède des capacités à questionner. Ainsi, tout savoir enseigné rencontre et s'inscrit naturellement dans ce réseau d'attentes innées ou pas.

Seule l'activité de l'élève est un remède efficace contre l'échec d'apprentissage. Il ne s'agit pas d'une activité dogmatique comme l'apprentissage par mémorisation répétitive, mais d'une activité dynamique où l'élève est vraiment acteur, agit vraiment en produisant des hypothèses. Ainsi, l'échec d'apprentissage cesse d'être un obstacle à l'apprentissage. Quand on a véritablement expérimenté la correction de l'erreur, on ne la considère plus comme un échec. Nous pouvons dire que la théorie poppérienne de l'esprit donne une conception positive de l'erreur et de l'échec d'apprentissage. Ce ne sont pas des obstacles à l'apprentissage mais des moyens qui favorisent au contraire l'apprentissage. Un élève en échec d'apprentissage, est un élève qui est sûrement sur le chemin de la connaissance.

De même dans *La formation de l'esprit scientifique* Bachelard pense que l'esprit n'est pas vide lorsqu'il vient à la connaissance. Il est plein des préjugés qui constituent des obstacles à la connaissance qu'il faudrait nécessairement surmonter. Dans tous les cas, pour les deux auteurs, la meilleure manière de surmonter l'échec d'apprentissage, c'est de procéder par la prise en compte psychologique de ce qui est dans l'esprit de l'apprenant, ses attentes et ses préjugés. Sans cette prise en compte, les difficultés demeurent insurmontables, l'apprentissage s'arrête.

II-2 Deux définitions de l'esprit presque divergentes

Parler de l'esprit chez nos deux auteurs peut paraître curieux, quand on sait que ce sont des épistémologues et non des métaphysiciens. Leur champ d'étude est par nature concret et pratique. Celui-ci ne porte que sur le monde empirique voire physique et non sur des entités abstraites dont on ne peut prouver leur existence. En réalité, cette objection méconnait toutes les dimensions des pensées de nos deux auteurs. En effet, ce sont des philosophes, et en tant que tels, la question de l'esprit est évidemment au cœur de leur philosophie, parce qu'elle concerne la nature de l'homme. La science n'évacue pas cette question, car l'activité scientifique est faite par l'homme. Ce dernier a un impact sur la connaissance qu'il produit.

Bachelard et Popper, par la dimension épistémologique de leurs œuvres, s'éloignent-il de la vielle question du dualisme des essences ? La question du rapport entre le corps et l'esprit,

bref la question de la définition et de la compréhension de l'homme. « Qu'est-ce que l'homme ? » Cette fameuse question kantienne est-elle dépassée ? Une lecture approfondie des œuvres respectives de Bachelard et de Popper conduit à répondre par la négative. Le premier n'a cessé de s'interroger sur la dimension psychique, voire psychologique du sujet connaissant, notamment dans *La formation de l'esprit scientifique.* De même, dans *La connaissance objective*, Popper développe une théorie de l'esprit humain. Sauf que nos deux auteurs se démarquent de l'orientation métaphysique de la question du dualisme (Platon, Descartes, etc.). Ils s'inscrivent dans une perspective épistémologique et psychologique pour examiner les capacités de l'homme ou les pouvoirs de l'homme qui fait la science, voire les conditions de l'homme à élaborer la connaissance scientifique. En réalité ils ne sortent pas du dualisme corps-esprit (c'est le même problème que Bergson aborde dans *Matière et mémoire*), mais ils cherchent simplement à examiner la question sur un plan différent de la métaphysique traditionnelle, certainement à cause de leurs parcours de formations qui sont d'abord d'ordre scientifique. Bachelard tout comme Popper ont d'abord fait des études de sciences avant de s'intéresser à la philosophie. Donc, même s'ils ne le disent pas concrètement, on voit que Bachelard et Popper traitent la question de l'esprit dans son rapport à l'élaboration et à l'acquisition de la connaissance scientifique.

L'homme est bidimensionnel. Cette conception de l'être humain est aussi perceptible dans les œuvres des deux auteurs. Popper tout comme Bachelard conçoivent l'homme à la fois comme corps (la partie matérielle, charnelle) et comme esprit (la partie psychique, intelligible). Pour eux, l'esprit n'est pas une entité, une réalité abstraite qui peut survivre indépendamment du corps, comme c'est le cas dans une certaine métaphysique. L'esprit renvoie à toute la dimension psychique, c'est-à-dire l'activité cognitive de l'homme. C'est en quelque sorte la partie supérieure de l'être humain qui est le siège de notre activité psychique et mentale où se manifestent les facultés de connaitre. Il s'agit d'un ensemble psychique structuré par le raisonnement, la mémoire, la perception, etc., à partir desquels se forment les contenus de l'esprit[695]. L'esprit se distingue à la fois par ses fonctions et ses contenus. Cette idée de contenu est le point crucial qui rapproche les deux auteurs. Ils conçoivent l'esprit comme ayant une activité prépondérante sur la formation de ses contenus. Cela signifie que l'esprit n'est jamais passif, il y a toujours un effort implicite de l'esprit, même si cet effort n'est pas dynamique.

Cependant, il existe une divergence claire entre la conception bachelardienne et la conception poppérienne de l'esprit. Dans la pensée bachelardienne, l'esprit renvoie tout d'abord à

[695] Antonio DAMASIO, *Sentir et Savoir, une nouvelle théorie de la conscience*, Paris, Odile Jacob, 2021, p.50.

la pensée, c'est-à-dire à la façon de penser, de voir ou de faire quelque chose. Cette conception de l'esprit est clairement illustrée par les intitulés de ses deux livres phares, *Le nouvel esprit scientifique* (1934) et *La formation de l'esprit scientifique* (1938). Le mot esprit est ici synonyme de l'activité de penser, c'est-à-dire la manière de réfléchir, d'analyser caractéristique du domaine scientifique. Si on retire le terme scientifique alors, chez Bachelard, l'esprit désigne simplement la façon de penser. Cela est caractérisé en ces termes :

> Dès le début de nos réflexions sur le rôle d'une philosophie des sciences nous nous heurtons à un problème qui nous paraît aussi mal posé par les savants que par les philosophes. C'est le problème de la structure et de l'évolution de l'esprit. Là encore, même opposition : le savant croit partir d'un esprit sans structure, sans connaissances ; le philosophe pose le plus souvent un esprit constitué, pourvu de toutes les catégories indispensables pour comprendre le réel [696]

A travers ces propos publiés en 1940 dans *La philosophie du non, essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique*, Bachelard tente de distinguer la pensée philosophique et l'esprit scientifique. De là vient que le philosophe et le savant ont deux manières de penser distinctes qui s'opposent. Il se situe ici dans le prolongement de sa réflexion visant à déterminer la spécificité de la pensée scientifique contemporaine dans ses rapports avec la philosophie, entamée dans ses textes antérieurs, notamment *Le nouvel esprit scientifique* (1934) et *La formation de l'esprit scientifique* (1938). Par cette caractérisation, Bachelard s'attèle à définir la nature même de l'esprit comme attitude et manière de penser à partir du philosophe et du savant. Dans sa manière de penser ou de réfléchir le savant considère que la connaissance découle de l'ignorance, c'est-à-dire d'une absence de connaissance. Pour Bachelard cette manière de penser ne caractérise pas véritablement l'esprit scientifique, car l'absence de connaissance n'est pas un vide, elle renferme des erreurs à corriger[697]. Ainsi la constitution de l'esprit scientifique commence par la destruction d'une structure de base : l'esprit non scientifique. Le philosophe, quant à lui, pense la connaissance avec des principes généraux, des vérités premières, sans se soucier des variations spécifiques des objets. Dès lors, on peut dire que Bachelard conçoit d'abord l'esprit comme l'ensemble des traits distinctifs d'une certaine manière de penser et d'être relatif à un domaine (la science, la philosophie). Mais Bachelard conçoit aussi l'esprit comme l'être humain considéré dans en tant que sujet connaissant caractérisé par son activité réflexive. Dans les deux cas l'esprit n'est pas une page blanche[698] ; il est constitué d'une structure de base à réformer ou transformer.

[696] Gaston BACHELARD, *Le philosophie du non*, 1940, Paris, Puf, 2012, p.7.
[697] Gaston BACHELARD, *Ibid*., p.8.
[698] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, 1938, Paris, Vrin, 1999, p.14.

Inversement, dans *La connaissance objective*, Popper élabore sa théorie de l'esprit. Il conçoit ce dernier comme l'ensemble des processus psychiques dont il cherche à expliciter le fonctionnement et la nature. C'est là le point le plus important de sa réflexion sur l'esprit. Popper ne s'intéresse pas vraiment à établir le sens de l'esprit, mais à montrer comment il fonctionne dans la perspective de la résolution du problème corps-esprit : il substitut la question « qu'est-ce que ? » à la question « que fait l'esprit ? ». Celle-ci conduit à mieux saisir la nature de l'esprit de manière concrète, alors que la première question se limite à la signification des mots, ce qui peut fait obstacle à l'analyse de réels problèmes comme les pouvoirs de l'esprit. Popper désigne par esprit le siège de la cognition, c'est-à-dire l'activité psychique définie par l'ensemble des états et des opérations mentaux. Dans *La quête inachevée*, particulièrement dans le chapitre « le problème corps-esprit et le monde 3 » Popper écrit :

> Je pense que j'ai toujours été un dualiste cartésien, bien que j'ai toujours regretté que l'on parle de 'substance' ; et sinon dualiste, certainement davantage porté au pluralisme qu'au monisme. Je pense qu'il est stupide ou, pour le moins, arbitraire de nier l'existence des expériences mentales, des états mentaux ou des états de conscience, et de nier qu'en règle générale, les états mentaux sont étroitement liés aux états du corps, en particulier aux états physiologiques […]. Nous sommes des moi ou des esprits ou des âmes incarnées [699].

Dans ce développement autobiographique, Popper précise sa thèse sur l'existence de l'esprit par rapport au problème corps-esprit qu'il a longuement développé dans ses travaux antérieurs, notamment dans une conférence de 1968, reprise dans *La connaissance objective* sous le titre de « théorie de l'esprit objectif ». Cette précision est intéressante en ce sens qu'elle montre clairement le positionnement de Popper, c'est-à-dire son acceptation du dualisme cartésien, même s'il ne retient pas la notion de substance, parce qu'elle fait subsister une ambiguïté sur la causalité de l'esprit et du corps. Le problème corps-esprit, sous la plume de Popper, est une affirmation patente de l'existence de l'esprit, et par conséquent un rejet du monisme matériel, doctrine qui tend à nier l'existence de l'esprit, ou du moins, à réduire celui-ci à de simples opérations physiques neuronales. Or Popper postule comme Descartes que l'homme est une entité dualiste, c'est-à-dire qu'il est à la fois corps et esprit. Les deux dimensions de l'homme interagissent, s'influencent mutuellement. Popper s'inscrit ici dans une logique de réaffirmation de son intérêt pour la psychologie de la découverte qui prend en charge la détermination de la nature du sujet connaissant. Celui-ci se distingue premièrement en tant qu'esprit et accessoirement en tant que matière. Nous nous déterminons d'abord comme des « esprits incarnés », c'est-à-dire des êtres dont l'essence réside dans l'activité mentale. Selon Popper l'esprit est synonyme d'activité mentale, c'est la partie psychique immatérielle de l'homme ayant pour

[699] Karl POPPER, *La quête inachevée*, 1974, Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.264-265.

fonction de produire les objets du monde 3, c'est-à-dire les théories, les raisonnements, les idées, les mythes. Ces objets constituent le substrat de l'influence des états mentaux sur des états physiologiques.

En résumé, dans la théorie bachelardienne, on a affaire à une conception internaliste de l'esprit humain : l'esprit est défini par ses capacités internes, sans nécessairement établir leurs liens avec le corps. Alors que la conception poppérienne peut être qualifiée d'externaliste, dans la mesure où l'esprit est selon lui étroitement lié aux états physiologiques. Mais il accorde quand-même une primauté de l'esprit sur la matière. Ainsi dans l'apprentissage, l'esprit est sollicité en priorité par rapport au corps. Par conséquent, face aux difficultés d'apprentissage, la théorie poppérienne nous enseigne qu'il est primordial de s'intéresser aux états mentaux de l'apprenant, c'est-à-dire ses opérations de pensée. On peut donc conclure que la définition poppérienne de l'esprit, même si elle est légèrement différente de celle de Bachelard, conduit tout de même à une même conséquence pédagogique, à savoir la prise en compte de la manière dont fonctionne l'esprit de l'apprenant lorsqu'il rencontre des difficultés d'apprentissage. Voyons maintenant l'intérêt pédagogique de leurs théories de l'esprit, et comment elles peuvent contribuer à prendre en compte et à surmonter les difficultés d'apprentissage de la science.

II-3 Les implications pédagogiques des théories de l'esprit

II-3.1 Les enjeux de la conception bachelardienne

Bachelard ne se contente pas de décrire la nature et le fonctionnement de l'esprit humain. Ce qui l'intéresse, c'est de montrer comment cela s'applique dans l'enseignement des sciences, c'est-à-dire comment se manifestent les obstacles pédagogiques dans la pratique éducative.

Dans l'enseignement de la science l'observation première constitue aussi un premier obstacle à la culture scientifique, dans une perspective d'acquisition de celle-ci par l'élève, car le pittoresque, les images et l'affectivité y exercent les mêmes dommages que dans l'histoire de la pensée scientifique. En effet, l'élève qui observe pour la première fois un phénomène scientifique, regarde seulement les traits visuels qui l'émerveillent. Ainsi, il ne parvient pas à sa réalité objective parce que sa perception se limite seulement à ce qu'il voit dans l'apparence

du phénomène : « la première emprise empirique ne donne même pas le juste dessin des phénomènes, même pas une description bien ordonnée, bien hiérarchique des phénomènes [700]». Les expériences réalisées en classe sont trop imagées, si bien qu'elles empêchent les élèves de saisir les éléments essentiels des phénomènes. Bachelard résume le problème en ce sens :

> « Dans nos classes élémentaires, le pittoresque et les images exercent les mêmes ravages. Dès qu'une expérience se présente avec un appareil bizarre, en particulier, si elle vient sous un nom inattendu des lointaines origines de la science, comme par exemple l'harmonica chimique, la classe est attentive aux évènements : elle omet seulement de regarder les phénomènes essentiels. Elle en- tend les beuglements de la flamme, elle ne voit pas les stries. S'il se produit un accident, triomphe du singulier, l'intérêt est à son comble […] s'écarquillent les yeux des jeunes élèves[701]. »

L'auteur évoque ici l'intérêt sensationnel des élèves lorsqu'ils observent pour la première fois un phénomène scientifique. L'explosion en est ici une belle illustration. En effet, les élèves regardent seulement les images de l'explosion et les impressions qu'elle suscite, sans voir les réactions chimiques que met en œuvre cette explosion. Ils ignorent ainsi la richesse nouménale des phénomènes scientifiques. Pour les connaître, il faut amener les élèves à s'élever au-dessus des apparences, car la science consiste à aller au-delà de ce que l'on voit. Le fait naturel ou le réel empirique n'est pas encore un fait scientifique, puisqu'il n'a pas encore subi une rationalisation, c'est-à-dire un examen critique rationnel. N'est-ce pas là la tâche de l'enseignant de mettre en jeu cette rationalisation, pour faire ressortir l'abstrait du concret qui est un élément intégrant de la connaissance objective ?

De plus, les élèves portent de l'intérêt aux phénomènes à cause des impressions que ceux-ci suscitent. A cet égard, l'observation première (même réalisée en classe) est un obstacle pédagogique, en ce sens que l'esprit de l'élève est plus attiré par les manifestations sensibles du phénomène. Autrement dit, l'élève s'attache au phénomène, car il concentre sur lui une masse d'affectivité qui le détournent de la connaissance objective du phénomène, dans la mesure où son regard se porte seulement sur l'apparence du phénomène et non sur son essence. L'action ou le rôle de l'enseignant est nécessaire, il doit amener l'élève à porter son regard sur l'essence du phénomène. Il s'agira d'un regard débarrassé de toute forme de sentiment (négatif). Cet effort sur soi est une voie vers l'objectivité. Le phénomène de l'explosion, que nous avons évoqué plus haut, est trop symbolisé par l'élève. Il le regarde d'un point de vue affectif. Bachelard constate que l'élève évoque seulement les impressions qu'un tel phénomène suscite étant donné qu'il est plus attiré par le spectaculaire que par l'essentiel[702], alors qu'à travers

[700] Léna SOLER, *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipse, 2000, p.35.
[701] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.46.
[702] Il s'agit des formes, des apparences d'un phénomène ; par exemple un élève sera plus impressionné par le spectacle de l'électrolyse de l'eau que par les éléments théoriques et mathématiques qui en ressortent.

l'observation d'une explosion l'enseignant veut montrer à l'élève le caractère fonctionnel des réactions chimiques mises en œuvre.

En revanche l'élève ne voit pas en général les choses de cette manière, si bien qu'« au spectacle des phénomènes les plus intéressants, les plus frappants, l'homme va naturellement avec tous ses désirs, avec toutes ses passions, avec toute son âme. On ne doit donc pas s'étonner que la première connaissance objective soit une première erreur [703]». Ce que dit ici Bachelard s'applique dans la pratique de l'éducation. En effet, l'observation première est toujours une entrave à l'acquisition de la connaissance scientifique chez l'apprenant. Et la connaissance qu'il acquiert dans ce sens est toujours une fausse connaissance de l'objet, car elle ne porte pas sur son essence mais sur son apparence. Bachelard veut dire que l'esprit de l'élève fonctionne comme tout esprit frappé par le spectacle d'un phénomène. Ce qui est étrange ou extraordinaire suscite toujours une réaction affective, qui peut être un blocage intellectuel.

Comme nous l'avons déjà dit, dans l'enseignement de la science, les généralités de premier ordre sont aussi manifestes. Autrement dit, la connaissance générale entrave aussi l'acquisition de la connaissance scientifique chez l'élève, en ce sens que les cours de science sont remplis de résumés trop généraux, qui donnent aux apprenants une vue générale des phénomènes scientifiques, faisant ainsi obstacle à une compréhension plus pointue, plus précise du phénomène étudié. C'est dans ce sens que Bachelard évoque la leçon de mécanique qui étudie la chute des corps dans l'enseignement élémentaire pour montrer le caractère entravant de la loi générale de la chute des corps. Il écrit : « cette loi est si claire, si complète, si bien fermée sur soi, qu'on ne sent pas le besoin d'étudier la chute de plus près [704]». Elle voile les variations mathématiques de la chute des corps essentielles à la compréhension de ce phénomène dans son essence. La force de pesanteur agissant positivement dans le mouvement de haut en bas et celle qui agit dans le sens inverse seraient ainsi occultées par l'aspect général de la chute, puisqu'« autour d'une connaissance trop générale, la zone d'inconnu ne se résout pas en problème précis [705]». À travers cette affirmation, Bachelard veut dire qu'une connaissance générale renferme toujours une réalité qui n'est pas connue, autrement dit il y a toujours une partie de la réalité phénoménale qui demeure dans l'ombre. Les ombres renvoient à l'inconnu connaissable du phénomène.

Ainsi, l'élève à qui on enseigne une loi scientifique générale ne connaîtra pas véritablement le phénomène à étudier. Par conséquent, l'étude des lois scientifiques générales dans

[703] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.65.
[704] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.70.
[705] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, 2004, p.70.

l'éduction scientifique bloquent la formation de l'esprit scientifique chez l'élève. Il manque donc d'une culture scientifique véritable, c'est-à-dire dynamique et capable de susciter la recherche. C'est dans ce sens que Bachelard dit : « une connaissance qui manque de précision ou, pour mieux dire, une connaissance qui n'est pas donnée avec ses conditions de déterminations précises n'est pas une connaissance scientifique. Une connaissance générale est presque fatalement une connaissance vague [706]». La précision est l'un des critères de scientificité qui permet d'opérer une démarcation entre la connaissance scientifique et le savoir non scientifique. De ce fait, la science des résumés généraux qu'on enseigne aux élèves est donc loin d'être une culture scientifique véritable. Au lieu de dynamiser l'esprit de l'apprenant, elle le bloque, elle arrête son l'élan spirituel.

Selon Bachelard, l'enseignement de la science n'est pas épargné par les « mots obstacles [707]». Dans la pratique éducative, il y a aussi l'usage des métaphores, des images pour rendre compte d'un phénomène étudié. Ce qui est de nature à faire obstacle à l'acquisition de la connaissance scientifique chez l'apprenant. C'est pourquoi un enseignant devrait pratiquer une surveillance intellectuelle de soi afin de faire attention à la présence de ces mots explicatifs dans son enseignement, car l'esprit s'attache facilement aux images qui sont la marque du sensible. Bachelard veut dire que l'esprit accorde facilement une valeur aux images qui ne sont que des métaphores. Or une image n'explique pas, il faut une opération de raison pour que l'image dégage un sens.

D'après Bachelard l'étude des principes généraux de la nature, qui prétendent expliquer tout phénomène de la nature, bloque la pensée. Cette dernière cesse de progresser puisque l'élève ne manifeste plus le besoin de connaître davantage, car la recherche cesse lorsqu'on n'éprouve plus le désir de connaître ou d'aller de l'avant dans la recherche, c'est-à-dire qu'on pense avoir tout résolu, tout compris. L'explication unitaire apparait comme une sorte de résolution définitive de la question. C'est ainsi que Bachelard dit : « toutes les difficultés se résolvent dans une vision générale du monde[708]». La transmission des connaissances marquées par des multiples considérations pratiques ou utilitaires entraine une valorisation exagérée des phénomènes. Cette valorisation voile ainsi la compréhension par l'élève des traits essentiels qui définissent le phénomène. Cela veut dire que ce qui est véritablement enseigné dans ce cas n'est rien d'autre que les buts et les effets des phénomènes scientifiques et non ce qu'ils sont. Il n'y

[706] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.87.
[707] Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.100.
[708]Gaston BACHELARD, *Ibid.*, p.101.

a qu'à regarder les manuels scolaires de science, pour se rendre compte que la physique, la chimie, la biologie sont enseignées dans une logique pragmatique.

Il en résulte la nécessité d'une psychanalyse de la connaissance objective ou du savoir à enseigner. Là se trouve un véritable enjeu didactique : celui d'une critique préalable du savoir à transmettre à l'élève, afin d'extirper toute considération unitaire et utilitaire des phénomènes. Bachelard veut dire que l'esprit a déjà en lui un certain savoir lorsqu'il vient à la culture scientifique. Ce savoir préalable ou pré-savoir est un obstacle qu'il faut détruire. Il est donc nécessaire de psychanalyser l'esprit afin d'extirper ce pré-savoir impur qui fait obstacle à la connaissance. Les difficultés d'apprentissage sont des obstacles à identifier et à détruire. Il peut s'agir des émotions, des lacunes. Ainsi mieux enseigner la science, c'est d'abord identifier les préconceptions des élèves et les remettre en cause, puis parvenir à les surmonter afin qu'il accède à la connaissance véritable. Dans l'enseignement de la science, les explications substantialistes exercent les mêmes ravages. Ces explications donnent des réponses qui bloquent la pensée de l'élève, c'est-à-dire qu'elles ne suscitent pas en lui des questions nouvelles. Elles l'orientent vers de faux problèmes, étant donné que la connaissance d'un phénomène à partir de ses diverses qualités empiriques ne permet pas de le connaître véritablement.

II-3.2 Les enjeux de la conception poppérienne

Comme chez Bachelard, la théorie poppérienne de l'esprit renferme aussi des implications pédagogiques. Il s'agit d'une manière de concevoir l'esprit de l'apprenant qui détermine la manière de lui transmettre les savoirs scientifiques.

Pour Popper l'esprit de l'apprenant n'est jamais vide quand il vient apprendre une matière ou un contenu. Et ce dernier joue un rôle actif dans l'acquisition de la connaissance qui lui est transmise. Lorsqu'un élève vient apprendre une connaissance, son esprit est rempli d'attentes, de suppositions, de présupposés. Ainsi, l'une des manières efficaces pour surmonter l'échec d'apprentissage d'un élève consiste non pas à remplir à tout prix son esprit de manière dogmatique, mais plutôt à dynamiser son esprit en le rendant actif. Il s'agit de faire en sorte que l'élève produise par lui-même des hypothèses ou des attentes qu'il formule explicitement dans le langage. Cette opération est importante, dans la mesure où elle permet à l'élève de prendre conscience de ses propres erreurs et de chercher à les corriger.

En effet, on apprend lorsqu'on parvient véritablement à corriger nos erreurs, c'est-à-dire à modifier nos dispositions à réagir par rapport à nos attentes, car l'apprentissage consiste

en ce que nos attentes désavouées par l'expérience ou l'observation soient corrigées. C'est dans ce sens que Popper dit : « de tels désaveux nous forcent à corriger notre système d'attentes. Le processus d'apprentissage consiste pour l'essentiel en de telles corrections – en l'élimination de certaines [attentes désavouées] [709]». La joie et le plaisir, qui se trouve au bout de ce processus, ne peuvent que stimuler le désir d'apprendre parce que la difficulté ou l'échec d'apprentissage n'est plus un obstacle invaincu ou une honte, mais un moyen d'apprentissage qui conduit à la réussite.

Conclusion

Comment surmonter les difficultés d'apprentissage dans un enseignement critique de la science ? Cette question inaugure clairement la dimension psychopédagogique des pensées de nos deux auteurs, à partir de l'examen d'une série de questions portant principalement sur la mémoire et l'esprit humain. Autrement dit toute tentative visant à surmonter les difficultés relatives à l'apprentissage de la science consiste à saisir à la fois le fonctionnement de l'esprit humain et de la mémoire, conditions nécessaires pour un enseignement efficace et fécond. Un tel enseignement fondamentalement critique admet la nécessité de retenir ce qui est enseigné. Il y a un véritable problème quand on ne retient pas ce qui est enseigné. Il faut donc « cultiver la mémoire [710]» pour reprendre l'expression de Popper. Il existe cependant une divergence entre Bachelard et Popper, en ce qui concerne la procédure. L'approche bachelardienne consiste à partir de l'intérieur vers l'extérieur : la reconstitution est un surgissement du souvenir (un savoir enseigné) de l'intérieur de la mémoire. On ne voit pas ici comment la mémoire imprègne au préalable ce souvenir. Il y a comme un effacement d'une fonction de la mémoire. Tandis que l'approche poppérienne opère le mouvement inverse : cultiver la mémoire en toute autonomie consiste tout d'abord à fixer les données (futur souvenir) dans la mémoire : la reconstitution est faite dans l'optique d'intérioriser une matière.

Dans la même logique d'opposition, chez Bachelard, on a affaire à une conception internaliste de l'esprit humain : l'esprit est défini par ses capacités internes sans nécessairement établir leurs liens avec le corps. Alors que la conception poppérienne peut être qualifiée d'externaliste interactionniste, dans la mesure où l'esprit est selon lui étroitement lié aux états physiologiques. Mais il accorde néanmoins une primauté de l'esprit sur la matière. Nous ne voulons

[709] Karl POPPER, *La connaissance objective*, 1979, Paris, Flammarion, 1998, tirage de 2014, p.503
[710]Karl POPPER, *Apprentissage et découverte*, 2008, Paris, Rue d'Ulm, 2019, p.171.

pas nous enfermer dans l'opposition externaliste-internaliste des deux approches. Nous nous attachons plutôt à la façon dont ils construisent un discours psychopédagogique tributaire de leurs thèses épistémologiques. Dans *La formation de l'esprit scientifique*, Bachelard critique l'idée selon laquelle l'esprit humain est une page blanche à remplir[711] ; et il rejette aussi la conception de l'enseignement qui en découle, à savoir que la meilleure manière d'enseigner la science serait de procéder par la répétition, afin d'introduire les savoirs dans son esprit. Or l'esprit est toujours confronté à des obstacles épistémologiques, tels que des préjugés (connaissance acquise dans l'expérience sensible première). Ces préjugés sont souvent le fondement des difficultés d'apprentissage. Popper emboite le pas, en rejetant d'abord la théorie de l'esprit réceptacle qui conçoit l'esprit comme un récipient passif qui reçoit de l'extérieur les données du monde sans avoir d'impact sur elles. La connaissance est produite par l'esprit, par des opérations mentales. Donc l'esprit de l'apprenant participe à la production du savoir enseigné.

De ce qui précède, nous pouvons dire que les théories bachelardiennes et poppériennes de l'esprit et de la mémoire apparaissent comme de meilleures manières d'apprendre et d'enseigner la science. Car elles permettent de prendre en compte les obstacles à l'apprentissage et à les surmonter : tout blocage, toute difficulté d'apprentissage sont liés à des obstacles pédagogiques. De plus, ces théories constituent les conditions nécessaires pour un enseignement efficace et fécond de la science, c'est-à-dire un enseignement par la critique, dans la mesure où elles dynamisent la mémoire et activent l'esprit ; une mémoire dynamique reconstitue mieux la matière enseignée et un esprit actif cherche toujours à transcender ses difficultés et à apprendre de nouvelles connaissances. On a affaire ici à la définition des stratagèmes (processus, démarche) pour surmonter les difficultés des élèves et pour susciter l'envie et le plaisir d'apprendre en dynamisant l'esprit et la mémoire. Ce qui donne lieu à une pédagogie des émotions, dont l'objectif est la motivation, le désir d'apprendre continuellement et progressivement. En définitive, mieux enseigner la science serait prendre en compte les émotions paralysantes et les émotions motivantes qu'engendre l'acte d'enseigner, à la fois chez l'enseigné et chez l'enseignant, car cette prise en compte permettrait de surmonter tout ce qui peut être au fondement des échecs d'apprentissage, au-delà du didactique et du méthodologique.

[711] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, 1938, Paris, Vrin, 1999, p.14.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de notre étude sur la pédagogie de la science chez Gaston Bachelard et Karl Popper, il ressort que la pédagogie, abordée ici dans sa dimension philosophique, est un concept qui s'inscrit aussi dans le champ de l'épistémologie ou de la philosophie des sciences. En épistémologie on ne traite pas souvent la pédagogie comme un thème faisant partie de ce champ d'études philosophiques, pourtant il en fait vraiment partie, comme cela est perceptible dans les œuvres respectives de Bachelard et de Popper. Pour ces deux penseurs, qui appartiennent à des traditions philosophiques différentes, la pédagogie désigne avant tout une théorie critique, qui a pour fonction d'interroger de manière permanente les pratiques pédagogiques en cours et de définir ensuite des processus adéquats de transmission des savoirs, notamment les savoirs scientifiques. La science, quant à elle, désigne ici une activité de recherche, c'est-à-dire l'étude méthodique des phénomènes de la nature par les théories, l'expérience et les lois testables et universelles, dont le but est de produire des connaissances objectives. Nous avons vu que pour Popper et Bachelard cette conception de la science empirique s'exprime notamment par des théories scientifiques contemporaines, telles que la Relativité d'Einstein[712] et la mécanique quantique[713]. La pédagogie de la science renvoie à la « définition » des différents mécanismes permettant de mieux transmettre la science empirique. Il s'agit précisément de la définition des processus d'apprentissage des concepts, des lois, des théories scientifiques, notamment dans l'enseignement secondaire. Par exemple, la notion d'énergie ou celle de masse peut être apprise de façon approfondie, en procédant par la détermination du profil épistémologique des divers degrés de sa conceptualisation[714].

Ainsi, l'étude comparative que nous avons menée sur l'enseignement de la science, via les épistémologies bachelardienne et poppérienne, a eu pour fonction non pas d'opposer systématiquement les deux auteurs, mais de les rapprocher, de les associer sur la question de la transmission des savoirs scientifiques et de la formation de l'esprit scientifique dans le contexte scolaire. Il a donc été question d'une étude épistémologique ou de philosophie des sciences qui traite de la science empirique dans le contexte scolaire, dont le problème fondamental est celui de la transmission de l'image véritable de la science empirique. En effet, selon Bachelard et Popper, nous l'avons vu, le principal problème de la pédagogie de la science, c'est le fait que les savoirs enseignés dans le contexte scolaire ne cadrent pas toujours avec les nouveaux savoirs

[712] Karl POPPER, *Conjectures et réfutations* (1963), Paris, Payot, 1985, p.61. Et Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, 1934, Paris, Quadrige/Puf, 2003, p.46.
[713] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, 1934, Paris, Quadrige/Puf, 2003, p.87. Et Karl POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.220.
[714] Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, (1940), Paris, Quadrige/Puf, 2012, p.42-45.

scientifiques produits par la recherche scientifique. Bachelard parle même d'une science périmée, d'une science non actualisée qui est présente dans la pratique de l'éducation scientifique, à savoir cette science classique que l'on continue d'enseigner dans les classes au détriment de la nouvelle science. Cela signifie que l'enseignement de la science doit correspondre à la science en train de se faire ou à la nature véritable de la science qui convienne à une certaine époque. A chaque époque sa science, et à chaque science son enseignement. Même si à une époque quelconque la science antérieure peut encore être en vigueur, comme Bachelard et Popper nous le montrent dans leurs épistémologiques respectives. L'enseignement de la science à cause de son caractère dogmatique continue souvent de transmettre une science dépassée, malgré des avancées scientifiques. Par exemple, la science newtonienne (ou mieux la mécanique classique incluant Laplace, Lagrange, etc.) occupe un statut plus important que la Relativité dans l'enseignement de la science. C'est dire que Newton est plus enseigné qu'Einstein. Alors que la Relativité d'Einstein a bel et bien supplanté la théorie newtonienne[715], en apportant un changement de sens des concepts de masse, d'énergie et de vitesse[716].

A cet égard, nous avons vu que la résolution du problème de la pédagogie de la science, ainsi posé selon Bachelard et Popper, passe par trois moments déterminants. Le premier concerne essentiellement les critiques que Popper et Bachelard adressent aux fondements épistémologiques classiques de l'enseignement de la science. Il s'agit des critiques à l'encontre de l'empirisme classique et du rationalisme classique. Selon les deux penseurs ces conceptions classiques décrivent une vision erronée de la science de la nature. Cependant, cette vision est largement répandue dans l'enseignement des sciences empiriques. Les professeurs de science enseignent selon une vision rationaliste ou selon une conception empiriste. La première implique que les théories, les lois scientifiques telles qu'elles sont ne sont pas critiquables, et que les vérités qu'elles produisent sont définitives, c'est-à-dire irrécusables. Les lois de la thermodynamique sont considérées comme irréfutables, de même que les principes qui expliquent la chute des corps. Les expériences de Lavoisier ne peuvent être remises en cause, et pourtant rien n'exclut l'apparition de faits nouveaux qui pourraient mettre en doute ces expériences. Dans l'histoire des sciences, on voit bien que ce dogmatisme de la pédagogie de la science classique n'obéit pas au progrès scientifique effectif, qui se fait par réfutation des théories : la théorie de la relativité supplante la mécanique newtonienne. La vision empiriste, quant à elle consiste à partir de l'expérience : c'est-à-dire l'observation et l'expérimentation. Cette manière de faire

[715] Karl POPPER, *Conjectures et réfutations* (1963), Paris, Payot, 1985, p.326.
[716] Gaston BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, 1934, Paris, Quadrige/Puf, 2003, p.56.

acquérir le savoir scientifique débouche sur l'idée que la science n'est qu'une affaire d'opération de calcul et de maitrise d'instrument[717]. A titre d'illustration, on peut citer le cas classique des expériences de Lavoisier que l'élève doit refaire, alors que les découvertes faites par ces expériences sont dues au hasard[718]. Cette pédagogie empiriste empêche aux élèves d'avoir une véritable image de la science. Cela veut dire que la manière dont les sciences sont enseignées dans le secondaire ne favorise pas la transmission de la nature effective de la science telle qu'elle est décrite par le rationalisme critique et l'épistémologie historique. Quant au second moment, il consiste en la clarification du concept de science (sa nature, sa démarche et son progrès) par l'épistémologie dynamique de Bachelard et de Popper. Cette épistémologie critique apparaît en définitive comme un meilleur fondement de l'enseignement de la science que les épistémologies traditionnelles (rationalisme et empirisme classiques), dans la mesure où elle décrit une image plus fidèle de la science empirique. C'est dire que cette épistémologie dynamique montre ce qu'est véritablement la science empirique. Enfin, le troisième moment porte sur les processus d'apprentissage ou d'enseignement de la science par le rationalisme critique et par l'épistémologie historique. Il s'agit des processus méthodologiques, didactiques et psychopédagogiques.

De ce fait, cette approche ternaire nous a permis de parvenir à quelques résultats essentiels d'ordre épistémologique et pédagogique. Au niveau épistémologique, il s'agit d'une caractérisation de la science qui passe nécessairement par le dépassement des conceptions classiques de la science et en même temps par celui de la singularité des conceptions de la science de Bachelard et de Popper. En effet, dans l'épistémologie poppérienne ou le rationalisme critique la science empirique se caractérise par le critère de falsifiabilité. Une théorie est dite scientifique si et seulement si elle est falsifiable : si elle possède la propriété d'être mise en échec par des énoncés de base ou des faits empiriques. Lorsque le savant élabore une théorie, c'est toujours dans l'optique de la soumettre à la critique, afin de la tester rigoureusement et de voir si elle y résiste. C'est dans ce sens que Popper cite par exemple la théorie newtonienne qui « prédisait certains écarts par rapport aux lois de Kepler (en raison des interactions entre planètes), alors que ceux-ci n'avaient pas été observés [719]». Ces écarts représentaient la possibilité pour la théorie newtonienne d'être réfutée s'ils ne se produisaient pas effectivement comme elle les prédisait. Or, l'échec effectif de ces possibles tentatives de réfutations « allait signifier

[717] Dominique LECOURT, « Avant-propos », *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Puf, 4°édition, 2014, p.VI.
[718] Karl POPPER, *Op cit.*, p.326.
[719] Karl POPPER, *Ibid.*, p.377.

le succès », ou mieux la corroboration de la théorie de Newton. De même, « la théorie einsteinienne a été testée de manière analogue. Et de fait, tous les tests effectifs constituent des tentatives de réfutations. Ce n'est que lorsqu'une théorie est parvenue à supporter les contraintes de ce genre d'efforts qu'on pourra affirmer qu'elle se trouve confirmée ou corroborée par l'expérience [720]». L'expérience d'Eddington était une tentative de réfutation de la théorie d'Einstein. L'échec de cette tentative (à savoir la réussite de l'expérience) a prouvé le succès de cette théorie. A cet égard, une théorie scientifique se distingue par son caractère réfutable et non par la vérification. Ainsi, la science procède par la méthode des essais et de l'élimination de l'erreur : la méthode critique. De ce fait, il y a progrès scientifique quand une théorie scientifique est dépassée par une autre plus satisfaisante, c'est-à-dire quand on parvient à la découverte d'explications plus satisfaisantes.

Par contre, dans l'épistémologie historique bachelardienne, la science se distingue par la rectification des anciennes théories par les nouvelles théories. Ainsi, la science dans son évolution rencontre toujours des obstacles, des entraves, et c'est en surmontant ces obstacles que l'on parvient à la construction ou à la découverte de nouvelles connaissances meilleures que celles qui étaient admises auparavant. Une théorie est dite scientifique, si elle rectifie dans le cadre de la recherche une connaissance antérieure (mal faite) ou surmonte un concept-obstacle qui entrave l'accessibilité à la connaissance objective[721]. Et cette rectification va toujours dans le sens d'une complication (complexité croissante) d'une notion base. Il peut s'agir ainsi du changement de signification d'un concept scientifique. Par exemple, la théorie de la relativité apporte quelques rectifications à la notion de masse chez Newton[722]. Dans la même optique, la mécanique newtonienne apportait déjà en son temps une certaine rectification de la définition de la masse comme « quantité de matière » qui était en vigueur avant Newton[723]. Ces exemples montrent que la science est foncièrement rectificationniste.

Partant de l'approche historico-psychanalytique et de l'approche réfutationniste, il ressort que la science se distingue à la fois par le rationalisme et l'empirisme, c'est-à-dire par la théorie suivie de l'expérience ou l'expérience suivie de la théorie. Il s'agit d'un caractère théorico-empirique ou empirico-théorique. Ce qui conduit à affirmer que l'image dynamique de la science empirique renvoie à une conception qui présente plusieurs caractéristiques :

[720] Karl POPPER, *Op cit.*, p.377-378.
[721] Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, (1940), Paris, Quadrige/Puf, 2012, p.22.
[722] Gaston BACHELARD, *Ibid*., p.31.
[723] Gaston BACHELARD, *Ibid*., p.27.

1) Les vérités scientifiques ne sont pas définitives ou irréfutables, elles sont provisoires[724]. Les vérités d'aujourd'hui peuvent être des faussetés ou des erreurs de demain[725]. C'est dire que ce qu'on considère à un moment donné comme vrai peut s'avérer plus tard comme étant une connaissance mal faite ou fausse. En astronomie, par exemple la théorie du géocentrisme était longtemps considérée comme la meilleure représentation du monde, or cette doctrine était foncièrement fausse au vu de la théorie de l'héliocentrisme fondée sur les travaux de Galilée et de ses prédécesseurs Copernic et Kepler. De même, aujourd'hui il est clairement établi que la théorie de la « substance calorique », qui prévalait chez les physiciens du XIXe siècle était totalement fausse[726]. La chaleur n'est pas une propriété intrinsèque de l'objet, elle est d'abord due à l'énergie cinétique des molécules. Cela montre que les vérités scientifiques du *moment* ne sont pas absolues. En science, rien n'est acquis définitivement, même s'il y a confirmation ou corroboration par l'expérience ou l'observation.

2) Les théories ou les hypothèses sont au fondement de la recherche scientifique. Les observations sont toujours guidées par des hypothèses, même si ces hypothèses ne sont pas clairement formulées. C'est dans ce sens que Popper affirme : « les tests expérimentaux, prudents et rigoureux, auxquels nous soumettons nos idées elles-mêmes inspirées par des idées : l'expérience est une action concertée dont chaque étape est guidée par la théorie[727]». Autrement dit, la réflexion ou la production des idées est primordiale dans l'activité scientifique expérimentale. Les expériences et les instruments expérimentaux sont des théories matérialisées. Il n'y a pas d'expérience ou d'observation scientifique sans des pensées. C'est pourquoi, la réflexion critique ou la pensée prime sur l'expérience[728].

3) Les expériences ne sont pas faites dans la perspective de toujours confirmer les théories. Au contraire le but de l'expérience est de mettre les théories à l'épreuve[729], c'est-à-dire de les réfuter ou de les illustrer. Une expérience scientifique ou une expérimentation a aussi la qualité de pouvoir conduire à la construction d'une théorie. Dans ce cas, la découverte des lois ou du principe relève du hasard. Mais c'est encore et toujours « l'interprétation rationnelle qui fixe les faits à leur juste place [730]». L'expérience scientifique est faite pour approfondir la théorie ou les idées formulées. Les lois fondamentales de l'électrostatique ont été découvertes ou

[724] Karl POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.287.
[725] Gaston Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.13-14.
[726] Isabelle DESIT-RICHARD, *L'histoire de la Physique en clair*, Paris, Ellipses, 2009, p. 73.
[727] Karl POPPER, *Op cit*., p.286.
[728] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.17.
[729] Karl POPPER, *Op cit.*, p.37.
[730] Gaston Bachelard, *Op cit*., p.17.

construites par Coulomb en s'élevant vers l'abstrait[731], c'est-à-dire en rationalisant l'expérience. A y regarder de près, il s'agit en réalité d'un mouvement qui part des idées pour aller vers l'expérience, puis repart de l'expérience vers la raison.

4) La science procède par la méthode critique. Celle qui consiste à partir toujours d'un problème de départ et de l'examen critique des solutions qui sont avancées (passées ou actuelles). Les savants examinent toujours la nature à partir des problèmes. Leur travail consiste à résoudre des problèmes en proposant des théories. Ainsi, la science est un « …processus ayant pour point de départ et pour terme la formulation de problèmes toujours plus fondamentaux et dont la fécondité ne cesse de s'accroître, en donnant le jour à d'autres problèmes encore inédits [732]». Au début de toute recherche scientifique se trouve toujours un problème intéressant, fondamental à résoudre et cette résolution engendre toujours d'autres problèmes fondamentaux à résoudre. C'est ainsi que la science procède, puisque « pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique [733]». Le problème scientifique renvoie donc à la formulation d'une question fondamentale par le savant. C'est en cherchant à répondre à cette question qu'il construit la connaissance scientifique qu'il soumet à la critique la plus rigoureuse de la communauté scientifique. Toutes les grandes théories physiques, de Galilée à la théorie einsteinienne en passant par la mécanique rationnelle de Newton, se fondaient sur des problèmes inédits, comme celui du mouvement des astres. Et à leur tour, ils donnèrent naissance à d'autres problèmes inédits tels que celui de la détermination de la masse d'un objet, en impliquant d'autre notions comme la vitesse, l'accélération, la relativité.

5) Enfin, les connaissances scientifiques valides ne sont pas parfaites. Elles ne sont pas définitivement complètes, car elles renferment toujours une part d'ombre, elles peuvent ainsi contenir des erreurs, c'est pourquoi leur critique est toujours nécessaire, afin de mettre en lumière ses possibles erreurs. L'erreur en science n'est pas un échec mais un chemin vers la solution. C'est un obstacle à surmonter, à rectifier, conduisant sûrement à la croissance de la science ou au progrès scientifique, car le succès provisoire des théories et la découverte de nouveaux problèmes fondamentaux engendrent des nouvelles recherches, et ainsi de suite. Par exemple, nous avons vu que la théorie de la substance calorique a été une erreur historique, un

[731] Gaston Bachelard, *Op cit*., p.34.
[732] Karl POPPER, *Conjectures et réfutations* (1963), Paris, Payot, 1985, p.331.
[733] Gaston Bachelard, *Op cit.*, p.14.

obstacle épistémologique à la compréhension de la nature de la chaleur. La rectification de cette erreur a permis de comprendre que la chaleur n'est pas une propriété intrinsèque de l'objet[734].

Par conséquent, le rapprochement de l'épistémologie bachelardienne et poppérienne implique une approche nouvelle de la signification du concept de la science, qui n'est déterminé ni exclusivement par l'empirisme classique ou l'empirisme logique ni par le rationalisme classique, mais par une sorte de fusion entre le rationalisme et l'empirisme[735]. La science empirique est foncièrement une science théorico-empirique et empirico-déductive. C'est dire que la science se caractérise à la fois par la théorie et l'expérience. Même si les hypothèses ou la théorie viennent généralement avant l'expérience ou l'observation[736]. De plus, de la comparaison des conceptions bachelardiennes et poppériennes de la science, il ressort que la démarche scientifique consiste initialement en la formulation d'un problème intéressant qui donne lieu à l'élaboration des hypothèses ou des théories soumises à l'expérience ou à l'observation, afin de les corroborer ou de les infirmer. Les théories scientifiques sont soit confirmées provisoirement par l'expérience, soit réfutées. Cela signifie que la science de la nature procède de manière générale par la démarche déductivo-empirique ou empirico-déductive, à savoir la démarche critique qui consiste à partir toujours de la formulation d'un problème fondamental et de la critique permanente des solutions proposées. Enfin, le progrès scientifique consiste non pas en une accumulation des nouveaux savoirs sur les anciens savoirs[737], mais plutôt en un dépassement des anciennes théories scientifiques par de nouvelles connaissances scientifiques. Ce dépassement se fait par la critique et en surmontant les obstacles épistémologiques que rencontre la pensée scientifique[738]. En fait, si la science progresse, c'est parce qu'il y a une véritable lutte entre des théories en vue de résoudre un problème intéressant, une énigme de la nature.

Au niveau pédagogique, il ressort que les différents critères épistémologiques qui concernent la nature, la démarche et le progrès scientifique que Bachelard et Popper élaborent constituent des fondements solides pour l'enseignement de la science. L'association du rationalisme critique et de l'épistémologie historique peut contribuer à mieux enseigner la science, dans la mesure où cette association permet de prendre en compte à la fois des aspects d'ordre logique, mais aussi des aspects historiques et psychologiques du savoir scientifique et de la

[734] Isabelle DESIT-RICHARD, *L'histoire de la Physique en clair*, Paris, Ellipses, 2009, p. 73.
[735] Il est vrai que Kant opère déjà à son époque une certaine fusion entre le rationalisme et l'empirisme, mais il demeure dans une posture dogmatique.
[736] Karl POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.274.
[737] Karl POPPER, *Ibid*., p.285.
[738] Gaston Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.13.

dialectique entre l'enseignant et l'enseigné. Mieux enseigner la science, ce n'est pas simplement transmettre des savoirs dits scientifiques. C'est plutôt faire connaître ce qu'est vraiment la science. Ensuite, mieux enseigner la science, c'est former l'esprit scientifique chez l'élève, mais aussi chez l'enseignant.

Ainsi, pour Karl Popper, la meilleure manière d'apprendre ou de former l'esprit scientifique chez l'élève, c'est de procéder par la méthode d'apprentissage par essai et l'élimination de l'erreur[739]. Celle-ci est constituée d'une phase dogmatique (la formation préalable des hypothèses) suivie d'une phase critique (la correction des erreurs). Il ne s'agit pas d'apprendre par répétition ou par imitation, mais par la critique, c'est-à-dire l'élimination des erreurs, après qu'on a construit au préalable une hypothèse ou qu'on a exercé une pratique. Au cours de la formation préalable des hypothèses surviennent des erreurs qu'il faudrait corriger. C'est en les corrigeant qu'on parvient vraiment à découvrir ou à faire découvrir quelque chose de nouveau, par exemple accéder à une meilleure compréhension d'un phénomène, d'une notion scientifique telle que la masse ou la poussée d'Archimède dans leur formalisme mathématique. Il s'agit ici d'un apprentissage dynamique où l'apprenant est actif. Pour les deux notions que nous venons de citer, l'élève commencera par se formuler des hypothèses. Ensuite il les critiquera, afin d'exposer et d'éliminer en les corrigeant les erreurs qu'il fait naturellement lors de la formation de ses premières tentatives de compréhension. C'est ainsi qu'il parviendra à la bonne compréhension de la notion de masse ou du principe d'Archimède. Chez Bachelard, la démarche de l'enseignement dynamique de la science est psychanalytico-dialectique ou simplement psychanalytique, assez différente de la psychanalyse traditionnelle. Il s'agit donc d'une psychanalyse de la connaissance objective selon la formulation de Bachelard, c'est-à-dire une psychanalyse de la science ou une analyse psychique de la science. Cette démarche psychanalytique consiste à prendre en compte les conceptions premières de l'élève avant qu'il vienne à la culture scientifique[740]. Il s'agit de faire une « catharsis intellectuelle et affective » de l'esprit de l'élève, c'est-à-dire de commencer par extirper du psychisme de l'apprenant les idées, les représentations, les pratiques mais aussi les sentiments et les émotions, bref des erreurs enfouies dans l'esprit de l'élève qui entravent son accès à connaissance scientifique. C'est, par exemple, le cas du *principe d'Archimède*, qui ne peut être enseigné sans avoir au préalable éliminé ou rejeté « des erreurs initiales » de l'élève, notamment l'idée familière qui consiste à attribuer la résistance du corps flottant à l'eau. Car, l'apprenant a acquis cette compréhension dans la vie quotidienne en faisant l'expérience que lorsqu'il essaie d'enfoncer un corps flottant dans l'eau, il remonte

[739] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 1981, p.58.
[740] Gaston BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, J Vrin, 2004, p.18.

en surface à cause de l'eau. Dans ce cas, il est difficile de faire comprendre à l'élève que l'eau et le corps flottant sont régis par la même loi[741]. Cet exemple montre clairement que la destruction des intuitions, des idées premières prime sur la transmission. Autrement dit, avant de transmettre le savoir scientifique véritable, il est nécessaire de détruire d'abord les idées, les intuitions, c'est-à-dire surmonter de les obstacles pédagogiques à l'apprentissage d'une notion scientifique quelconque.

A cet égard, de l'association de ces deux approches dynamiques d'apprentissage, il ressort que la meilleure manière d'enseigner la science, c'est de procéder par la pédagogie du problème. Il s'agit de mettre au point de départ de l'enseignement le problème, c'est-à-dire les questions fondamentales qui orienteront les étapes de l'apprentissage de la notion en question. La formulation de ces questions implique à la fois l'enseignant et les enseignés. C'est dire que le professeur commence par faire en sorte que les élèves s'interrogent au début du cours avant de leur transmettre une quelconque connaissance. Ce questionnement a pour fonction la formation des hypothèses ou des théories par l'apprenant, c'est-à-dire d'amener ce dernier à exprimer ses idées, ses représentations primaires sur la notion enseignée. Et par la suite, les critiquer afin d'identifier les erreurs qui en découlent, qu'il faudrait éliminer en exposant le contenu à transmettre qui constitue des tentatives provisoires de solutions validées par la communauté scientifique[742]. A ce propos, on peut reprendre l'exemple de la poussée d'Archimède. L'exposition du contenu de cette notion implique la formulation d'un problème fondamentale à travers le questionnement de l'élève qui mettra en lumière ses intuitions initiales ou ses erreurs premières, à rectifier par des tentatives provisoires de solutions qui ont été validée sur cette notion[743]. Il y a ici un patient effort pédagogique pour que l'élève acquière la compréhension objective du phénomène de manière dynamique et non dogmatique. En procédant ainsi, on contribue à former l'esprit scientifique chez l'élève conformément à la manière dont fonctionne effectivement la science empirique. Cette manière de procéder est pédagogiquement intéressante, car l'apprenant est acteur de ce qui lui est enseigné ; cela suscite même l'envie d'apprendre de l'élève, en ce sens que son utilité et sa responsabilité sont valorisées. Un élève qui se sent utile dans le cours, sera curieux, attentif, motivé. Il est mobile, dynamique, alors qu'un élève qui reçoit un enseignement dogmatique, qui apprend par cœur, demeure immobile dans sa pensée. L'épreuve mentale pour surmonter ses erreurs demeure une douleur, un obstacle pédagogique qui bloque la pensée studieuse.

[741] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, p.18.
[742] Karl POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973, p.271.
[743] Gaston BACHELARD, *Op cit*., p.18.

On peut conclure que le rationalisme critique et l'épistémologie historique ne sont pas incompatibles, on peut les associer de façon profitable. Cette compatibilité a des implications pédagogiques intéressantes. C'est dire que l'association que nous opérons du rationalisme critique et de l'épistémologie historique débouche sur une pédagogie dynamique qui met en relation le logique et le psychologique, relation importante pour l'enseignement de la science. En effet, l'analyse logique de la science est essentielle pour la prise en compte de la cohérence interne du savoir à enseigner[744], c'est-à-dire pour établir les liens logiques entre des théories, des concepts, des énoncés scientifiques enseignés, par exemple à l'intérieur d'un champ disciplinaire comme celui de la physique ou de la biologie. Mais cet aspect objectif du savoir enseigné empêche de prendre en compte l'aspect psychologique de ce même savoir. Or, le dépassement de cette difficulté est ici rendu possible par l'association du rationalisme critique à l'épistémologie historique. Celle-ci met en lumière les obstacles épistémologiques ou pédagogiques contenus dans l'acte de connaître ou d'apprendre[745]. Cela implique que l'enseignement des sciences ne doit pas se focaliser seulement sur l'aspect formel, c'est-à-dire la démonstration et la maîtrise des calculs[746], mais il doit aussi inclure l'émergence de la réflexion et de la discussion critique des concepts, des théories, et des expériences. Dès lors, nous pouvons convenir avec Bachelard et Popper que la formation de l'esprit scientifique est le but fondamental d'une pédagogie dynamique de la science. Du point de vue méthodologique, la méthode critico-cathartique, qui est une fusion selon nous de la méthode critique de Popper et de la méthode historico-psychanalytique de Bachelard, apparaît comme la démarche adéquate permettant de faire acquérir aux élèves une image dynamique de la science empirique dans le secondaire, contrairement à une démarche exclusivement déductive ou à une démarche exclusivement inductive. Cela veut dire que la meilleure manière d'apprendre ou de faire apprendre la science empirique consiste à procéder à la fois par la déduction et l'induction, en prenant de dernier terme au sens bachelardien[747].

Toutefois, les implications pédagogiques des similitudes épistémologiques de Bachelard et de Popper ne peuvent voiler des différences importantes qui existent entre les deux penseurs. L'une des principales différences porte notamment sur la place qu'ils accordent à l'induction. Bachelard ne rejette pas entièrement ou catégoriquement l'induction. Pour lui, l'induction est effectivement utilisée en science. Et elle a un sens spécifique : activité de généralisation

[744] Karl POPPER, *Op cit.*, p.27, 29, 34, 62.
[745] Gaston BACHELARD, *Op cit.*, 2004 p.13.
[746] Dominique LECOURT, *La philosophie des sciences* (2001), Paris PUF, 2018, p.4.
[747] Gaston BACHELARD, *La valeur inductive de la relativité* (1929), Paris, Vrin, 2014, p.63.

rationnelle (qui n'est pas la généralisation empirique des classiques). C'est le fait qu'une théorie soit extensive, englobe un ensemble de phénomène divers. Par contre, Popper rejette sévèrement l'induction. Pour lui, l'induction est un mythe. La science ne procède pas par induction, car la répétition d'observations particulières ne garantit pas la vérité d'énoncé universels comme les hypothèses ou les théories scientifiques. Au contraire, l'inférence inductive peut conduire à des conclusions fausses[748]. Toutefois, ces différences ne sont pas des entraves au rapprochement des deux épistémologies. On peut même dire que leurs similitudes, comme nous l'avons vu, sont plus importantes pour l'enseignement des sciences que leurs différences.

Malgré ces différences, Bachelard et Popper ont un itinéraire intellectuel qui présente plusieurs analogies, car leurs philosophies renferment effectivement une dimension pédagogique. Au début de sa formation, Popper part des questions de l'apprentissage, de la psychologie de la découverte pour se tourner vers des questions d'ordre épistémologique. Les premiers écrits de Popper concernent la pédagogie et la psychologie de l'apprentissage[749]. A cet égard, l'œuvre de Popper peut se diviser en deux grandes parties. Son œuvre de jeunesse porte sur la transmission du savoir ou l'acquisition de la connaissance. La pensée poppérienne débute par des interrogations pédagogiques qui débouchent sur des questions d'ordre épistémologique, des questions de production de la connaissance. Avec la publication de *La logique de la découverte scientifique* en 1934[750], la pensée de Popper prendra un tournant radical : elle se porte exclusivement vers l'examen de la logique des sciences empiriques ; c'est-à-dire la question de la production de la connaissance scientifique par l'analyse logique des buts et des méthodes des sciences de la nature. Quant à Bachelard, sa pensée a toujours été prise dans un mouvement où épistémologie et pédagogie sont parallèles et imbriquées[751]. Dès les débuts de sa philosophie, Bachelard traite en même temps les questions d'ordre épistémologique et les questions d'ordre pédagogique. Dans son œuvre de jeunesse comme dans son œuvre de maturité, Bachelard n'a cessé de mettre en relation la pédagogie et la philosophie des sciences.

Les deux auteurs n'ont pas eu la même réception dans les différentes traditions philosophiques et pédagogiques. En effet, dans la tradition anglo-saxonne, Popper a eu une réception remarquable auprès des philosophes, des économistes, mais aussi auprès des scientifiques de renom de son époque, à l'exemple d'Einstein qu'il avait rencontré[752]. Au début de son œuvre

[748] Karl POPPER, *Op cit.*, p.23-24.
[749] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte, Ecrits de jeunesse*, Paris, Rue d'Ulm, Edition de Gilles Campagnolo, 2019.
[750] Karl POPPER, *La logique de la découverte scientifique* (1934), Paris, Payot, 1973.
[751] Gaston BACHELARD, *Etudes*, Paris, Vrin, 1970.
[752] Karl POPPER, *La quête inachevée* (1974), Paris, Calmann-Lévy, 2012, p.179-180.

la pensée poppérienne avait été bien reçue par les positivistes logiques. D'ailleurs, son livre majeur *La logique de la découverte scientifique* avait été publié dans une collection du Cercle de Vienne (dirigée par Philip Frank et Moritz Schlick). Ce qui fait que Popper avait été même pris pour un positiviste logique, ce qu'il a toujours nié, en raison de l'orientation critique de sa philosophie, qui est radicalement opposée à celle du positivisme logique. Dans la tradition historique en épistémologie, l'œuvre de Popper n'a pas eu une réception considérable, certainement à cause de la traduction tardive en français de ses textes. C'est en 1981 que la pensée de Popper va être introduite en France avec un premier ouvrage sur sa philosophie par Renée Bouveresse. De nos jours, un bon nombre de textes de Popper sont traduits en français, surtout ceux de son œuvre de maturité. Cependant, la réception de l'œuvre de Popper demeure peu conséquente dans le monde francophone malgré des travaux portant sur deux principaux champs, d'une part l'épistémologie, d'autre part la politique. En revanche, ses écrits pédagogiques n'ont été traduits que récemment. C'est certainement ce qui explique le fait que la pensée poppérienne soit mal reçue dans le contexte de l'enseignement ou de la pédagogie dans le monde francophone, alors qu'elle renferme une dimension pédagogique intéressante essentiellement contenu dans son œuvre de jeunesse. Celle-ci n'est certainement pas assez exploitée dans la tradition francophone. Quant à Gaston Bachelard, dans le monde francophone, sa pensée jouit d'une considération importante en pédagogie, et notamment en didactique des sciences. Il est une figure incontournable pour l'enseignement des sciences. En philosophie, les écrits de Bachelard font partis des « textes fondateurs de l'épistémologie historique française ». Dans la tradition anglo-saxonne, que ce soit en philosophie ou en pédagogie, l'œuvre de Bachelard n'a pas reçu une considération importante, malgré la richesse épistémologique qu'elle renferme : à ce jour, seuls trois de ses livres ont été traduits en anglais[753]. Cependant, ces réceptions de Bachelard et de Popper, quelques peu mitigées dans les différentes traditions philosophiques et pédagogiques, ne doivent pas nous conduire à penser que les œuvres des deux penseurs ne sont pas importantes. Au contraire, nous avons vu toute au long de cette étude que l'épistémologie critique et réfutationniste de Popper est indispensable pour dynamiser l'enseignement ou l'apprentissage de la science tout autant que l'épistémologie historique et psychanalytique de Bachelard, faisant partie de l'usage de la méthode critico-catharsis ou de la pédagogie critique.

[753] *The Philosophy of No*, Trad. G.C. Waterson, New York, Orion Press, 1968. C'est le premier livre de Bachelard traduit en anglais, 28 ans après la parution de l'original en français en 1940.
Ensuite, *The New Scientific Spirit*, trad.A.Goldhammer, Boston, Beacon Press, 1984, soit 50 ans après la première publication en français en 1934.
Enfin, *The Formation of Mind*, trad.M.McAllester Jones, Bolton, Clinamen Press, 2002.
Cf. sur les sites de la Library of congress ou de Wikipédia version anglaise

Malgré ces résultats, nous ne pouvons pas masquer les difficultés et les limites que nous avons rencontrées tout au long de notre étude. La principale difficulté est la barrière de la langue allemande et anglaise pour accéder aux textes non traduits de Popper. En effet, nous n'avons pas pu au tout début de notre travail examiner par nous même les premiers textes de Popper, les écrits de jeunesse qui n'étaient pas encore traduits en français. Du coup, l'examen de ces écrits nous a pris plus de temps que prévu. La traduction en français en 2019, par Campagnolo, de ces écrits de jeunesse a été pour nous un secours énorme[754]. Cette source nous a permis d'examiner les premiers écrits poppériens à caractère pédagogique et psychologique, dont certains résultats ont été intégrés dans notre thèse, à savoir la définition du positionnement de l'enseignant face à l'enseigné (la pédagogie dialectique), la valeur de l'autonomie de l'apprenant et le statut de la mémoire dans l'apprentissage ou l'enseignement dynamique[755]. De plus, notre maniement limité de la langue anglaise ne nous a pas permis d'examiner en profondeur les écrits en anglais des commentateurs de Popper qui font référence à la pédagogie ; nous signalons cependant quelques études sur la question[756]. Il à noter que des philosophes anglophones ont porté peu d'attention à Bachelard. Ceci est un point que nous envisageons d'approfondir à l'avenir, dans l'optique de corroborer ou d'infirmer certaines de nos thèses, de nos résultats, c'est-à-dire de poursuivre notre objectif qui est d'associer l'épistémologie poppérienne et l'épistémologie bachelardienne, en vue de parfaire notre contribution au problème de la pédagogie de la science empirique. Il ne s'agit pas pour nous de faire ici une autocritique, mais plutôt de dégager quelques difficultés objectives dans le corpus, des tensions dans les œuvres étudiées, des questions inexplorées par les commentateurs de la pensée bachelardienne et poppérienne. Dans une autre direction, on pourrait être tenté d'aller plus loin en approfondissant la question des émotions liées à l'apprentissage de la science.

L'autre difficulté majeure a porté sur la circonscription, sur la définition de notre sujet d'étude. En effet, nous avons eu du mal à cadrer le problème de notre sujet. Nous l'avons reprise au fur et à mesure que nous avancions dans notre travail. Parvenu au terme de notre recherche, nous saisissons mieux les raisons de cette difficulté. Elle fait partie même de la logique de la recherche : un objet d'étude n'est jamais défini une bonne fois pour toute.

---

[754] Karl POPPER, *Apprentissage et découverte, Ecrits de jeunesse*, Paris, Rue d'Ulm, Edition de Gilles Campagnolo, 2019.
[755] Karl POPPER, *Ibid.*, 2019, p. 179-180.
[756] D.J. CORSON, « Educational research and Popper's theory knowledge », *Culture, Education and Society*, The Universities Quarterly, 40, 1986, p. 73-89. ; « Popper on education », *Contemporary issues in Education*, 1985, Vol.4, N.2, p. 84-101. R. BAILEY, *Education in the Open Society :Karl Popper and Schooling*, 2018. S. CHITPIN, *Popper's Approach to Education : A Cornerstone of Teaching and Learning*, 2016. D.R. McNAMARA, « Sir Popper and Education », *British Journal of Educational Studies*, 1978, Vol.26, No.1, p.24-39.

Certes, nous avons atteint les objectifs fondamentaux de notre travail, à savoir montrer les similitudes, les analogies de la pensée de Bachelard et la pensée de Popper au-delà de leurs singularités et de leurs différences sur la question de l'enseignement des sciences, et surtout la possibilité d'associer leurs épistémologies en vue de définir des processus d'un apprentissage de la science empirique. Toutefois certains points pourraient être approfondis davantage. C'est le cas notamment de la pédagogie de l'erreur et de la pédagogie des émotions qu'implique l'association du rationalisme critique et de l'épistémologie historique, du rôle de l'épistémologie critique dans la crise de l'enseignement des sciences, de la réception actuelle de l'épistémologie critique poppérienne et bachelardienne dans les sciences de l'éducation et dans la formation professionnelle des enseignants de science. Dans cette perspective, on pourrait par exemple faire une analyse critique des programmes scolaires de l'enseignement scientifique, car ces programmes sont souvent conçus pour un enseignement dogmatique des sciences. Ainsi, l'épistémologie critique, dans le contexte scolaire, pourrait nous révéler ici les idéologies contemporaines qui sous-tendent ce dogmatisme. De plus, on pourrait donner une consistance pratique à nos travaux au moyen d'une enquête de terrain auprès des enseignants de sciences et de leurs élèves : dans l'optique de confronter ces conceptions aux thèses critiques de Popper et de Bachelard, en vue de voir si effectivement les élèves et les professeurs de sciences ont une vision faussée de la science empirique, et s'ils font vraiment preuve d'esprit scientifique ou d'esprit critique. Bref, ces divers points pourront faire l'objet d'un approfondissement dans le cadre d'un travail post-doctoral.

Pour finir, nous pouvons affirmer que les études comparatives sur la dimension pédagogique de l'œuvre de Popper et de Bachelard sont très peu nombreuses, voire quasiment inexistantes. Effectivement, en philosophie ou en épistémologie, les dimensions pédagogiques de la pensée de Popper et de celle de Bachelard ne sont pas souvent explorées, et les quelques travaux disponibles ne les examinent pas dans leur ensemble[757]. De même, les travaux qui font une analyse croisée des similitudes des œuvres pédagogiques de Popper et de Bachelard sont très peu nombreux[758]. En s'inscrivant dans le champ de recherches comparatistes sur Popper et Bachelard, l'intérêt de notre thèse consiste à mettre en lumière les convergences méthodologiques, didactiques et psychopédagogiques de l'œuvre de Bachelard et de Popper. Ce qui revient à dire que la philosophie critique de Popper est tout autant une philosophie de l'éducation

[757] Michel FABRE, *Bachelard éducateur*, Paris, Puf, 1995. Alain FIRODE, *Théorie de l'esprit et pédagogie chez Karl Popper*, Paris, L'Harmattan, 2012.
[758] Alain FIRODE, « Epistémologie et pédagogie chez Bachelard et Popper », *Recherches en éducation*, 29, 2017, pp.124-133.

que celle de Bachelard. Inversement, la philosophie historique bachelardienne est tout autant une philosophie critique que celle de Popper. En définitive, notre travail nous a permis de comprendre qu'à partir des épistémologies poppérienne et bachelardienne, la pédagogie dynamique ou critique qui en découle est un instrument fondamental dans le but de renouveler la formation de l'esprit scientifique et de faire acquérir une image dynamique de la science aux élèves. Ceci est l'objet véritable de tout enseignement scientifique. Ainsi, la pédagogie dynamique de Bachelard et de Popper permet d'atteindre adéquatement cet objet, car une telle pédagogie met en avant un enseignement non dogmatique, mais dynamique, réflexif et critique de la science conformément à la pratique effective de la science empirique. Il reste à savoir s'il est possible de former l'esprit scientifique dès le secondaire conformément à l'association du rationalisme critique et de l'épistémologie historique.

BIBLIOGRAPHIE

LITTERATURE PRIMAIRE

En guise d'avertissement, nous pouvons dire que certains ouvrages ne sont pas clairement cités dans notre texte, ils servent à titre indicatif surtout pour un prolongement ou un approfondissement de notre réflexion future.

Ecrits de Gaston Bachelard **:**

Nous citons les écrits qui nous ont servi dans notre enquête. Pour une recension détaillée des œuvres de Bachelard et des ouvrages et articles concernant son œuvre, voir Jean Rummens, « Gaston Bachelard », *Revue internationale de philosophie,* 66, 1963, pp.492'504. Il manque cependant des publications, notamment son compte rendu de *La logique de la découverte scientifique de Popper(cf la note 49) de*. On trouvera d'autres références plus récentes sur le site de l'Association des amis de Gaston Bachelard ainsi que des commentaires : www.gastonbachelard.org (consulta- tion actualisée le 23/09/2024) :

***Œuvres de Bachelard sur la pédagogique* :**

Dans toutes ses œuvres, Bachelard fait référence à la pédagogie. Cependant, commençons par citer les textes qui nous semblent les plus significatifs, c'est-à-dire où il mène clairement une réflexion pédagogique en lien avec son épistémologie. « Noumène et microphy- sique », (1931), *Le nouvel esprit scientifique*, (1934), *La formation de l'esprit scientifique.* (1938), *Le rationalisme appliqué, (1949)*

Liste chronologique des œuvres de Bachelard :

- (1927), *Essai sur la connaissance approchée,* Paris, Vrin, 1928, (première thèse, 1927)
- (1927), *Etude sur l'évolution d'un problème de physique : la propagation thermique dans les solides*, Paris, Vrin, 1928, (deuxième thèse, 1927).
- (1929) *La valeur inductive de la relativité*, Paris, Vrin, 2014.
- (1931), « Noumène et microphysique », in *Epistémologie*, textes choisis par Dominique Lecourt, (1971), Paris, PUF, 2011.
- (1932), *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne,* Paris, Vrin.
- (1933*), L'intuition de l'instant, Etude sur la Siloé de Gaston Roupnel*, Paris, Stock.
- (1933), *Les intuitions atomistiques*, Paris, Vrin, 2015.
- (1933-1934), « Le monde comme caprice et miniature », *Etudes*, Paris, Vrin, 1970.

- *(*1934), « Lumière et substance », *Etudes, Paris,* Vrin, Articles réunis et préfacé par Georges Canguilhem, 1970.
- (1934), « Critique préliminaire du concept de frontière épistémologique », *Etudes, Paris,* Vrin, Articles réunis et préfacé par Georges Canguilhem, 1970.
- (1934), *Le nouvel esprit scientifique,* Paris, Quadrige/PUF, 2009 édition utilisée, 2020 (nouvelle édition).
- (1935-1936), « Compte rendu de Karl Popper, *Logik der Forschung* », dans Recherches philosophiques, 5, pp. 446-447.
- (1936), *La dialectique de la durée,* Paris, Quadrige/PUF, 2019.
- (1937), *L'expérience de l'espace dans la physique contemporaine,* Paris, PUF.
- (1938), *La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective,* Paris, Vrin, 1999, 2004.
- (1938), *La psychanalyse du feu,* Paris, Gallimard, Folio/essais, 1949, impression de 2019.
- (1938), « La psychologie de la raison » ; repris dans *L'engagement rationaliste*, Paris, PUF, préfacé par Georges Canguilhem, 1972.
- (1939), *L'autréamont*, Paris, José Corti.
- (1940), *La philosophie du non. Essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique,* Paris, Quadrige/PUF, 2012.
- (1940), *« L'actualité de l'histoire des sciences » ;* repris dans *L'engagement rationaliste*, Paris, PUF, 1972.
- (1942), *L'eau et les rêves : essai sur l'imagination de la matière*, Paris, José Corti.
- (1943), *L'air et les songes : essai sur l'imagination du mouvement,* Paris, José Corti.
- (1948), *La terre et les rêveries de la volonté : essai sur l'imagination des forces* Paris, J Vrin, 1965.
- (1948), *La terre et les rêveries du repos : essai sur les images intimes*, Paris, José Corti.
- (1949), *Le rationalisme appliqué,* Paris, Quadrige/PUF, 1998.
- (1951), *L'activité rationaliste de la physique contemporaine,* Paris, PUF, 1965.
- (1950), *Paysages. Notes d'un philosophe pour un graveur (Etudes pour quinze burins d'Albert Flocon),* Suisse Eynard,
- (1953), *Le matérialisme rationnel,* Paris, PUF, 2014 édition utilisée, 2021 nouvelle édition critique établie par Lucy Fabry.
- (1957), *La poétique de l'espace,* Paris, PUF.
- (1960), *La poétique de la rêverie,* Paris, PUF.
- (1961), *La flamme d'une chandelle,* Paris, PUF.

- (1970), *Le droit de rêver*, Paris, PUF, 2002.
- (1970), *Etudes*, Paris, Vrin, Articles réunis et préfacé par Georges Canguilhem.
- (1971), *Epistémologie* Paris, PUF, 2011, Textes choisis par Dominique Lecourt.
- (1972), *L'engagement rationaliste*, Paris, PUF, Préfacé par Georges Canguilhem.
- (1988), *Fragment d'une poétique du feu, Etablissement du texte*, avant-propos et notes par Suzanne Bachelard, Paris, PUF.

Commentaires sur Bachelard :

ALUNNI, Charles, *Spectre de Bachelard : gaston bachelard et l'école surrationaliste,* Paris, Hermann, 2018.

ASTOLFI, Jean-Pierre et DEVELAY, Michel, « L'idée de rupture et d'obstacle » dans La didactique des sciences (1989), Paris, PUF, 2017, p.14, 21-22, 23-24.

BONTEMS, Vincent, *Bachelard,* Paris, Les Belles Lettres, 2010.

BRAUNSTEIN, Jean-François, « Bachelard, Canguilhem, Foucault » dans Pierre Wagner (dir.), *Les philosophes et la science*, Paris, Gallimard coll. Folio /essais, 2OO2, p.920- 963.

BLANCHE, Robert, « Le rationalisme contemporain », dans *La science actuelle et le rationalisme*, Paris, PUF, 1967, p.113-120.

BRENNER, Anastasios, (2003), « Bachelard, Koyré et la fin du positivisme en France », dans *Les origines françaises de la philosophie des sciences*, Paris, PUF, 2003, p.99-109.

- (2008), « Bachelard, Le Roy et l'épistémologie bergsonienne », dans WORMS, Frédéric et WUNENBURGER Jean-Jacques (dir.), *Bachelard et Bergson, continuité et discontinuité*, Paris, PUF, p.97-108.

CANGUILHEM, Georges, (1957), « Sur une épistémologie concordataire », dans *Etudes de philosophie et d'histoire des sciences,* Paris, PUF, 1970.

- (1974), « Bachelard », in Scienzati e tecnologie contemporanei, Milan, vol 1.

DAGOGNET, François, « Sur une seconde rupture », dans Jean-Jacques (dir.), Wunenburger, *Bachelard et l'épistémologie française*, Paris, PUF, 2003, p.13-27.

DAMIEN, Robert et HUFSCHIMITT (dir.), *Bachelard : Confiance raisonnée et défiance rationnelle*, Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté, 2006.

FABRE, Michel, *Bachelard éducateur*, Paris, PUF, 1995.

FREDERIC DE LACLOS, Frédéric, « Le bergsonisme, point aveugle de la critique bachelardienne du continuisme d'Emile de Meyerson »,

WORMS, Frédéric et WUNENBURGER Jean-Jacques (dir.), *Bachelard et Bergson, continuité et discontinuité*, Paris, PUF, 2008, p.109-122.

GAYON, Jean et *al*, *Bachelard dans le monde*, Paris, PUF, 2016.

GIL, Didier, *Bachelard et la culture scientifique*, Paris, PUF, 1993.

GINESTIER, Paul, *Pour connaître la pensée de Bachelard*, Paris, Bordas, 1981.

KERLAN, Alain, « Didactiques et épistémologie : éclairages bachelardiens », *Aster, (recherches en didactique des sciences expérimentales)*, n°5, 1987, pp. 71-85

LECOURT, Dominique, (2002), *L'épistémologie historique de Gaston Bachelard*, Paris, Vrin.

- (2002), « Une épistémologie historique », dans Georges Canguilhem, Paris, PUF, 2016, p.49-69.

LEROUX, Jean, « Bachelard et le cercle de Vienne », Cahiers Gaston Bachelard, n°5, 2002.

LE MOIGNE, Jean-Louis, « Le constructivisme et le nouvel esprit scientifique », dans *Les épistémologies constructivistes* (1995), Paris, PUF, 2012, p.13-18.

MINKO M'OBAME Jean-François, *La conception bachelardienne de la connaissance scientifique*, Paris, Editions Connaissances et Savoirs, 2011.

MONDZO, Jean Chrysostome, « La philosophie de l'oubli, ou l'oubli de la philosophie » in *Les Annales,* Libreville, PUG, 1996, pp.46-57.

NOUVEL, Pascal (dir.), *Actualité et postérité de Gaston Bachelard*, Paris, PUF, 1997.

PARINAUD, André, *Gaston Bachelard*, Paris, Flammarion, 1996.

PARIENTE, Jean-Claude, *Le vocabulaire de Bachelard*, Paris, Ellipses, 2016.

RHEINBERGER, Hans-Jorg, « L'épistémologie historique de Gaston Bachelard » dans *Introduction à la philosophie des sciences*, Paris, La Découverte, 2014, p.29-38.

SOLER, Lena, « La conception bachelardienne du progrès scientifique », dans *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipse, 2000, p.212-222.

SEIDENGART, Jean, « Ruptures et révolutions scientifiques : la révolution copernicienne », dans (dir.) Pascal Nouvel, *Actualité et postérité de Gaston Bachelard*, Paris, Vrin, 1997, p.39-154.

WORMS, Frédéric et WUNENBURGER Jean-Jacques (dir.), *Bachelard et Bergson, continuité et discontinuité*, Paris, PUF, 2008.

WUNENBURGER, Jean-Jacques, (dir.), *Bachelard et l'épistémologie française*, Paris, PUF, 2003.

***ECRITS DE KARL POPPER* :**

Nous citons ici les écrits qui nous ont servi dans notre enquête. Pour une recension complète des publications, voir le site « The Karl Popper Collection University Library Klagen- furt » : https://www.aau.at/en/university-library-klagenfurt/karl-popper-archives/ (consultation actualisée le 24/09/2024) ainsi que la bibliographie sélective de l'autobiographie intellectuelle de Popper : *La quête inachevée*, p.355.

Œuvres de Popper sur la pédagogie :

Contrairement à Bachelard, Popper n'aborde pas le thème de la pédagogie dans tous ses ouvrages. Les trois textes, que nous citons ici, sont les seuls où Popper mène explicitement une réflexion pédagogique (de ses écrits de jeunesse à son œuvre de maturité) étroitement liée à sa philosophie des sciences : *Apprentissage et découverte : écrits de jeunesse*, (1925-1935), trad. Gilles Campagnolo, *La quête inachevée*, (1974), *Le réalisme et la science*, (1983),

Liste chronologique des œuvres de Popper :

- (1925-1935), *Apprentissage et découverte : écrits de jeunesse*, trad. Gilles Campagnolo, Editions rue d'Ulm, 2019.
- (1934), *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, trad. Nicole Thyssen-Rutten et Philippe Devaux, Impression de 2014.
- (1945), *Misère de l'historicisme*, Paris, Agora, 1988.
- (1965), *La société ouverte et ses ennemis*, Paris, Le Seuil, tome I et II, trad. Jacqueline Bernard et Philippe Monod, 1979.
- (1963), *Conjectures et réfutations* : la croissance du savoir scientifique, Paris, Payot, trad. Michelle-Irène et Marc B. de Launay, 1985.
- (1963), *Des sources de la connaissance et l'ignorance*, Paris, Rivages poche/ Petite bibliothèque, trad. Michelle-Irène et Marc B. de Launay, 2012.
- (1972), *La connaissance objective*, Paris, Flammarion, Jean-Jacques Rosat, 2014.
- (1974), *La quête inachevée*, Paris, Pocket, trad. Renée Bouveresse avec la collaboration de Michelle Bouin-Naudin, 2012.
- (1977), *Le soi et le cerveau*, Paris, Editions rue d'Ulm, trad. Daniel Pimbé avec la collaboration de Stéphane Leclercq, 2018.
- (1979), *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, Paris, Hermann, trad. Christian Bonnet, 1999.
- (1983), *Le réalisme et la science*, Paris, Hermann, Alain Boyer et Daniel Andler, 1990.

- (1983), ”Excert from an interview with Sir Karl Popper” dans Friedrich Stadler, *The Vienna Circle: Studies in the origins, development, and influence of logical empiricism*, Vienna, Springer, 2001.
- (1984), *La recherche d'un monde meilleur*, Paris, Les Belles Lettres, trad. Jean-Luc, Evrard, 2011.
- (1984), *L'Univers irrésolu : plaidoyer pour l'indéterminisme*, Paris, Hermann, Renée Bouveresse, 1984
- (1990), *L'avenir est ouvert*, Paris, Flammarion, trad. Jeanne Etoré.
- (1990), *Un univers de propensions. Deux études sur la causalité et l'évolution*, Paris, Eclat, trad. Alain Boyer.
- (1994), *Toute vie est résolution de problèmes, Volume 1. Questions autour de la connaissance de la nature*, Paris, Actes Sud, trad. Claude Duverney, 1997.
- (1998), *Toute vie est résolution de problèmes Volume 2. Réflexions sur l'histoire et la politique*, Paris, Actes Sud, trad. Claude Duverney.
- (2011), *Question de méthode en psychologie de la pensée*, Paris, L'Age d'homme, trad. François Félix

***ECRITS SUR KARL POPPER* :**

ANTISERI, Dario, *La Vienne de Popper*, Paris, PUF, 2004.
BATIENO, Jacques, *Karl Popper ou l'éthique de la science*, Paris, Dianoia, 2012.
BOYER, Alain., *Introduction à la lecture de K. POPPER*, Paris, Presses de L'ENS, 1994.
BOUVERESSE, Renée, (1981), *Karl Popper ou le rationalisme critique*, Paris, Vrin.
- (2000), *Le rationalisme critique de Karl Popper*, Paris, Ellipse.
BAUDIOUIN, Jean, *Karl Popper*, Paris, Vrin, 1989.
CHALMERS, Alan Francis, « Introduction au falsificationisme », « Popper et l'approximation vers la vérité » dans *Qu'est-ce que la science ? Popper, Kuhn, Feyerabend*, Paris, Editions La Découverte, 1987, p.73-90, p.250-253.
CAMPAGNOLO, Gilles « Popper à Vienne, L'éducatrice et son témoin » in Karl POPPER, *Apprentissage et découverte, Ecrits de jeunesse*, Paris, Rue d'Ulm, Edition de 2019.
CORSON, David, « Popper on education » *Contemporary issues in education*, 1985, vol. 4, no. 2, 84–101.
DESSUS, Philippe., « La théorie de la connaissance de Popper et ses implications pour l'éducation», *Penser l'Education*, 21, 2007, pp.19-30.

ECCLES, John Carew, ”The word of objective knowledge,” in P A. Schilpp (Ed), *The philosophy of Karl Popper*, La Salle, Open Court, 1974, pp. 349-370.
FIRODE, Alain, *Théorie de l'esprit et pédagogie chez Karl Popper*, Paris, L'Harmattan, 2012,
HACOHEN, Malachi Haim, *Karl Popper, the formative years 1902-1945 : Politics and philosophy in interwar Vienna*, Cambridge, Cambridge University Press, 2000.
KEUTH, Herbert., ”Objective knowledge out of ignorance: Popper on body, mind and third words”, *Theory and Decision*, 5(4), 1974, pp.391-412.
MALHERBE Jean François., *La philosophie de Karl Popper et le positivisme logique*, Paris, PUF, Paris, PUF, 1979.
RHEINBERGER, Hans-Jorg, « La science en mouvement : Karl Popper» dans *Introduction à la philosophie des sciences*, Paris, La Découverte, 2014, p.47-52.
STADLER, Friedrich., ”Excert from an interview with Sir Karl Popper” dans Friedrich Stadler, *The Vienna Circle: Studies in the origins, development, and influence of logical empiricism*, Vienna, Springer, 2001.
THEVENIN, Nicole-Édith, *L'inconnu devant soi : Karl Popper et l'angoisse du théoricien moderne*, Paris, Editions Kimé, 1991.
ZAHAR, Elie G., ”The Popper-Lakatos controversy in the light of Die Beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie”, *British journal of philosophy of science*, 1983, 34, n°2, pp.149-171.

LITTÉRATURE SECONDAIRE

Etudes croisées entre Bachelard et Popper

- BEAUNE, Jean-Claude, « Bachelard et Popper, deux ennemis intimes : obstacles épistémologiques et falsifiabilité », Bachelard : confiance raisonnée et défiance rationnelle, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, 2006.
- FIRODE, Alain, « Epistémologie et pédagogie chez Gaston Bachelard et Karl Popper in *Recherches en éducation*, N°29, Juin 2017,
- MBOUI NGUEMA, Fanny, *Bachelard et Popper : modèles du changement scientifique et conceptions du progrès,* Thèse de doctorat, directeur Anastasios BRENNER, Université Paul Valéry, Montpellier 3, 2009.
- ORANGE, Christian, « Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissage scientifiques », Les Sciences de l'éducation – Pour l'ère nouvelle, 2005, Vol 38, p.69-94.

- STENGERS, Isabelle, « Rupture ou démarcation ? », dans *L'invention des sciences modernes*, Paris, Flammarion, 1995, p.34-41.

Epistémologie, philosophie et histoire des sciences :

ANDLER, Daniel et *al*, *Philosophie des sciences*, 2vols, Paris, Gallimard/ Folio, 2002.

BARREAU, Hervé, *L'épistémologie* (1990), Paris, PUF, 2017.

BARTHOLY, Marie-Claude, DESPIN, Jean-Pierre, GRANDPIERRE, Gérard, *La science. Epistémologie générale*, Paris, Magnard, 1978

BITBOL, Michel. et GAYON, Jean (dir.), *L'épistémologie française 1830-1970*, Paris, Editions Matériologiques, 2015.

BLANCHE, Robert, (1967), *La science actuelle et le rationalisme*, Paris, PUF,

- (1969), *La méthode expérimentale et la philosophie de la physique*, Armand Colin.

BOUVERESSE, Renée, L'empirisme Anglais, Paris, PUF, 1997.

BRENNER, Anastasios, (2003), *Les origines françaises de la philosophie des sciences*, Paris, PUF.

- (2011), Raison scientifique et valeurs humaines, Paris, PUF.
- (2015), (dir.), *Les textes fondateurs de l'épistémologie française*, Paris, Hermann.

BRAUNSTEIN Jean François, (dir.), *Histoire des sciences*, Paris, Vrin, 2008.

BRUNSCHWIG, Jacques, LLOYD, Geoffrey et PELLEGRIN, Pierre (dir.), *Le savoir grec : dictionnaire critique*, Paris, Flammarion, 1996.

CANGUILHEM, Georges (dir.), *Introduction à l'histoire des sciences*, 2vols, Paris, PUF, 1971.

CHALMERS, Alan Francis., *Qu'est-ce que la science ? Popper, Kuhn, Feyerabend*, Paris, Editions La Découverte, 1987.

CHAPPEY, Jean-Luc, *La révolution des sciences, 1789 ou le sacre des savants*, Paris, Vuibert, 2020.

DARWIN, Charles, *L'origines des espèces*, Paris, Flammarion, 1992.

DESIT-RICHARD, Isabelle, *L'histoire de la Physique en clair*, Paris, Ellipses, 2009.

DE LA COTARDIERE, Philippe (dir), *Histoire des sciences*, Paris, Editions Tallandier, coll. Texto, 2017.

DUHEM, Pierre, *La théorie physique son objet, sa structure*, Paris, Vrin, 2007.

FEYERABEND, Paul, *Contre la méthode, Esquisse d'une théorie anarchiste de la* connaissance (1965), Paris, Seuil, 1979.

EINSTEIN, Albert, *La relativité* (1905), Editions Payot et Rivages, 2001.

FOUREZ, Gérard, *La construction des sciences, Les logiques des inventions scientifiques*, Bruxelles, Editions De Boeck Université, 2002.

HEMPEL, Carl, *Éléments d'épistémologie* (1966), Paris, Arman Colin, 2014.

JACOB, Pierre, *De Vienne à Cambridge, L'héritage du positivisme logique*, Paris, Gallimard, 1980.

KOYERE, Alexandre, *Études d'histoires de la pensée scientifique*, Paris, Gallimard, 1973.

LAUGIER, Sandra et WAGNER, Pierre (dir.), *Philosophie des sciences*, 2vols, Paris, Vrin, 2004.

LECOURT, Dominique (2001), *La philosophie des sciences*, Paris, PUF, 2008.

LOUIS-GAVET, Guy, (2012), *La physique quantique*, Paris, Editions Eyrolles, 1919.

MAYR, Ernst, (2004), *Après Darwin, La biologie une science pas comme les autres*, Paris, Dunod, 2006.

MIQUEL, Jean, *L'empirisme*, Paris, Armand Colin, 1965, notamment le chapitre 4 « l'empirisme et la science », p.73.

PIAGET, Jean, (dir.), *Logique et connaissance scientifique*, Paris, Gallimard, 1973.

POINCARË, Henri, (1902), *La science et l'hypothèse Paris*, Flammarion, 2017.

- (1905), *La Valeur de la science*, Flammarion, 1970.

PUTNAM, Hilary, *Le Réalisme à visage humain*, Paris, Gallimard, Coll. Tel, 2011,

SARKAR, Sahotra et PFEIFFER, Jessica (dir.), *The philosophy of science: an encyclopedia*, New York, Routledge, 2006.

SERRES Michel, (dir.), *Eléments d'histoire des sciences* (1989), Paris, Bordas, 2003.

SOLER, Lena, *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipse, 2000.

TATON, René (dir.), *Histoire générale des sciences*, 5 vols, Paris, PUF, (1957-1964).

VOGEL Günter et ANGERMANN, Hartmunt, Atlas de la biologie, La Pochothèque, 1994.

WAGNER, Pierre, (dir.), (2OO2), *Les philosophes et la science*, Paris, Gallimard.

- (2007), *La logique*, Paris, PUF, 2017.

Epistémologie et pédagogie (de la science)

ARDOINO, Jacques, *Education et relations*, Paris, Bordas, 1980.

ARTIGUE, Michèle, « Epistémologie et didactique », *Recherches Didactique des Mathématiques*, Vol 10, n°23, pp.241-286, 1990.

ALTET, Marguerite, *Les pédagogies de l'apprentissage*, Paris, PUF, 1997.

ASTOLFI, Jean-Pierre et DEVELAY, Michel, *La didactique des sciences* (1989), Paris, PUF, 2017.

ASTOLFI, Jean-Pierre et *al*, *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?* Paris, PUF, 1978.

BELHOSTE, Bruno, GISPERT Hélène et HULIN Nicole (dir), *Les sciences au lycée, un siècle de réformes des mathématiques et de la physique en France et à l'étranger*, Paris, Vuibert, 1996.

CARIOU Jean-Yves, « Histoire des démarches en sciences et épistémologie scolaire », *RDST*, n°3, 2011, Consultation actualisée le 26/09/2024.

- (2009), *Former l'esprit scientifique en privilégiant l'initiative des élèves dans une démarche s'appuyant sur l'épistémologie et l'histoire des sciences*, Thèse de doctorat, directeurs André Giordan et Jack Guichard, Université de Genève.

DEBESSE, Maurice et MIALARET, Gaston, *Traité des sciences pédagogiques,* I, Paris, PUF, 1969.

D'ENFERT, Renaud et LEBEAUME Joël (dir.), *Réformer les disciplines : les savoirs scolaires à l'épreuve de la modernité, 1945-1985*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2015.

FLEURY Bernadette et FABRE, Michel, « Psychanalyse de la connaissance et Problématique des pratiques pédagogiques. La longue marche vers le processus ''apprendre'' » *Recherche et Formation*, N°48, 2005.

FOUREZ, Gérard, « les sciences dans le secondaire », *Didaskalia*, n°21, 2002, pp.107-122.

GALLI, Hugues et al, (dir.), *Les didactiques au prime de l'épistémologie : une approche plurielle*, Dijon, Editions Universitaires de Dijon, 2013.

GISPERT Hélène et *al*, *Science et enseignement. L'exemple de la grande réforme des programmes du lycée au début du XXe siècle*, Paris, Vuibert, 2007.

GRANER, Maridjo et GIORDIAN, André, *Apprendre par l'erreur*, Lyon, Chronique sociale, 2020.

HULIN, Michel et *al*, *Le mirage et la nécessité : Pour une redéfinition de la formation scientifique de base*, Paris, Presses de l'École normale supérieure, 1992.

HULIN, Nicole, (dir.), (2000), *Physique et humanités scientifiques : autour de la réforme de l'enseignement de 1902 : études et document*, Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion.

- (2014), « Enseignement des sciences» dans Dominique LECOURT, *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Quadrige/PUF.

LEVY-LEBLOND, Jean-Marc et JAUBERT, Alain, (dir.), *(Auto) critique de la science*, la section « Les étudiants et l'enseignement » (p.191-221), Paris, Seuil, 1975.

LECOURT, Dominique, *L'enseignement de la philosophie des sciences, Rapport au ministre de l'éducation nationale,* de la Recherche et de la Technologie, 1999.

MEIRIEU, Philippe (dir.), *Le désir d'apprendre*, Paris, Editions Autrement, 2018.

MONTESSORI, Maria, (1958), *Pédagogie scientifique*, tome 1, Paris, Desclée de Brouwer, 2004.

NOT, Louis, *Enseigner et faire apprendre*, Toulouse, Privat, 1991.

PASTIAUX Georgette et PASTIAUX, Jean (1997), *La pédagogie*, Paris, Nathan, 2014.

PETIT, Annie, « Contributions positivistes à l'enseignement des sciences », in *Science et enseignement, l'exemple de la grande réforme des programmes du lycée au début du XX*e *siècle*, dir Hélène Gispert, Nicole Hulin, Marie-Pierre Robic, Paris, Vuibert, 2007.

RESWEBER, Jean-Paul, *Les nouvelles pédagogies*, (1986), Paris, PUF, 2017.

ROBARDET, Guy et GUILLAUD, Jean-Claude, *Eléments de didactiques des sciences physiques*, Paris, PUF, 1997.

SANSON-STERN, Catherine, *Echec scolaire, Des solutions pour se réconcilier avec l'école*, Paris, Editions FABERT, 2011.

VERGNIOUX, Alain, *Théories pédagogiques, Recherches épistémologiques*, Paris, Vrin, 2009.

VIENNOT, Laurence et *al*, *Didactique, épistémologie et histoire des sciences*, Paris, PUF, 2008.

VIENNOT, Laurence et DECAMP, Nicolas, *L'apprentissage de la critique, Développer l'analyse critique en physique*, Grenoble, UGA Editions, EDP sciences, 2019.

Autres références :

ARENDT, Hannah, *La crise de l'éducation, extrait de La Crise de la culture*, Paris, Gallimard, 1972.

BERGSON, Henri, *Matière et mémoire* (1896), Paris, République des Lettres, 2020.

BREHIER, Emile, *Histoire de la philosophie*, 1930, Paris, PUF, 2017.

BAROUILLET, Pierre et CAMPOS, Valérie, *La mémoire de travail*, Théories, développement et pathologies, Bruxelles, Editions Mardaga, 2022.

CHARRACK, André, *Empirisme et théorie de la connaissance*, Paris, PUF, 2009.

DAMASIO, Antonio, *Sentir et Savoir, une nouvelle théorie de la conscience*, Paris, Odile Jacob, 2021.

DESCARTES, Renée, *Le discours de la méthode* (1637), Introduction et notes d'Étienne Gilson, Paris, Vrin, 2016.

DELEUZE, Gilles, *Qu'est-ce que la philosophie*, Paris, Les éditions de Minuit, 1991.
DEWEY, John, Démocratie et Education suivi Expérience et Education, (1916), Paris, Armand Colin, 2022.
FIRODE, Alain, « La critique de l'épistémologie classique et ses implications pédagogiques chez John Dewey et Karl Popper », *Recherches en éducation*, 34, 2018, consultation actualisée le 26/09/24.
FONTENEAU Françoise, « La philosophie du comme si Die Philosophie des Als ob », *La Cause freudienne*, 2009/1 (N° 71).
FREUD, Sigmund, *Cinq leçons sur la psychanalyse*, Paris, Payot et Rivages, 2015.
HUME, David, *Enquête sur l'entendement humain* (1748), Paris, Flammarion, 2006.
JASPERS, Karl, *Introduction à la philosophie*, Paris, Plon, Trad. Jeanne Hersch, 1991.
KANT Emmanuel, *La critique de la raison pure* (1781), Paris, PUF, Trad. André Tremesaygues et Bernard Pacaud, 2015.
LEIBNIZ, *Théodicée*, Ière part. § 44, dans Dominique LECOURT, *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Quadrige/PUF, 2014.
LHERETE, Héloïse, (dir.), *La psychologie de la motivation*, Auxerre, Sciences Humaines Editions, 2021.
LIEURY, Alain, *Psychologie de la mémoire, Histoire, théories et expériences*, Paris, Dunod, 2021.
LOCKE, John, *Essai sur l'entendement humain*, (1689) Paris, Vrin, 2001, Trad. J-M Vienne, 2001.
PLATON, *La République*, Paris, Gallimard, Trad. Pierre Pachet, 1993.
ROUSSEAU Jean-Jacques, L'Emile ou de l'éducation, Paris, Flammarion, Notes par André Charrack, 2009.
ROGER, Jacques, « Buffon et le transformisme », dans *La Recherche en histoire des sciences*, (dir.) Michel Biezunski, Paris, Editions du Seuil, 1983, p. 148-172.
RUSNOCK, Paul, « Qu'est-ce que la représentation, Bolzano et la philosophie autrichienne », *Philosophiques*, 2003, 30(1), 67–81. https://doi.org/10.7202/007732ar (consultation actualisée le 26/09/2024).

Webographie :

Nous avons consulté plusieurs références webographiques. Il nous est impossible de tout citer ici, notamment de simples pages web, des vidéos YouTube, des émissions de radio ou podcasts (France culture fr, Rfi : Radio France internationale, etc.) :

- www.gastonbachelard.org
- http://ekouter.net/la-radio-comme-possibilite-de-reve-eveille-avec-gaston-bachelard-sur-france-culture-4640
- http://classiques.uqac.ca/
- https://www.aau.at/en/university-library-klagenfurt/karl-popper-archives/
- https://www.persee.fr/
- https://www.cairn.info/
- https://www.erudit.org/
- https://www.google.fr/search?q=google+traduction&sca
- https://www.scdi-montpellier.fr/sites/default/files/2019-06/Normes_francaises_LSHS.pdf
- https://hal.science/
- https://philpapers.org/browse/popper-three-worlds
- https://philpapers.org/
- https://link.springer.com/search?new-search=true&query=Popper
- https://www.jstor.org/
- https://journals.openedition.org/
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Recherche
- https://www.sudoc.fr/
- https://scholar.google.fr/

Dictionnaires, encyclopédies, méthodologie :

- *Comment réussir sa thèse, La conduite du projet doctoral*, Paris, Dunod, 2011, Romelaer, Pierre et Kalika, Michel.

- *L'Art de la thèse* Paris, La Découverte, 2006, Michel Beaud.

- *Méthodologie de la thèse et du mémoire,* Studyrama, 2009, Sophie Boutiller et *al.*

- « L'épistémologie comparative », de Gilles-Gaston Granger, *Union rationaliste*, 2016 /4 N°200, p.66-77.

« Objet et méthode de la philosophie comparée », de P. Masson-Oursel, *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1911, n°4, T 19, pp.541-548.

- *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*, Paris, Quadrige/PUF, 2003, de Dominique Lecourt.
- *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, André Lalande.
- *Encyclopédie philosophique universelle, Les notions philosophiques Dictionnaire*, tome 1, 2, Paris, PUF, 1990.
- *Grand dictionnaire de la philosophie, Larousse, 2003, (dir.) Michel Blay.*
- *Dictionnaire de pédagogie*, Nathan, 2006, Franc Morandi et René La Borderie.
- *Rédiger et communiquer efficacement*, Bescherelle, Hatier.
- *Le Nouveau Petit le Littré*, Editions Garnier, 2009.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS **2**

RESUME EN FRANÇAIS **3**

RESUME EN ANGLAIS **4**

INTRODUCTION GENERALE **5**

I – Conception bachelardienne et poppérienne de la pédagogie **6**

II – Eléments de justification du corpus : le choix de Bachelard et de Popper **11**
II-1 Deux enseignants de science dans le secondaire **12**
II-2 Deux styles d'épistémologies critiques et dynamiques …… **16**

III – Rapports entre pédagogie et épistémologie : problématisation **18**
III-1 Une même finalité : comprendre et expliquer la science **18**
III-2 La corrélation entre l'épistémologie et la pédagogie **20**

IV – Méthodologie et structure de l'analyse **21**

PREMIERE PARTIE **24**

CRITIQUES BACHELARDIENNES ET POPPERIENNES DES FONDEMENTS EPISTÉMOLOGIQUES CLASSIQUES DE L'ENSEIGNEMENT DE LA SCIENCE **25**

Introduction **26**

CHAPITRE I : ELEMENTS DE COMPARAISON ENTRE BACHELARD ET POPPER **27**

Introduction **27**

I – Nature et forme de l'enseignement de la science **29**

I-1 Le sens d l'enseignement des sciences **29**
I-1.1 La conception poppérienne **29**
I-1.2 La conception bachelardienne de l'enseignement (des sciences) **33**

I-2 Le statut épistémologique du professeur de science **36**

I-3 Deux approches pédagogiques différentes **39**

II – De la définition de la science empirique : l'usage du concept **42**

II-1 L'usage général et régional du concept de science **42**

II-2 Réflexion sur des théories scientifiques contemporaines 49
II-2.1 La théorie einsteinienne : une conception non cumulative de la science……49
II-2.2 La mécanique quantique : une conception non déterministe de la science 55

II-3 Des approches épistémologiques distinctes : un même idéal 57

Conclusion 60

CHAPITRE II : CRITIQUES DE L'EMPIRISME CLASSIQUE ET DE LA PEDAGOGIE EMPIRISTE …...…… 63

Introduction 63

I – Bachelard et Popper contre l'empirisme classique 64

I-1 La critique poppérienne de l'empirisme classique 64
I-2 La critique bachelardienne de l'empirisme classique 69

II – La critique de la pédagogie empiriste traditionnelle 72

II-1 La critique bachelardienne de la pédagogie empiriste traditionnelle 73
II-2 La critique poppérienne de la pédagogie empiriste classique 76

III – Aux sources de l'empirisme pédagogique 79

III-1 La conception empiriste de la science 79
III-2 L'empirisme classique et les lois scientifiques 84

Conclusion …….....85

CHAPITRE III : CRITIQUES DU RATIONALISME CLASSIQUE ET DE LA PEDAGOGIE RATIONALISTE ……. 87

Introduction 87

I – Bachelard et Popper contre le rationalisme classique 88

I-1 La critique poppérienne du rationalisme classique 88
I-2 La critique bachelardienne du rationalisme classique 90
I-3 Rationalisme nouveau et intentions divergentes 95

II – Bachelard et Popper contre la pédagogie rationaliste 97

II-1 La critique poppérienne de la pédagogie rationaliste traditionnelle 99
II-2 La critique bachelardienne de la pédagogie rationaliste 99
II-3 Un nouveau rationalisme pédagogique 101

III – Quelques rappels sur le rationalisme classique ……..104

III-1 Caractéristiques du rationalisme classique.....104
III-2 L'image rationaliste de la science 108
III-3 Le réalisme traditionnel (métaphysique).....110

Conclusion 113

Conclusion de la partie.....116

DEUXIEME PARTIE 118

LA CONCEPTION DYNAMIQUE DE LA SCIENCE SELON GASTON BACHELARD ET KARL POPPER.....119

Introduction.....119

CHAPITRE IV : LA NATURE DYNAMIQUE DE LA SCIENCE EMPIRIQUE..... 120

Introduction.....120

I – Critère distinctif de la science empirique.....121

I-1 Le critère poppérien 121
I-1.1 Le critère de falsifiabilité ou de réfutabilité 121
I-1.2 La corroboration des théories scientifiques.....124
I-1.3 La conjecturalité des théories scientifiques 128

1-2 Le critère bachelardien.....131
I-2.1 La rectification : caractéristique essentielle de la science 134
I-2.2 Les caractéristiques de l'esprit scientifique.....135
I-2.3 La connaissance commune et la connaissance scientifique 139

II – La nature dynamique des lois et des vérités scientifiques.....144

II-1 Conceptions des lois et des vérités scientifiques …… 146
II-1.1 Les lois scientifiques : découvertes ou construites ? ……. 144
II-1.2 Les vérités scientifiques : intemporalité ou contingence ? …… 147

II-2 Conceptions de la réalité et de l'objet scientifique.....150

Conclusion ……..152

CHAPITRE V : LA CONCEPTION FALSIFICATIONNISTE ET DIALECTIQUE DE LA DEMARCHE SCIENTIFIQUE 155

Introduction.....155

I – Théorie poppérienne de la démarche scientifique..... 156

I-1 La science procède par essai et élimination de l'erreur …….156

I-2 Méthode scientifique et conventionnalisme poppérien.....161
I-2.1 La conception naturaliste de la méthode scientifique.....161
I-2.2 Le conventionnalisme poppérien.....165

II – Théorie bachelardienne de la méthode scientifique..... 172

II-1 Dogmatisme et inventivité méthodologique 172

II-2 La démarche dialectique de la science 176
II-3 La démarche psychanalytique en science 181

III – Convergences et divergences.....183

III-1 La démarche scientifique entre déduction et induction 184

III-2 Les finalités de la science empirique 185

Conclusion 186

CHAPITRE VI : Les conceptions bachelardienne et poppérienne du progrès Scientifique 189

Introduction.....189

I – Conception dynamique du progrès scientifique 190

I-1 La conception poppérienne du progrès scientifique 190
I-1.1 Le progrès scientifique comme quête de la vérité objective.....190
I-1.2 Les fondements du progrès scientifique.....201
I-1.3 Les conditions du progrès scientifique.....207

I-2 La conception bachelardienne du progrès scientifique 214
I-2.1 Progrès scientifique et obstacles épistémologiques 214
I-2.2 Progrès scientifique et ruptures épistémologiques..... 222
I-2.3 Une évolution discontinue des sciences 228

II – La science entre théorie et expérience 231

II-1 Le statut de la théorie dans la science empirique.....232
II-2 Le statut de l'expérience scientifique..... 237
II-3 La relation théorie-expérience/expérience-théorie.....243
II-4 La bi-certitude comme caractéristique de la science empirique.....247

Conclusion ……..247

TROISIEME PARTIE **250**

EPISTEMOLOGIE CRITIQUE ET PROCESSUS ADEQUATS D'APPRENTISSAGE DES SCIENCES **250**

Introduction **251**

CHAPITRE VII : DE L'EPISTEMOLOGIE CRITIQUE A LA DEMARCHE PEDAGOGIQUE DYNAMIQUE… **252**

Introduction **252**

I – La méthode critique en pédagogie **253**

I-1 Popper et la méthode pédagogique faslsificationnniste **253**
I-1.1 La théorie de l'imprégnation de Konrad Lorenz **253**
I-1.2 La méthode d'essai et d'élimination de l'erreur en pédagogie **256**
I-1.3 L'autonomisation de l'apprenant… **263**
I-1.4 L'applicabilité de la méthode d'apprentissage par essai et erreur **266**

I-2 Bachelard et la démarche rectificationniste **271**
I-2.1 La méthode psychanalytico-dialectique **271**
I-2.2 La rupture épistémologique : détruire et reconstruire **273**

I-3 La psychanalyse : le nœud d'une confrontation **276**

II – Epistémologie critique et pédagogie du problème **277**

II-1 De la nécessité d'une pédagogie de questionnement… **278**
II-1.1 La particularité logique de l'approche poppérienne **283**
II-1.2 La particularité psychanalytique de l'approche bachelardienne **287**

II-2 Deux approches méthodologiques convergentes **292**

Conclusion **295**

CHAPITRE VIII : ELEMENTS POUR LA CONSTRUCTION DE SAVOIRS SCIENTIFIQUES SCOLAIRES **298**

Introduction **298**

I – La constitution d'un savoir scolaire dynamique ……...299

I-1 Les outils épistémologiques bachelardiens **299**
I-1.1 Le profil épistémologique : outil heuristique et didactique **299**
I-1.2 Profil épistémologique et obstacle épistémologique **303**
I-1.3 La valeur pédagogique des obstacles épistémologiques **305**

I-2 Les outils épistémologique poppériens **310**
I-2.1 La théorie des trois mondes : un outil heuristique et didactique **310**

I-2.2 L'apprentissage des raisonnements scientifiques 321

II – Applications et appropriation du savoir.....322

II-1 L'application de la notion de profil épistémologique.....322
II-1.1 L'application à un concept scientifique.....322
II-1.2 L'application à l'esprit de l'enseignant et de l'enseigné.....325

II-2 L'application de la théorie des trois mondes 331
II-2.1 Enseigner dynamiquement une théorie scientifique 331
II-2.2 L'apprentissage des problèmes scientifiques.....332

Conclusion……335

CHAPITRE IX : EPISTEMOLOGIE CRITIQUE ET PSYCHOPEDAGOGIQUE…..337

Introduction.....337

I – Théorie de la mémoire et enseignement de la science.....338

I-1 La dynamique d'une mémoire efficace.....338
I-1.1 La théorie poppérienne de la mémoire 338
I-1.2 La théorie bachelardienne de la mémoire 341

I-2 La mémoire dynamique dans l'apprentissage de la science 346
I-2.1 Une même finalité pédagogique.....346
I-2.2 Deux approches presque paradoxales.....347

II – Théorie de l'esprit et apprentissage de la science.....353

II-1 Nature et fonctionnement de l'esprit… 353
II-1.1 La conception bachelardienne de l'esprit et les obstacles épistémologiques 353
II-1.1.1 De l'obstacle épistémologique à l'obstacle pédagogique.....354
II-1.1.2 Différents types d'obstacles épistémologiques ou pédagogiques.....355
II-1.1.2.1 L'esprit et l'expérience première.....356
II-1.1.2.2 L'esprit et la connaissance générale 358
II-1.1.2.3 L'esprit, l'obstacle verbal et la connaissance unitaire et pragmatique 359
II-1.1.2.4 L'esprit et l'obstacle substantialiste 360

II-1.2 La conception poppérienne de l'esprit… 361
II-1.2.1 Critique de la théorie de l'esprit-seau 362
II-1.2.2 La théorie de l'esprit-projecteur d'apprentissage.....363

II-2 Deux définitions de l'esprit presque divergentes.....367

II-3 Les implications pédagogiques des théories de l'esprit….....371
II-3.1 Les enjeux de la conception bachelardienne.....371
II-3.2 Les enjeux de la conception poppérienne..... 375

Conclusion……376

CONCLUSION GENERALE…..378

BIBLIOGRAPHIE 394
TABLE DES MATIÈRES……..408