UNIVERSITE MONTESQUIEU - BORDEAUX IV

ECOLE DOCTORALE de SCIENCES ECONOMIQUES, GESTION ET DEMOGRAPHIE (E.D.42)

DOCTORAT ès SCIENCES ECONOMIQUES

Adeline ALONSO UGAGLIA

UNE APPROCHE EVOLUTIONNISTE DE LA REDUCTION DES PESTICIDES EN VITICULTURE

Thèse dirigée par Mme **Maryline FILIPPI**, Professeur, et
M. **Bernard DEL'HOMME**, Maître de conférences

Soutenue le 13 décembre 2011

Jury :

Mme **Marie-Claude BELIS-BERGOUIGNAN**,
Professeur, Université Montesquieu - Bordeaux IV,

M. **Eduardo CHIA**,
Directeur de recherche, INRA, **rapporteur**,

M. **Bernard DEL'HOMME**,
Maître de conférences, ENITA de Bordeaux, **co-directeur de thèse**,

Mme **Maryline FILIPPI**,
Professeur, ENITA de Bordeaux, **directrice de thèse**,

M. **Jean-Marc MEYNARD**,
Directeur de recherche, INRA,

M. **Jean-Benoît ZIMMERMANN,**
Directeur de recherche, CNRS, **rapporteur**.

Remerciements

La thèse est un long parcours individuel et pourtant tant de personnes ont pris part à la réalisation et à l'aboutissement de ce travail. Je tiens à commencer par remercier Maryline Filippi qui a accepté d'encadrer cette thèse et surtout Bernard Del'homme qui m'a co-encadrée et suivie pas à pas pendant ces quatre années. Nous avons formé un trio improbable qui a permis d'aboutir à des collaborations enrichissantes et à la rédaction de cette thèse.

Je tiens également à remercier l'ensemble des membres du jury de me faire l'honneur d'évaluer ce travail. Je remercie en particulier Eduardo Chia et Jean-Benoît Zimmermann d'avoir accepté de rapporter mon travail et d'avoir pris du temps pour le lire au milieu d'emplois du temps chargés. Je remercie également Marie-Claude Bélis-Bergouignan et Jean-Marc Meynard de me faire l'honneur de participer à ce jury de thèse.

Je remercie vivement le comité de pilotage de ma thèse, et notamment Vanessa Oltra pour les précieux conseils qu'elle m'a prodigués tout au long de ce travail. Son appui pour bénéficier des animations à destination des doctorants dans le réseau DIME a été très précieux. Il m'a notamment permis de bénéficier de la formation en modélisation SIME sans laquelle ce travail n'aurait pu aboutir. Je remercie également Eric Brouillat et Marco Valente, pour qui les techniques de modélisation n'ont pas de secret, pour leur disponibilité, ainsi que pour m'avoir fait bénéficier de leurs connaissances et de leur aide dans les différentes étapes de ma démarche de modélisation.

Je souhaite remercier aussi les différentes structures qui ont été le support de ce travail de thèse. Tout d'abord l'ENITA de Bordeaux, pour m'avoir fourni un cadre et des conditions de travail agréables, avec un statut qui m'a permis d'acquérir des compétences en recherche aussi bien qu'en enseignement. Je remercie Yannick Lung, et à travers lui l'Université Montesquieu – Bordeaux IV et le GREThA, pour m'avoir permis de bénéficier des infrastructures du laboratoire. Je remercie une nouvelle fois Marie-Claude Bélis-Bergouignan, directrice de l'école doctorale, pour m'avoir donné l'opportunité de présenter mes travaux et de les confronter aux autres doctorants et chercheurs. Enfin, je tiens à remercier l'USC GAIA et le département SAD de l'INRA qui ont accueilli mes recherches.

Que mes collègues de tous les jours, Bernard D., Nathalie, Bernard B., Stéphanie, tous les membres de l'UF EET et tout le personnel du DETSI voient ici l'expression de mon affection. Merci pour tous les sourires et pour votre soutien.

Un merci tout particulier à Nathalie Corade, Jérôme Steffe et Jean Pailler, grâce à qui l'histoire a commencé un certain 1er décembre 2005, et qui avec Bernard Del'homme n'ont cessé d'encourager mon parcours à l'ENITA. Bernard, merci pour ta confiance et pour avoir toujours cru en moi, parfois plus que moi-même.

Merci à toi, Luce, la meilleure correctrice de tous les temps. Et merci encore à Steph pour ses précieux conseils de relecture et son aide pour la mise en forme.

A mes parents, pour qui ce travail est une fierté bien qu'ils n'en mesurent pas toujours la portée, j'exprime toute ma gratitude. Je n'y serai pas arrivée sans vous. Je remercie aussi tous les proches, ma famille et mes amis, qui m'ont soutenue pendant toutes ces années. Enfin, et surtout, à toi, Pablo, mon petit homme né pendant cette thèse, et qui malgré toutes les difficultés rencontrées pendant cette dernière année m'a donné la force et le courage d'aller au terme de ce défi personnel, je dédie ce travail. C'est grâce à toi et pour toi que je suis arrivée au bout.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE -11-

CHAPITRE 1 : Vers le besoin d'adoption de nouvelles pratiques phytosanitaires en viticulture -29-

CHAPITRE 2 : Une conceptualisation évolutionniste du changement de pratiques phytosanitaires en viticulture -87-

CHAPITRE 3 : L'*IPM*, un processus de protection phytosanitaire validé qui rencontre des freins lors de son adoption -161-

CHAPITRE 4 : PEST, un modèle évolutionniste de l'apprentissage des viticulteurs pour la réduction des pesticides -231-

CONCLUSION GÉNÉRALE -311-

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES -321-

TABLE DES ENCADRÉS, FIGURES ET TABLEAUX -347-

ANNEXES -353-

TABLE DES MATIÈRES -477-

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Depuis 2008, la France s'est engagée dans une politique de réduction de l'utilisation des pesticides. Les contours en sont encore assez imprécis, mais les objectifs de réduction de leur utilisation définis par le Grenelle de l'environnement sont clairs : - 50 % d'ici à 2018 (Paillotin, 2008). L'agriculture française se doit donc de maintenir un niveau de production élevé, mais aussi de produire mieux, en respectant les équilibres écologiques dans un contexte de changement climatique et de concurrence pour la ressource en eau. Cela suppose notamment que les exploitations agricoles soient moins dépendantes des pesticides et qu'elles puissent ainsi adopter des pratiques phytosanitaires plus respectueuses de l'environnement. L'objectif de cette thèse est de contribuer à la compréhension du changement de pratiques en agriculture en ayant une approche dynamique qui prenne en compte la pression réglementaire, la demande des consommateurs et les opportunités technologiques en matière de préservation de l'environnement. Pour cela, nous proposons une analyse évolutionniste des déterminants de la réduction des pesticides, en centrant cette approche sur la viticulture.

UN CONTEXTE GÉNÉRAL EN FAVEUR DU CHANGEMENT DE PRATIQUES EN AGRICULTURE

Avec la montée en puissance du concept de durabilité, les attentes de la société sont fortes en termes de prise en compte de l'impact des activités humaines aux niveaux économique, environnemental et social (Brundtland, 1987) et l'agriculture ne déroge pas à cela (Griffon, 2006). La gestion des agrosystèmes par les agriculteurs génère aussi bien des externalités positives que négatives, qui ont pris de l'ampleur dans les années 1960 et 1970 avec la généralisation des modèles productivistes (Charvet, 2010). La fourniture de nourriture en quantité et qualité suffisantes permise grâce au processus de modernisation agricole, la production d'aménités paysagères, l'équilibre des territoires ruraux, par exemple, justifient la nécessité de maintenir cette activité. Mais le modèle de développement que suit l'agriculture depuis les années 1950 et ses fonctionnalités sont remis en cause. Les externalités agricoles négatives peuvent être appréhendées selon trois niveaux (Charvet et Diry, 2008) :

- le niveau économique, en termes de part des aides dans le revenu des agriculteurs européens, d'inégale répartition de ces aides, et de distorsions qu'elles génèrent dans les échanges mondiaux ;

- le niveau social, en termes de répartition inégale des activités et de la population agricole sur le territoire, avec ses conséquences sur la qualité de vie urbaine et rurale ;
- le niveau environnemental avec la dégradation des paysages, l'érosion des sols, l'atteinte à la biodiversité et la pollution de l'eau.

Cette dernière dimension est devenue particulièrement incontournable pour l'agriculture, dont l'outil de production repose sur le milieu naturel, puisque les externalités agricoles négatives affectent l'ensemble des composantes de l'environnement. L'image de l'agriculture est ainsi ternie et celle-ci est souvent présentée comme une activité polluante, c'est-à-dire à l'origine d'une altération des qualités du milieu naturel. L'intensification écologique de la production agricole est donc un sujet faisant l'objet de nombreux débats et mis au centre des enjeux pour les prochaines années (Chaumet *et al.*, 2009).

Deux types d'intrants sont majoritairement concernés en termes de pollution d'origine agricole : les engrais et les pesticides. L'impact des pesticides agricoles sur la santé humaine et l'environnement est notamment source de vives inquiétudes (Aubertot *et al.*, 2005). L'agriculture française a, plus que d'autres, développé des systèmes de production fondés sur l'utilisation de ces produits dont elle est devenue très dépendante puisqu'elle en est le troisième consommateur mondial (Eurostat, 2007). C'est pourquoi nous concentrons notre étude sur l'utilisation de ces produits. Les termes « pesticides », « produits phytosanitaires », « produits phytopharmaceutiques » et « produits agropharmaceutiques » désignent des produits de protection des plantes ou des animaux en agriculture (Rochard, 2005). Ils peuvent aussi bien désigner la substance active que la préparation commerciale mise sur le marché. Le terme « pesticides » est devenu au XX^{e} siècle le terme générique utilisé pour désigner toutes les substances naturelles ou de synthèse capables de contrôler, de repousser, de détruire ou de s'opposer au développement des organismes vivants (microbes, animaux ou végétaux) considérés comme indésirables pour l'agriculture. Nous retiendrons les termes « pesticides » et « produits phytosanitaires » dans la suite de notre thèse pour faire référence aux produits et intrants chimiques de synthèse utilisés pour la protection des plantes lors de la mise en œuvre des processus de production agricole et tels que définis par la Directive 91/414/CEE du 15 juillet 1991 : les fongicides, insecticides, acaricides et herbicides, ces derniers étant les plus utilisés à travers le monde.

Malgré la prise de conscience et les efforts réalisés, l'intégration de la dimension environnementale dans les exploitations est insuffisante. Les démarches préconisées par

la recherche et les instituts techniques pour réduire les pesticides restent d'une extension modérée, alors même que l'opinion publique commence à être alertée par des campagnes de presse de plus en plus précises, comme souligné dans le rapport Ecophyto 2018 (Paillotin, 2008). Les mentalités changent mais l'évolution des pratiques techniques des agriculteurs vers une réelle prise en compte de l'environnement se fait de manière lente et ponctuelle. Le Grenelle de l'Environnement a initié un tournant dans les politiques liées aux pesticides en adoptant en 2008 un objectif chiffré de diminution des usages de ces produits comme contribution majeure à l'objectif de diminution des risques (Paillotin, 2008). La nécessité de changement de pratiques phytosanitaires est donc de plus en plus pressante et ne peut être ignorée par les agriculteurs français.

DES TRAVAUX EN ÉCONOMIE AGRICOLE À UNE GRILLE DE LECTURE ÉVOLUTIONNISTE DU CHANGEMENT DE PRATIQUES PHYTOSANITAIRES

Donner une lecture économique de la réduction des pesticides nécessite la construction d'une grille d'analyse adaptée qui permette d'analyser le processus de changement dans les exploitations. En économie agricole, de nombreuses études ont porté sur le changement technique et l'innovation en agriculture suivant différents courants théoriques (approche standard ou évolutionniste) et à différents niveaux : certains auteurs étudient les modèles de diffusion de technologies spécifiques, tandis que d'autres se concentrent sur l'adoption des innovations, *i.e.* le modèle de décision et de comportement des agriculteurs. Nous situons donc notre thèse par rapport à la littérature en lien avec le sujet, qui concerne d'une part le changement technique en agriculture, et, d'autre part, l'analyse des processus d'innovation dans les firmes.

D'un côté, les études empiriques menées sur les innovations en agriculture depuis les années 1960 reposent principalement sur les hypothèses de la théorie standard. Des modèles logistiques (courbe en S) sont mis en œuvre avec des analyses en termes d'équilibres partiels (Geroski, 2000 ; Griliches, 1957 [1] ; Mansfield, 1968). À partir d'une fonction ajustée sur des observations empiriques, ces travaux tentent d'expliquer la vitesse de diffusion d'une innovation par les caractéristiques des innovations elles-mêmes

[1] L'article de Griliches (1957) propose une étude des taux passés et actuels de l'utilisation de semences hybrides aux USA. Le retard dans le développement des hybrides dans des zones particulières et le retard à l'entrée de certains producteurs de ces zones y sont au moins en partie expliqués sur la base de différences de rentabilité.

ou des firmes concernées. Ces modèles reposent sur le comportement d'imitation d'une firme innovatrice par ses concurrents et l'innovation est donnée. Dans un modèle plus récent, Metcalfe (1990) introduit des interactions entre décision de production des innovations et niveau d'adoption de ces dernières, c'est-à-dire entre l'offre et la demande.

Dans ces modèles, la structure du marché, les débouchés et la forme commerciale de l'innovation sont considérées constantes dans le temps. Ils excluent de l'analyse la possibilité d'étudier la dynamique de transformation de l'innovation elle-même en ne permettant ni à l'innovation ni à la technologie d'évoluer dans le temps. Les conditions de production dans les firmes qui imitent la firme innovatrice sont également supposées constantes. De plus, ces modèles réduisent la diffusion des innovations à la circulation d'information entre les entreprises (Le Bas, 1995). L'accès à l'information est supposé libre et égal pour tous (Quelin, 1991). Dans la lignée de ces constats, Porter et Van der Linde (1995) mettent l'accent sur l'inefficience d'un tel cadre néoclassique pour étudier les relations entre objectifs environnementaux et compétitivité de l'industrie. Leur propos est de mettre en évidence que cette approche ne permet pas de poser le cadre du débat de manière correcte puisqu'elle relève d'un point de vue statique où toutes les technologies, produits, processus et consommateurs sont fixés.

D'un autre côté, en opposition à l'approche standard, l'approche évolutionniste permet de s'extraire de la vision statique de l'économie qui se prive de certaines dimensions fondamentales pour l'analyse du changement. Centrée sur l'étude des innovations et du changement dans les firmes, elle considère les industries comme des systèmes dynamiques ou Systèmes Complexes Adaptatifs (SCA) (Holland, 1995). À partir des travaux de Nelson et Winter (1982), l'intérêt porte plutôt sur la dynamique de l'industrie que sur les états d'équilibre qui pourraient être générés. Cette approche permet en effet d'étudier les éléments qui constituent un secteur, leurs interactions, leur adaptation à différentes situations et leurs processus d'apprentissage, le type de nouveautés auxquelles ils doivent faire face. Avec une telle vision de la dynamique économique, l'apprentissage des firmes et leur coordination sont placés au cœur de l'analyse sans qu'on puisse les écarter en focalisant sur les états d'équilibre du système ou en se basant sur les anticipations rationnelles des agents (Yildizoglu, 2011). Envisager le changement comme un processus endogène et basé sur les processus d'apprentissage des agents nous amène à inscrire cette thèse dans le cadre évolutionniste du changement économique.

Toutefois, l'agriculture ayant été décrite par Pavitt (1984) comme un secteur dominé par l'offre d'innovation, peu de travaux ont porté sur l'agriculture et les changements technologiques par le biais d'une approche évolutionniste. Possas *et al.* (1996) préconisent deux voies d'analyse des transformations en cours dans le monde agricole : d'une part une voie interne qui se concentre sur les caractéristiques des trajectoires existantes et des éléments d'analyse interne aux entreprises, et, d'autre part, une voie externe s'intéressant aux contextes économique, scientifique et social des entreprises du secteur et à la diffusion des innovations. De notre point de vue, les deux types d'analyse ne sont pas contradictoires et il est même possible d'envisager de construire des modèles d'adoption intégrant des données sur le processus de diffusion (stade auquel le processus de diffusion en est) ou le contexte, et des modèles de diffusion intégrant des éléments de choix et de décision des agriculteurs. Dans notre conceptualisation théorique de la réduction des pesticides, nous analysons, d'une part, le contexte réglementaire et sociétal comme facteur de pression pour les exploitations. D'autre part, nous préconisons une approche centrée sur des éléments internes à l'entreprise dans la mesure où nous considérons que c'est à ce niveau que se nouent les freins et déterminants du changement de pratiques en agriculture, tout en prenant en compte les interactions des exploitations avec les autres firmes du secteur. En ce sens, nous proposons une approche originale de l'adoption d'innovations en agriculture.

Dans ce cadre, des concepts de l'approche évolutionniste sont mobilisés pour analyser la réduction des pesticides en viticulture. Nous définissons ainsi les nouvelles pratiques phytosanitaires comme des innovations environnementales dont nous étudions les déterminants. L'approche évolutionniste réaffirme le rôle de la réglementation [2], mais en l'associant à deux autres facteurs également considérés comme influençant le processus d'innovation des firmes et agissant de manière conjointe avec elle : la demande et les opportunités technologiques (Oltra, 2008). Du marché émane une demande en raison de la sensibilité des consommateurs aux produits prenant en compte la préservation de l'environnement dans la méthode de production. Mais l'adaptation des entreprises à la double demande des pouvoirs publics et des consommateurs dépend aussi de leur capacité à explorer les opportunités technologiques qui leur sont offertes. En l'absence de R & D dans les exploitations agricoles, celles-ci doivent explorer leur environnement pour rechercher les opportunités technologiques qui leur sont offertes, et mettre en œuvre des processus d'apprentissage afin d'acquérir et de s'approprier de nouvelles connaissances et

[2] En économie de l'environnement, la réglementation a souvent été mise en avant comme driver des innovations mais, la plupart du temps, les analyses portent sur les outils réglementaires à privilégier (Bontems et Rotillon, 2007).

compétences. Nous proposons donc de nous concentrer sur ce dernier point, dans la mesure où les innovations disponibles et préconisées par les pouvoirs publics nécessitent des processus d'apprentissage importants pour l'adoption de nouvelles pratiques phytosanitaires (Aubertot *et al.*, 2005). Les spécificités sectorielles influençant la compréhension des dynamiques de changement et la mise en œuvre des processus d'apprentissage, nous choisissons de nous baser sur un secteur particulier, le secteur viticole, pour étudier la réduction des pesticides.

UNE APPROCHE SECTORIELLE DE LA VITICULTURE

- *De l'intérêt d'une approche sectorielle de la viticulture*

Belis-Bergouignan *et al.* (2011) soulignent la nécessité de développer des approches sectorielles pour analyser la dynamique industrielle. L'entrée sectorielle est donc privilégiée dans notre travail, comme préconisé dans l'ouvrage de Colletis et Lung (2006). En effet, la compréhension de la dynamique de changement ne peut intervenir qu'au niveau des industries ayant chacune leurs spécificités, qu'il s'agisse d'analyser les enjeux technologiques comme dans notre cas appliqué, les stratégies des firmes ou les politiques publiques. Malerba et Orsenigo (1996, 1997) explicitent les différences entre secteurs en considérant les principales caractéristiques de l'environnement technologique et leur impact sur la dynamique de l'innovation. Selon ces auteurs, ce sont les conditions d'appropriation des innovations, les opportunités technologiques, la nature des connaissances et le caractère cumulatif des activités d'innovation qui définissent le régime technologique et qui conditionnent l'évolution des technologies et des structures industrielles. Ces mêmes auteurs, en 1993, expliquent les divergences entre les déterminants et les moteurs des innovations entre différents secteurs à partir des caractéristiques technologiques et des capacités des firmes à tirer profit de ces opportunités. La prégnance d'un tel niveau d'analyse nous conduit à nous attacher au contexte de la dynamique de l'industrie viticole qui conditionne fortement les mécanismes de la réduction des pesticides en viticulture. De plus, l'inscription spatiale de la dynamique industrielle, particulièrement vraie pour cette culture pérenne localisée dans des bassins de production, fait que nos travaux s'inscrivent également dans une approche en termes de dynamiques de proximité au sens de Bouba Olga *et al.* (2008) et de Pecqueur et Zimmermann (2004).

L'acuité de l'utilisation des produits phytosanitaires et l'importance économique du secteur sont les deux éléments principaux qui nous amènent à nous intéresser au cas particulier du secteur viticole. Tout d'abord, appliquée à la viticulture française, la question de la prise en compte de la dimension environnementale n'est que plus prégnante si l'on considère la pression en intrants sur le vignoble par rapport à d'autres cultures. En effet, la vigne occupe 3,7 % de la surface agricole utile, tandis qu'elle consomme 20 % de la consommation nationale de pesticides et 30 % des fongicides (Aubertot *et al.*, 2005). L'activité viticole est donc très concernée par la problématique environnementale et ne peut occulter l'importance de la demande des pouvoirs publics à ce sujet (Bougherara, 2003 ; Grolleau, 2001 ; Mzoughi, 2005). Les pressions émanent également des consommateurs et d'opérateurs privés à travers des cahiers des charges notamment. Dans ce cadre, la mise en place de bonnes pratiques environnementales est incontournable (César, 2002), bien que peu d'exploitations viticoles soient à ce jour engagées dans des démarches de protection du vignoble respectueuses de l'environnement (Agreste, 2009). La prise en compte des impacts environnementaux n'était jusqu'à présent pas une priorité, notamment dans un contexte difficile de crise viticole.

Les viticulteurs se retrouvent face à une double problématique : comment répondre à la pression sociétale et réglementaire tout en restant compétitifs ? L'objectif n'est plus de produire le maximum au moindre coût mais de concevoir des produits rentables et respectueux de l'environnement. Les viticulteurs sont alors confrontés à des choix stratégiques qui nécessitent une remise en cause partielle ou totale de leur logique de production et de leur itinéraire technique. A cause de cela, le respect de l'environnement est souvent présenté comme une contrainte. Une tension, voire même une opposition, est perceptible entre performance environnementale et performance économique. Notamment, le coût des pratiques économes en intrants est inconnu, mais ressenti comme important, voire même supérieur au coût des pratiques traditionnelles en regard des retours possibles en termes de valorisation des bonnes pratiques (Bazoche *et al.*, 2009a). Il y a peu de travaux portant sur les causes du manque de mise en œuvre des pratiques environnementales, mais l'absence d'information concernant l'impact d'une modification de l'itinéraire technique sur l'équilibre économique des exploitations a été identifiée comme un des freins à cette évolution par Pailler et Corade (2004). Les démarches environnementales en viticulture sont ainsi porteuses d'incertitudes (Saint-Gès, 2006a). La recherche est donc confrontée à un objectif d'évaluation de la viabilité économique des solutions techniques proposées. La

préconisation de nouvelles pratiques à mettre en œuvre doit alors s'accompagner de méthodes capables d'en apprécier l'opportunité économique.

Ensuite, la viticulture française tient une place importante dans le contexte mondial du marché du vin. L'Italie, la France [3] et l'Espagne sont les *leaders* mondiaux de la production de vin avec plus de 50 % de la production mondiale. En termes de consommation, le schéma est similaire (PAN Europe, 2008). L'Europe est le continent qui produit et consomme plus des deux tiers de l'offre mondiale en vin. En France, les chiffres montrent, qu'après une crise en 2008, la conjoncture des marchés semble poursuivre sa tendance à l'amélioration à la fin de la campagne 2010-2011 (Agreste, 2011). La demande intérieure en vins en Appellation d'origine protégée (AOP) et Indication géographique protégée (IGP) augmente, dans un contexte d'offre réduite, surtout en vins rouges et rosés. Le secteur viticole a enfin un rôle primordial dans l'agriculture française, dans la mesure où il est le premier secteur agricole en valeur (15 % de la valeur de la production en 2007) (INSEE, 2007) et que les emplois générés par la filière sont nombreux et très diversifiés (Bastian, 2008). L'importance économique de la viticulture justifie donc l'analyse de la problématique de la réduction des pesticides dans le cas particulier de ce secteur. Celui-ci présente des caractéristiques fortes que nous intégrons dans notre analyse.

- *Des spécificités du secteur viticole à prendre en compte*

Deux particularités du secteur viticole sont à prendre en compte pour analyser la dimension économique des innovations environnementales dans les exploitations. Tout d'abord, la grande majorité des vins (80 %) est produite sous appellation d'origine (tableau 1), ce qui limite de fait les rendements produits. La définition de l'appellation d'origine a été posée par la loi du 6 mai 1919. Celle-ci correspond à la dénomination d'un pays, d'une région ou d'une localité servant à désigner un produit qui en est originaire et dont les qualités ou les caractères sont dus à la localisation géographique (facteurs naturels et humains) (Économie rurale, 2000). Fondées sur le respect des usages locaux, loyaux et constants, les appellations d'origine proviennent de terroirs strictement sélectionnés (Hinnewinkel, 2001). Chaque appellation fait l'objet d'un décret qui définit les conditions de production (déterminées par l'INAO [4]), c'est-à-dire l'aire de production,

[3] La France était le premier producteur en volume jusqu'en 2006 avec 19 % de la production mondiale : depuis 2007, elle est passée à la seconde place (source : statistiques vitivinicoles mondiales 2007, OIV).

[4] INAO : Institut national de l'origine et de la qualité.

les cépages autorisés, les techniques culturales, la densité des plantations, le système de taille, les modes de conduite, les dates de récolte, le degré alcoolique minimal, et surtout les rendements plafond autorisés (source : FranceAgriMer). Tous les vins prétendant à une appellation d'origine sont soumis à un examen analytique et organoleptique. Ils sont ensuite officiellement agréés par l'INAO. Les règles et normes ainsi édictées, si elles garantissent la qualité et la provenance des produits, sont de nature à freiner l'innovation et l'apparition d'avantages compétitifs, notamment du fait de la limitation des rendements qui contraint la production. Notre étude se concentre donc sur le cas des exploitations produisant du vin sous appellation d'origine compte tenu de la proportion que ces entreprises représentent dans le secteur viticole français.

Tableau 1 : La production de vin en France en 2009

	Superficie en production (milliers d'hectares)	**Rendement (hectolitres/hectare)**	**Production de vin (milliers d'hectolitres)**
VINS D'APPELLATION [5]			
Total récolte AOC [6]	**465,4**	**50**	**23 347,7**
dont AOC hors VDN [7]	451,7	51	23 060,1
dont VDN en AOC	13,7	21	287,6
Total récolte VDQS [8]	**4,6**	**62**	**287,5**
Total récolte VQPRD [9]	**469,9**	**50**	**23 635,2**
AUTRES VINS			
Vins pour eaux-de-vie AOC	71,3	101	7 207,2
Total récolte autres vins	**244,9**	**65**	**15 997,6**
dont vins de pays	-	-	12 524,9
dont vins autres	-	-	3 472,7

(Source : Agreste, 2010)

Une deuxième particularité du secteur réside dans le fait que le marché viticole est un marché atomisé, c'est-à-dire qu'il y a un grand nombre d'offreurs et de demandeurs qui ont une taille réduite. Aucun agent ne peut donc, par sa seule action, exercer une influence sur les conditions du marché et notamment sur le prix d'équilibre.

[5] Depuis le 1er août 2009 (règlements (CE) n° 606/2009 et 607/2009), la nouvelle organisation commune du marché de vin distingue deux catégories de vins : les vins sans indication géographique (VSIG) et les vins avec indication géographique. Cette dernière catégorie est composée des vins AOP (Appellation d'origine protégée) et des vins IGP (Indication géographique protégée) (anciennement vins de pays). Les vins IGP sont ainsi entrés dans le champ de compétence de l'INAO (source www.inao.gouv.fr).

[6] AOC : Appellation d'origine contrôlée, remplacée depuis le 1er août 2009 par les AOP.

[7] VDN : Vin doux naturel

[8] VDQS : Vin délimité de qualité supérieure

[9] VQPRD : Vin de qualité produit dans des régions déterminées.

Ainsi le changement de pratiques phytosanitaires doit s'inscrire dans ces contraintes : rendements limités et prix fixés par le marché. Par conséquent, la maîtrise des coûts de production devient une variable essentielle de la performance économique des innovations en viticulture (Pailler, 2004).

Analyser les déterminants d'une innovation exige que soit identifié le niveau d'analyse auquel on se situe, soit micro de l'exploitation, soit méso de l'industrie afin de qualifier les facteurs favorisant ou limitant la réduction des pesticides. Au sein du secteur viticole, notre thèse se positionne sur l'analyse du changement de pratiques phytosanitaires dans les exploitations viticoles, tout en prenant en compte leurs relations avec les autres entreprises du secteur suivant les recommandations de Possas *et al.* (1996). Notamment, nous nous interrogeons sur l'identification et l'implication des différents acteurs du secteur dans l'apprentissage des viticulteurs pour la réduction des pesticides en viticulture. Ce secteur concerne un ensemble d'acteurs qui interagissent sur un territoire, aussi bien en amont (sociétés d'approvisionnement en produits phytosanitaires, par exemple) qu'en aval de la production (sociétés de négoce, coopératives, par exemple) et que l'on peut définir comme un système sectoriel au sens de Malerba (2002) [10]. L'exploitation n'est donc pas un système fermé recevant passivement les signaux de son environnement. Il est important, comme l'a démontré Kemp (2000) par ailleurs, de prendre en compte les interactions avec les autres acteurs pour comprendre le processus de changement (Le Bas, 1995). Le secteur viticole implique ainsi des organismes professionnels de développement agricole, des instituts techniques et des centres de recherche, ainsi que des syndicats viticoles et des caves coopératives, qui jouent un rôle important dans la structuration du territoire et du secteur (Bélis-Bergouignan et Corade, 2008). La nature des interactions des exploitations avec ces acteurs est assez complexe (aux niveaux régional, national, européen mais aussi mondial) (Doucet, 2002 ; Saint-Gès, 2006a) :

- les relations avec les institutions réglementaires ou représentatives : les appellations sont dotées de syndicats qui édictent les règles mais sont également source d'information et de conseil. Ils sont le relai entre les viticulteurs et l'INAO qui délivre

[10] Malerba (2002) introduit le concept de système sectoriel d'innovation et donne ainsi une vue pluridimensionnelle, intégrée et dynamique des secteurs. Un système sectoriel correspond à un ensemble de produits et à l'ensemble des agents (individus et organisations à différents niveaux) en interaction sur et hors un marché pour la production et la vente de ces produits. Il a une base de connaissances, des technologies, des intrants et une demande spécifiques. Ses agents interagissent à travers des processus de communication, d'échange, de coopération, de concurrence et de commande façonnés par les institutions. Un tel système change et se transforme grâce à la coévolution de ses différents éléments. Les exploitations sont entourées de nombreux acteurs dont les rôles sont variés, tout comme les interactions qu'ils développent.

les agréments des vins. Les viticulteurs sont également représentés au sein de Conseils interprofessionnels soit par leur syndicat, soit par des viticulteurs qui promeuvent l'aire qu'ils représentent, participent à l'avancée des connaissances techniques et tentent d'anticiper les nouvelles exigences. Les exploitants ont peu de relations avec ces instances ;

- les relations avec les fournisseurs dont les plus importants sont ceux qui fournissent les produits de traitement viticole (engrais, produits phytosanitaires, *etc.*) (Doucet, 2002) avec des retours d'expérience qui se font depuis les viticulteurs vers les fournisseurs ;
- les relations avec la recherche et le transfert : de manière simple, on distingue les acteurs de la recherche fondamentale (organismes de recherche, universités, écoles d'ingénieur) qui fournissent et développent des connaissances sur des thématiques variées ; et les acteurs du transfert réalisé par des instituts techniques (Institut français de la vigne et du vin), les chambres d'agriculture ou par des organismes privés. Ces acteurs coopèrent ensemble et assurent une communication sous forme de réunions, de rapports, de conférences et de conseil aux exploitations ;
- les relations avec le marché. Quatre types d'intervenants interviennent dans la mise en marché des vins : les viticulteurs, les coopératives, les courtiers et le négoce, en contact les uns les autres par échange de matière première ou de produits finis (Giraud-Héraud, 2001). La configuration et la représentation de ces acteurs sont très différentes selon les régions considérées, la prise en compte des particularités du territoire est donc importante. Cela nous amènera à cibler un territoire particulier quand il s'agira d'étudier ces acteurs.

Nous nous attachons donc à analyser dans quelle mesure les acteurs du secteur viticole sont susceptibles d'intervenir dans les processus d'apprentissage des viticulteurs pour faciliter l'adoption des innovations environnementales et ainsi réduire les pesticides utilisés dans les processus de protection du vignoble.

DÉMARCHE DE LA THÈSE

Notre approche de la dynamique du changement de pratiques repose à la fois sur des apports de la théorie évolutionniste et des considérations empiriques. Dans cette thèse, nous proposons une contribution à l'analyse du changement de pratiques agricoles à travers l'exemple de la réduction des pesticides en viticulture. Nous construisons ainsi

une grille d'analyse évolutionniste qui prend en compte les caractéristiques du secteur et qui nous permet :

- de comprendre les freins au changement de pratiques pour prendre en compte l'enjeu environnemental dans les exploitations ;
- d'analyser l'adoption d'innovations environnementales pour réduire les pesticides, en particulier dans le secteur viticole ;
- de s'intéresser plus particulièrement au rôle des processus d'apprentissage des viticulteurs dans le processus d'innovation. Notamment, en l'absence de R & D dans ces petites entreprises, les relations des exploitations avec leur environnement local sont conçues comme primordiales pour acquérir les connaissances et compétences nécessaires à la mise en œuvre du changement de pratiques phytosanitaires.

En vue d'analyser l'impact des processus d'apprentissage sur l'adoption d'innovations environnementales, nous appliquons le cadre théorique contextualisé pour analyser les pratiques des viticulteurs engagés dans l'adoption de bonnes pratiques phytosanitaires au sein d'un réseau expérimental. Nous conduisons tout d'abord deux enquêtes [11]. Dans la première, il s'agira de mettre en évidence les caractéristiques des trajectoires des exploitations en s'attardant sur la viabilité économique des processus d'innovation et sur les freins relatifs à la mise en œuvre d'innovations pour la réduction des pesticides. Dans la seconde, nous chercherons à mettre en évidence l'implication des acteurs du secteur dans l'accompagnement des viticulteurs pour changer de pratiques phytosanitaires. Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de deux programmes de recherche nationaux : les programmes de recherche ADD [12] Vin et environnement et A2PV SyDéRéT [13] auxquels nous avons contribué. L'approche qualitative développée nous permet de dégager des faits stylisés et des tendances concernant les déterminants du processus de changement de pratiques phytosanitaires.

Ensuite, et à partir de ces résultats, nous construisons un modèle évolutionniste du changement technologique dans les exploitations viticoles, en complément des enquêtes. Il nous permet de notamment de nous extraire des contraintes d'échantillonnage et présente l'originalité d'être paramétré dans sa quasi intégralité sur des données empiriques ou élaborées à dires d'experts. Son objectif est d'appréhender les relations et

[11] Notre démarche a été relativement inductive. Notre question de recherche est apparue progressivement à partir du terrain, permettant une construction progressive de la problématique en confrontant questions de terrain et hypothèses explicatives.

[12] ADD : Agriculture et développement durable (2005-2009, coord. L.G. Soler).

[13] A2PV : Appel à projets pesticides vigne (2008-2012, coord. D. Thiery), SyDéRéT : Conception et transfert de systèmes décisionnels pour une réduction des traitements phytosanitaires sur vigne.

les interactions entre les différents acteurs du secteur susceptibles d'influencer les processus d'apprentissage des viticulteurs pour mettre en évidence les configurations les plus favorables. Le caractère stochastique de ce modèle et la complexité des relations entre agents font qu'il n'y a pas de solution analytique possible. Nous dégageons donc les propriétés du modèle grâce à la réalisation de simulations pour mettre en évidence les facteurs qui conditionnent l'adoption des innovations environnementales pour la réduction des pesticides.

Les principaux apports de notre analyse théorique et des outils mobilisés dans la démarche mise en œuvre sont les suivants :

- l'identification de trajectoires gagnant-gagnant au sens de Porter et Van der Linde (1995) pour les exploitations s'engageant dans la réduction des pesticides en viticulture. Toutefois, l'analyse ouvre sur la nécessité de combiner plusieurs innovations environnementales pour atteindre les objectifs chiffrés par le Grenelle de l'environnement ;
- l'élaboration d'un cadre d'analyse évolutionniste pour le changement de pratiques en viticulture qui met les exploitations au centre de l'analyse. En l'absence d'alternative aux pesticides et de R & D dans les exploitations, les processus d'apprentissage mis en œuvre par les viticulteurs doivent leur permettre d'acquérir les connaissances et compétences nécessaires à l'exploration des opportunités technologiques ;
- l'importance de l'accompagnement des producteurs dans leur processus d'apprentissage. Au-delà du caractère cumulatif de l'apprentissage en interne, une analyse en termes de proximités permet de mettre en évidence que les interactions des viticulteurs avec des organismes de conseil locaux guident la dynamique de changement de pratiques et gouvernent donc l'adoption d'innovations environnementales ;
- la mise en évidence de leviers d'action pour les pouvoirs publics, ainsi que des acteurs à mobiliser préférentiellement pour favoriser la réduction des pesticides en viticulture ;
- une mise en perspective des résultats permettant de généraliser ces derniers au changement de pratiques pour la prise en compte de l'environnement en agriculture.

PRÉSENTATION DU PLAN DE LA THÈSE

La présentation de notre travail de thèse s'articule autour de 4 chapitres. Les deux premiers concernent plus particulièrement la conceptualisation du sujet de la réduction des pesticides dans le cas de la viticulture. Les deux suivants sont consacrés aux résultats qui mettent en lumière l'apprentissage comme déterminant de la réduction des pesticides en viticulture.

Le **premier chapitre** s'attache à présenter notre problématisation de la question de la réduction des pesticides en viticulture. Nous montrons tout d'abord l'origine de l'avènement de ces produits sur le marché qui a conduit à en faire la technologie dominante en protection phytosanitaire suite à la Seconde Guerre mondiale. Nous mettons en lumière le cas particulier de la viticulture française qui utilise des quantités importantes de fongicides. Une analyse des externalités négatives de l'utilisation de ces intrants chimiques, tant sur l'environnement que sur la santé, nous amène à développer et présenter les arguments qui ont conduit les politiques publiques et les consommateurs à s'inscrire dans une démarche de demande pressante de réduction de l'utilisation des pesticides. Enfin, nous présentons les mécanismes qui expliquent que les pratiques phytosanitaires ne changent pas, à cause de la situation de verrouillage technologique dans laquelle se trouvent les viticulteurs vis-à-vis des pesticides.

Le **deuxième chapitre** présente notre conceptualisation de la question de la réduction des pesticides en viticulture au travers d'une grille de lecture évolutionniste. Le changement de pratiques phytosanitaires en viticulture est tout d'abord appréhendé en tant qu'innovation environnementale. Les caractéristiques des opportunités qui se présentent aux viticulteurs nous amènent à les définir comme des innovations environnementales de processus. L'*IPM*, sur lequel nous avons travaillé compte tenu de sa capacité potentielle à répondre aux exigences réglementaires, est situé par rapport aux autres pratiques économes en intrants. A la lumière des déterminants traditionnellement étudiés en termes de dynamique industrielle dans l'approche évolutionniste, les rôles que jouent la réglementation, la demande et les opportunités technologiques dans ce processus de changement sont analysés. Dans la mesure où l'agriculture est un secteur considéré comme dominé par l'offre d'innovation, peu d'attention a été portée au processus d'innovation dans les exploitations dans la littérature. Nous arguons que, compte tenu de la problématique à laquelle les viticulteurs ont à faire face, il convient tout de même de

s'intéresser aux processus d'apprentissage mis en jeu dans les exploitations. Dans la mesure où celles-ci disposent rarement de toutes les ressources nécessaires à l'adoption d'innovation et qu'elles ne mettent pas en œuvre de R & D formalisée, les processus d'apprentissage nécessaires à l'adoption d'innovations environnementales reposent notamment sur les organismes du secteur situés sur le territoire et susceptibles d'accompagner les viticulteurs.

Le **troisième chapitre** aborde la première partie de nos résultats. Nous présentons tout d'abord les programmes de recherche pluridisciplinaire dans lesquels s'inscrit la thèse, leurs objectifs et les actions que nous y avons conduites, ainsi que le POD Mildium sur lequel a porté une partie de notre recherche. Il s'agit d'un nouveau processus de décision permettant de réduire de manière significative l'emploi des fongicides et qui a été adopté, de manière partielle, par les viticulteurs de notre réseau expérimental. L'existence potentielle de trajectoires gagnant-gagnant pour les exploitations sur ce réseau expérimental est mise en évidence par une première enquête. Mais celles-ci ne sont pas déterminantes dans la décision des viticulteurs. Les freins qu'ils rencontrent lors de l'adoption d'une innovation particulière (le POD Mildium) mettent en évidence le manque de connaissances et de compétences spécifiques. Le processus d'apprentissage des viticulteurs apparaît alors comme central dans la gestion du processus de changement. Les résultats obtenus sont enfin complétés par une seconde enquête menée auprès des acteurs du secteur viticole pour explorer les potentialités d'accompagnement que représentent leurs structures.

Enfin, le **quatrième chapitre** développe les fondements de la modélisation évolutionniste qui sous-tendent la construction de notre modèle. Une description des hypothèses et des mécanismes en jeu dans le modèle est proposée. Sur la base du cadre théorique construit et des résultats obtenus au chapitre précédent, il s'agit de rendre compte de manière formelle du processus de changement de pratiques. Nous mettons ainsi un accent particulier sur le processus d'apprentissage des viticulteurs pour faire émerger les propriétés de la dynamique de l'adoption de nouvelles pratiques dans les exploitations viticoles. Le modèle met en évidence le maintien voire l'amélioration de la performance économique (coût et marge) des exploitations, leur performance environnementale relative (IFT), et la performance de leurs processus d'apprentissage compte tenu de différentes configurations (voisinages et organismes de conseil différents). Nous confirmons ainsi l'importance de l'apprentissage, notamment externe, mis en avant au

chapitre précédent comme déterminant du changement de pratiques phytosanitaires. Le conseil apparaît alors comme un élément essentiel de la réduction des pesticides. Le chapitre conclut sur la mise en perspective de notre travail de thèse afin d'en souligner les apports conceptuels et empiriques. Nous mettons en évidence le besoin de poursuivre la recherche et le développement agricole par des politiques publiques. Il s'agit notamment d'encourager des organismes de conseil tels que les coopératives à s'impliquer dans la gestion des processus de changement et de favoriser l'accompagnement des viticulteurs vers une réduction significative des pesticides utilisés.

Chapitre 1 :

Vers le besoin d’adoption de nouvelles pratiques phytosanitaires en viticulture

Introduction du chapitre

Alors que la protection des cultures, faisant référence à diverses pratiques préventives, curatives et culturales, existe depuis des temps très anciens, les pesticides sont devenus une technologie incontournable en agriculture dans les années qui ont suivi la Seconde Guerre mondiale. Ils ont notamment permis d'améliorer les rendements et de sécuriser les revenus des agriculteurs en répondant à l'objectif de sécurité alimentaire affiché à cette époque. Même si les pratiques et produits utilisés diffèrent d'un pays à l'autre, en termes d'intensité d'utilisation et de spécialités commerciales disponibles, leur utilisation est aujourd'hui généralisée en agriculture. D'ailleurs, celle-ci représente 90 % des usages de pesticides (Deguine *et al.*, 2008). Aux niveaux mondial et européen, la France se positionne comme une consommatrice importante de ces intrants (Eurostat, 2007). Parmi l'ensemble des cultures de l'assolement français, la vigne se distingue, car elle représente une faible proportion de la surface agricole utile française, mais une part importante des volumes de pesticides commercialisés et du nombre de traitements réalisés (Aubertot *et al.*, 2005). Cette utilisation considérable de produits chimiques, entraînés par un certain nombre de mécanismes naturels dans les différents compartiments de l'environnement, est à l'origine de perturbations importantes du milieu. La question du risque pour la santé humaine, celle des agriculteurs notamment, mais aussi celle des consommateurs, est également posée. Compte tenu des enjeux environnementaux et de santé publique liés à une utilisation importante de pesticides, les contextes européen mais aussi français sont porteurs de changement. Les politiques publiques, les consommateurs et les riverains exercent une pression constante sur le monde agricole depuis une vingtaine d'années, avec une volonté réelle de réduire l'utilisation des pesticides (Paillotin, 2008). La prise en compte de l'objectif de réduction d'usage des pesticides suppose donc que les viticulteurs puissent adopter des méthodes de protection des cultures plus respectueuses de l'environnement et économes en intrants.

Toutefois, peu de nouvelles technologies ont réussi à émerger pour remplacer les pesticides. Les agriculteurs se trouvent en fait face à une situation de verrouillage technologique vis-à-vis des pesticides (Cowan et Gunby, 1996). Au-delà des caractéristiques de la vigne qui peuvent expliquer une partie de la dépendance des viticulteurs aux pesticides, la viticulture souffre des effets cumulatifs dont ont bénéficié

ces produits depuis leur mise sur le marché. Initialement, le bénéfice à l'adoption des pesticides était très élevé, et de plus en plus de viticulteurs ont eu intérêt à mettre en œuvre des pratiques de protection chimique des vignobles, encouragés par les pouvoirs publics. Ceci a finalement résulté, alors que l'utilisation des pesticides s'était généralisée, en une dépendance au sentier et une inflexibilité propres à l'ère des pesticides. Mais compte tenu des enjeux mis en lumière ces dernières années, les viticulteurs se voient contraints de sortir de cette impasse. En l'absence d'alternative technologique et en situation de forte incertitude, il s'agit alors pour eux d'adopter et de mettre en œuvre de nouveaux processus de protection des vignobles limitant fortement les intrants. L'enjeu est ainsi d'arriver à dépasser le *lock-in* pour combiner performance environnementale et performance économique dans la production de raisins.

Ce chapitre vise à poser la problématique liée à l'utilisation des pesticides, et à expliciter le focus que nous mettons sur le cas particulier de la viticulture. Il démontre la prégnance de la remise en cause de l'utilisation de pesticides dans la viticulture française, qui a constitué le point de départ de notre travail de thèse. La première section présente les raisons de l'avènement de ces produits et de leur utilisation aujourd'hui excessive en France, ainsi que leurs conséquences environnementales et en termes de santé publique.
Dans une deuxième section, nous resituons le contexte, notamment institutionnel, dans lequel évoluent les viticulteurs, avec un nombre grandissant de réglementations consacrées spécifiquement à l'utilisation des pesticides aux niveaux européen et français. Nous montrons également qu'en parallèle, la pression et la demande se renforcent de la part des consommateurs, des riverains et associations environnementales.
Enfin, nous terminons le chapitre sur l'explicitation des nombreux freins qui maintiennent la suprématie des pesticides dans les pratiques des viticulteurs et les empêchent de modifier leurs stratégies phytosanitaires malgré le besoin pressant qui se fait sentir.

1. L'utilisation des pesticides, une technologie dominante, mais problématique en protection des vignobles

De tout temps, les agriculteurs ont cherché à protéger leurs cultures contre les pertes de rendement dues non seulement au climat, mais aussi, et surtout, aux adventices, aux ravageurs et aux maladies des cultures. Le développement des connaissances en chimie

minérale puis organique est à l'origine de l'émergence des pesticides de synthèse après la Seconde Guerre mondiale. À cette époque, suite à la démonstration de leur efficacité technique et économique, ils ont été considérés comme une solution idéale pour protéger les cultures et sécuriser les rendements (1.1.). Dans cette section, nous montrons d'une part l'importance des quantités de pesticides utilisées qui en résulte (1.2.), et d'autre part, nous nous attachons à mettre en évidence les problèmes environnementaux et de santé publique posés par l'utilisation de ces produits (1.3.).

1.1. L'avènement des pesticides en viticulture

La problématisation de la réduction des pesticides en viticulture suppose de montrer en premier lieu l'origine et la prégnance de l'utilisation de pesticides en agriculture à des fins productives (1.1.1.). Il s'agit de comprendre dans quelle mesure ils ont permis de remplir les objectifs de sécurité alimentaire des années 1950 (1.1.2.). En viticulture, l'utilisation de pesticides a essentiellement ciblé en premier lieu les maladies que sont le mildiou et l'oïdium en permettant de maintenir le potentiel de production et d'augmenter la qualité du vin (1.1.3.). Enfin, nous montrons que le processus qui a conduit à la dominance des pesticides sur le marché n'est pas le seul fait des agriculteurs, mais qu'il est issu d'une coévolution de différents acteurs (1.1.4.).

1.1.1. La protection des cultures, une préoccupation ancienne

Si la lutte contre les ennemis des cultures existe depuis des millénaires, son développement est passé par plusieurs étapes pour arriver à l'utilisation de produits chimiques de synthèse telle qu'on la connaît aujourd'hui (Philogène *et al.*, 2005 ; Ferron et Deguine, 2005). L'utilisation de méthodes de protection des plantes en agriculture remonte à l'Antiquité, puisqu'on trouve des traces attestant de l'utilisation de soufre à la période de la Grèce antique. Un peu plus tard, le document référence *L'Histoire naturelle*, de Pline L'Ancien, naturaliste romain, recommande l'arsenic en tant qu'insecticide. L'utilisation des produits arsenicaux se poursuivra jusqu'au XVI^{e} siècle (Bain *et al.*, 2010). Les plantes sont également connues et utilisées depuis des décennies pour leurs propriétés toxiques ; sont notamment signalées les propriétés insecticides du

tabac et des racines de *Derris* et de *Lonchocarpus* (roténone) en Inde. L'utilisation plus généralisée des pesticides a suivi les progrès de la chimie minérale. Celle-ci se développe au XIX^{e} siècle, fournissant de nombreux pesticides minéraux à base de sels de cuivre. Jusqu'à la Deuxième Guerre mondiale, les produits de protection des plantes utilisés en agriculture étaient ainsi essentiellement des dérivés de composés minéraux (cuivre, soufre, *etc.*) ou de plantes (Deguine *et al.*, 2008). Les traitements fongicides étaient à base de sulfate de cuivre ou de mercure. Les fongicides à base de sulfate de cuivre se sont assez rapidement répandus, en particulier la fameuse bouillie bordelaise (mélange de sulfate de cuivre et de chaux) pour lutter contre les invasions fongiques de la vigne, par exemple. Les insecticides tels l'arsénite de cuivre, l'acéto-arsénite de cuivre, l'arséniate de plomb, ont aussi fait leur apparition à cette époque.

Les débuts de ce que nous appellerons l'« ère des pesticides » sont liés aux années 1930, avec le développement de la chimie organique de synthèse. Les progrès de la chimie, notamment suite à la découverte des propriétés insecticides des composés chlorés développés comme armes chimiques lors de la Seconde Guerre mondiale, ont en effet permis la mise au point des pesticides de synthèse (Casida et Quistad, 1998) : c'est à cette époque qu'apparaissent un grand nombre de composés organiques. La nécessité d'accroître la production agricole et la situation de pénurie alimentaire en Europe après la Seconde Guerre mondiale ont favorisé le développement de technologies chimiques de synthèse pour lutter contre les parasites. Notamment, le DDT [14] est synthétisé en 1874, et rendu célèbre pour ses propriétés insecticides en 1942 (Bain *et al.*, 2010). Il s'agit du premier insecticide, un organochloré de synthèse, mis à disposition de l'agriculture dans le cadre de la lutte contre le doryphore de la pomme de terre qui a envahi l'Europe et pullulé avant la Seconde Guerre mondiale. Cela a été un immense succès dans la lutte conte les insectes, mais aussi en médecine [15], bien que le produit ait été retiré quelques années plus tard en 1971 à cause de son impact environnemental et de son accumulation dans la chaîne alimentaire. Les recherches militaires avaient également perfectionné des gaz de combat organophosphorés qui, à défaut d'être utilisés pendant les hostilités, le furent contre les insectes. En ce qui concerne la vigne, la pénurie de cuivre utilisé pour lutter contre les maladies cryptogamiques a entraîné la recherche de nouvelles solutions et la mise au point de produits cryptogamicides organiques aux *USA*. Avec l'arrivée des

[14] DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane

[15] Le docteur Paul H. Müller, biochimiste suisse, a reçu le prix Nobel de médecine en 1948 pour la découverte des propriétés insecticides du DDT et les bienfaits apportés à l'humanité.

pesticides de synthèse sur les marchés, la lutte chimique a donc été introduite pour les cultures avec un transfert des connaissances issues de la guerre vers la protection des cultures. Initialement, le résultat de la concurrence entre les techniques anciennes et la protection chimique de synthèse était incertain et imprévisible, mais la lutte contre les bio agresseurs des cultures a connu un virage et une évolution spectaculaires aussitôt après la Seconde Guerre mondiale avec la vulgarisation des pesticides de synthèse qui sont assez rapidement devenus la technologie dominante sur le marché et ont permis d'assurer une augmentation de la productivité agricole (Deguine *et al.*, 2008).

1.1.2. Le rôle des pesticides pour la sécurité alimentaire

Le succès obtenu par les pesticides dans les années 1950 a rapidement laissé entrevoir la possibilité de disposer de la solution idéale au problème récurrent des pertes de récolte. Nous retenons deux points majeurs qui traduisent le fait que les pesticides ont permis d'augmenter la productivité agricole (Petit, 2011). Premièrement, ils ont autorisé une augmentation des récoltes. La protection des cultures, notamment à l'aide de ces moyens chimiques, est ainsi devenue indispensable à l'obtention de rendements élevés, tels que nous les connaissons aujourd'hui. Deuxièmement, l'utilisation des pesticides, bien qu'ils ne soient pas infaillibles, a permis depuis leur mise sur le marché d'assurer la régularité des récoltes. Les résultats exceptionnels obtenus dès les premières années sur la sécurisation des rendements ont de plus permis de valoriser les autres avancées technologiques de l'époque, comme la sélection variétale et l'irrigation ; ainsi, les rendements maximum autorisés par le potentiel génétique des plantes ont pu être très régulièrement approchés. Les progrès de la productivité, directement liés à la modernisation de l'agriculture (qui comprend, entre autres, la mise sur le marché des pesticides de synthèse), ont joué un rôle central pour assurer une croissance de la production agricole supérieure à la croissance démographique, y compris dans les pays en développement. Cela a permis d'augmenter la disponibilité en produits agricoles au niveau mondial en s'inscrivant dans le cadre d'assurance de la sécurité alimentaire de l'époque après-guerre [16]. Malgré les discussions autour des indicateurs permettant de

[16] Nous sommes conscients que les enjeux de sécurité alimentaire ne tiennent pas seulement à la disponibilité de denrées agricoles sur le marché. Leur répartition géographique, économique ou sociale est un élément déterminant de la sécurité alimentaire des pays. Nous ne développerons pas ces points ici, car si la disponibilité alimentaire mondiale n'est pas une condition suffisante pour assurer la sécurité alimentaire, elle en est toutefois un préalable nécessaire.

mesurer les volumes de production, et donc la productivité agricole globale, nous notons que la tendance générale de l'évolution de la production alimentaire mondiale a été à l'augmentation entre les années 1961 et 2003 (Petit, 2011 d'après FAOSTAT). Celle-ci a été multipliée par 2,5, soit une moyenne de hausse de 2,2 % par an quand la population augmentait de 1,7 %. Cette tendance s'explique majoritairement par des hausses de rendement, puisque les surfaces ont peu augmenté (+ 13 % sur la même période). Cette augmentation de rendement est due en grande partie au changement technique, notamment si l'on fait un parallèle avec la consommation de pesticides, qui a doublé tous les dix ans sur une période allant de 1945 à 1985 (UIPP, 2009). La Politique Agricole Commune (PAC) européenne a elle-même contribué à cette réussite, puisque les principaux objectifs du traité de Rome [17] (1957) ont été remplis dans les années 1960 à 1990. Notamment, l'accroissement de la productivité a été considérable (Bureau *et al.*, 1991) grâce au progrès technique, aux améliorations foncières et aux conditions macroéconomiques favorables (Mahé et Ortalo-Magné, 2001).

1.1.3. Les pesticides sont essentiels au maintien de la productivité viticole

En ce qui concerne la vigne, les viticulteurs, notamment en France, ont été parmi les premiers à organiser une lutte méthodique et intensive contre les nombreux parasites auxquels la vigne est soumise, notamment ceux apparus à la fin du XIX^{e} siècle (Bain *et al.*, 2010). Ainsi, la lutte contre les parasites des vignes a été le point de départ de la mise au point de nombreux fongicides et insecticides, ainsi que de l'invention et du perfectionnement des appareils de traitement (Galet, 1977). En tant que culture pérenne, la vigne présente en effet des caractéristiques qui expliquent l'importance de l'utilisation des pesticides pour protéger la culture. Ce type de cultures, installées pour de nombreuses années et concentrées dans l'espace dans des bassins de production (souvent en monoculture), offre aux bio-agresseurs des conditions particulièrement stables et favorables. Or, les maladies et ravageurs représentent autant de facteurs susceptibles d'entraîner de fortes baisses quantitatives (de rendement) ou qualitatives (de qualité sanitaire de la récolte) et de mettre ainsi en péril l'équilibre économique des exploitations viticoles. Il est donc absolument nécessaire de protéger la vigne pour

[17] Le traité de Rome de 1957 définit les objectifs de la PAC : accroissement de la productivité du secteur, amélioration des revenus et approvisionnement des consommateurs européens à des prix raisonnables (Bureau, 2007).

assurer une production satisfaisante, c'est-à-dire pour remplir les objectifs des exploitants en termes de qualité et de quantité de récolte.

De plus, en tant que culture pérenne, la vigne est privée d'un certain nombre de moyens de lutte mécanique qui permettent d'éviter d'avoir recours aux pesticides. Par exemple, la culture ne peut pas être détruite tous les ans par le mécanisme de rotations et la plante hôte est présente toute l'année sur la parcelle, ce qui permet aux ennemis des cultures de s'installer parfois durablement, puisqu'il n'y a pas de destruction des sources de contamination potentielles. Cela complique grandement l'évaluation du potentiel de développement des maladies qui est faite à chaque début de campagne et pourrait servir à ajuster l'utilisation de produits phytosanitaires en fonction des sources de contamination. Confrontés au risque d'échec de la protection, les exploitants traitent de manière relativement systématique pour assurer une couverture permanente du vignoble (traitement en fonction des délais de rémanence des produits et sur pluie annoncée) quel que soit le potentiel infectieux de la parcelle. Les ennemis de la vigne faisant l'objet d'une telle protection phytosanitaire regroupent une grande variété de champignons, d'insectes, et d'adventices, qui nécessitent d'autant plus de traitements phytosanitaires que certains ennemis ne peuvent être maîtrisés qu'à l'aide de traitements chimiques préventifs réguliers tandis que d'autres nécessitent de nombreuses interventions curatives.

Deux maladies fongiques majeures ont orienté le développement de stratégies phytosanitaires : l'oïdium [18] et le mildiou [19]. Elles sont toutes les deux dues à des champignons marquant les organes végétatifs et fructifères des vignes par des symptômes caractéristiques et aisément identifiables à un stade avancé de la maladie. L'apparition de l'oïdium en France, arrivé des *USA* dans les années 1850, s'est notamment traduite par des pertes de récolte quantitatives catastrophiques, avec des rendements se résumant à un tiers ou un quart de la production normale en hectolitres (hL), et des pertes qui augmentent avec l'ancienneté de l'installation du champignon dans le vignoble. L'oïdium altère aussi la qualité des récoltes, avec des problèmes d'acidité des jus lors de la vinification (Dubos, 2002). Ce champignon a trouvé un climat particulièrement favorable pour se développer sous nos latitudes. Les volumes de production de vin en France pour la période 1847 - 1858 témoignent des dégâts causés par la maladie à cette époque (tableau 2).

[18] *Cf.* Annexe I-A pour le cycle de développement de l'oïdium et des éléments de biologie.

[19] *Cf.* Annexe I-B pour le cycle de développement du mildiou et des éléments de biologie.

Tableau 2 : Récolte viticole française de 1847 à 1858

Année	Récolte française (hectolitres)
1847	54 315 000
1848	51 622 000
1849	35 556 000
1850	45 266 000
1851	39 429 000
1852	28 636 000
1853	22 661 000
1854	10 824 000
1855	15 175 000
1856	21 294 000
1857	35 410 000
1858	53 919 000

(Source : Galet, 1977)

On constate une nette dégradation des rendements jusqu'aux premières utilisations de produits issus de la chimie minérale pour essayer d'enrayer la maladie en 1856, date à laquelle on observe un retour à la normale. L'emploi des produits phytosanitaires a également permis de gagner en qualité du vin - les hybrides résistants ne permettent pas à ce jour de produire des vins de qualité et sont de toute façon interdits en France. Quelques décennies plus tard, le mildiou, originaire des *USA* également, fut identifié dans les vignobles français. Il provoqua des dégâts considérables sur les quantités (récolte française réduite à 13 hL/ha en 1915) et la qualité avec des vins, moins riches en sucre et plus acides. Il altérait également l'état du pied de vigne pour les campagnes suivantes. Son impact fut d'autant plus fort que les dégâts observés se superposaient avec ceux causés par le phylloxéra [20], un insecte ravageur de la vigne apparu au même moment en France. L'introduction des pesticides de synthèse permit de tenter d'éradiquer le développement de ces deux maladies fongiques, mais également de nombreux ravageurs des vignobles (Bain *et al.*, 2010).

Les pesticides ont ainsi permis de réduire significativement les dommages causés par les principaux ravageurs et les maladies de la vigne, augmentant de ce fait les rendements, assurant leur constance (et donc la sécurisation des revenus des viticulteurs) sans nécessiter plus de travail. À partir des années d'après-guerre, on constate que les récoltes

[20] Les attaques de phylloxéra entraînent la destruction complète des parcelles, à tel point que les vignobles ont tous été réorganisés grâce à l'utilisation de porte-greffes multi-résistants dans les années 1900 pour remplacer les ceps morts.

sont stabilisées, mais également que la proportion des vins de qualité s'accroît : les produits phytosanitaires s'imposent donc d'une solution intéressante et simple pour protéger les cultures. Grâce à ce moyen d'intervention directe sur la culture et ses ennemis, la logique développée a conduit à la recherche du potentiel de production le plus élevé et à la préservation maximale de celui-ci, et ce, pour remplir les objectifs des viticulteurs : atteindre le rendement d'appellation et préserver leur outil de production. Cela a conduit les viticulteurs à privilégier le choix des pratiques en fonction d'un objectif de production qu'ils voulaient atteindre, quitte à augmenter le risque sanitaire dans les parcelles, puis à traiter chimiquement les symptômes de maladies ou les ravageurs lorsqu'ils se manifestaient grâce aux produits de synthèse disponibles (Aubertot *et al.*, 2005). En cela, les pratiques des viticulteurs ont évolué après-guerre, accompagnées et encouragées par un cadre institutionnel propice au développement des pesticides.

1.1.4. Une coévolution de l'utilisation des pesticides de synthèse et des directives données par les institutions après la Seconde Guerre mondiale

Afin de comprendre comment le développement des pratiques de protection de la vigne a abouti à l'avènement des pesticides, nous mettons en regard les évolutions des pratiques des viticulteurs en la matière avec les évolutions institutionnelles et la structuration de la profession après la Seconde Guerre mondiale. Au-delà de l'efficacité technique des pesticides, certains acteurs ont en effet contribué à diffuser l'idée que ceux-ci constituaient la meilleure technologie disponible dans le cadre de modernisation agricole qui prévalait à cette période. La France accusait un certain retard par rapport aux autres agricultures européennes avant la guerre, notamment en termes de productivité (Petit, 2011). À partir d'un contexte peu porteur par rapport à l'innovation et au changement (Grantham, 1975 ; Hohenberg, 1972 ; Mendras, 1970) avec une faible demande et un soutien institutionnel très peu développé (Ruttan, 1978), les pouvoirs publics ont mis l'accent sur la modernisation de l'agriculture à la recherche de gains de productivité dans un contexte de pénurie alimentaire. Les institutions publiques ont ainsi fortement encouragé les producteurs à adopter les pesticides, avec des politiques agricoles construites autour de l'utilisation de ces derniers et des nouveaux objectifs de production que ces produits autorisaient. Des rendements plus élevés ont par la suite fait

l'objet constant des politiques publiques d'après-guerre, notamment dans le cadre de la Politique Agricole Commune (PAC) qui centralisait fortement les politiques agricoles de l'Union. Le secteur agricole en France a ainsi été révolutionné au cours des trois décennies qui ont suivi la guerre pour voir le pays devenir un des principaux exportateurs de produits agricoles et agro-alimentaires dans le monde.

En outre, comme la possibilité technologique fournie par les pesticides s'est avérée être synonyme d'énormes profits, l'industrie chimique a investi massivement dans des programmes de recherche et développement (R & D) pour développer de nouvelles substances actives (UIPP, 2008). La prescription a également joué un rôle central en matière d'utilisation des pesticides, beaucoup plus que pour d'autres intrants ou pratiques de l'itinéraire technique viticole (Aubertot *et al.*, 2005). Le conseil en protection phytosanitaire est d'ailleurs majoritairement le fait d'agents commerciaux (employés par les coopératives d'approvisionnement ou les firmes phytosanitaires) qui vendent les pesticides et sont intéressés, à la fois à la vente d'intrants et à la collecte d'un volume de production maximal et de qualité. En conséquence, les producteurs sont devenus, au même titre que les services de vulgarisation et de conseil qui les ont accompagnés et qui avaient été développés en ce sens, spécialisés dans la protection chimique des cultures. Enfin, les acteurs de l'aval du secteur ont influencé le mouvement des pratiques vers l'adoption des pesticides. Pour exemple, les coopératives vitivinicoles ont été, pour certaines, amenées à classer les parcelles en fonction des impacts de maladie visibles sur le vignoble en cours et/ou en fin de campagne. Les parcelles sans aucune trace de maladie se retrouvent ainsi surclassées sans qu'il soit démontré que la présence des maladies en dessous d'un certain seuil altère la qualité de la récolte. La lutte chimique s'est alors rapidement imposée comme la meilleure solution pour protéger les cultures et assurer un bon classement pour les parcelles.

Les pesticides ont émergé de la concurrence avec d'autres technologies potentielles pour protéger les cultures (les OGM par exemple) grâce à la coévolution des pesticides et des institutions – à ce sujet, un parallèle peut être établi avec l'argumentaire que développe Unruh (2000) en ce qui concerne l'exemple des systèmes énergétiques fossiles à base de combustibles. Il montre que le *lock-in* dans lequel se trouvent les firmes vis-à-vis de l'utilisation d'énergie fossile est renforcé à cause des relations systémiques que ces dernières ont avec les institutions aussi bien publiques que privées au sein des systèmes

technologiques. C'est le cas pour les pesticides ; tous les acteurs du système semblaient gagnants tant qu'on ne connaissait pas ou qu'on ne s'intéressait pas aux externalités négatives de ces produits. Les techniques culturales et biologiques anciennement utilisées pour la protection des cultures ont donc été quasiment abandonnées et remplacées par l'utilisation des produits phytosanitaires, qui sont devenus la méthode préférée des producteurs.

Portés par le contexte institutionnel, les producteurs ont ainsi développé des pratiques chimiques dans leurs stratégies de protection des cultures, qu'ils ont intégrées puis utilisées petit à petit de manière systématique. Ils ont développé des itinéraires de protection de leurs cultures sur la base de règles de décision simples et récurrentes fondées exclusivement sur l'utilisation des pesticides. Dans les entreprises, de telles règles, qui leur servent à fonctionner au quotidien et à réagir à un certain nombre de problèmes, sont décrites comme des routines [21], un des concepts pivots de la théorie évolutionniste (Arena et Lazaric, 2003). Ce concept de routine [22], lorsqu'il est appliqué à la protection des cultures, peut être défini comme un ensemble de règles de fonctionnement et de solutions connues pour les problèmes culturaux qui peuvent survenir. Ces routines reflètent les connaissances, les compétences et l'expérience des producteurs, acquises depuis de nombreuses années, et sont utilisées quotidiennement dans les activités des exploitations pour gérer épidémies et parasites. Elles consistent principalement en des traitements chimiques systématiques pour que les cultures soient en permanence protégées pendant les périodes de contamination potentielle, quel que soit le risque. Ces pratiques sont bien connues et maîtrisées. Les efforts faits dans les années 1960 pour accroître la productivité et l'autonomie ont ainsi vu apparaître des producteurs ayant des compétences très spécifiques dans les traitements chimiques. Le résultat de cette spécialisation a conduit au développement de ce qu'on pourrait appeler des « routines chimiques », c'est-à-dire une base de connaissances centrée uniquement sur l'utilisation de produits chimiques de synthèse pour résoudre les problèmes de protection des cultures. Ces routines, qui se développent et s'améliorent depuis plusieurs

[21] Les routines sont définies par Nelson et Winter comme « les dispositions relativement constantes et les heuristiques stratégiques qui façonnent l'approche d'une firme en fonction des problèmes non routiniers auxquels elle fait face » (Nelson et Winter, 1982, p. 15).

[22] Le concept de routine a suscité beaucoup d'intérêt et de vifs débats sur son contenu et ses pourtours (Lazaric, 2000).

années, constituent ainsi potentiellement une barrière à l'adoption (Lovins, 1998), empêchant la mise en œuvre de nouvelles pratiques phytosanitaires.

L'avènement des pesticides a ainsi résulté de la conjonction de plusieurs facteurs, tels que le développement des techniques de chimie organique, leur efficacité immédiate dans l'augmentation et la régularité des rendements et leur soutien par les politiques publiques, les programmes de développement agricole, les organismes de conseil ainsi que l'aval de la filière. Ces caractéristiques ont conduit à l'intégration réussie des produits chimiques dans les processus de production viticole puisqu'ils ont capturé une masse critique sur le marché, ce qui leur confère un statut de standard (Anderson et Tushman, 1990). **Les pesticides se sont ainsi établis comme la technologie dominante, ou *dominant design* au sens de Nelson (1995), sur le marché de la protection des cultures.**

1.2. Une consommation importante de pesticides dans la viticulture française

Nous expliquons dans cette section le focus économique que nous mettons dans notre travail de thèse sur l'utilisation des pesticides agricoles et plus particulièrement sur le cas de la viticulture méridionale avec l'exemple de la France. Nous illustrons ici l'importance de l'utilisation de ces produits grâce à des données chiffrées (en volume et en chiffre d'affaires). À ce jour, les seules données disponibles sont des données globalisées, produites et publiées par l'UIPP [23], que nous exploitons afin de montrer la dominance de la France sur le marché des pesticides (1.2.1). Puis, à l'aide de données spécifiques au secteur, nous donnons des premiers éléments d'illustration de l'importance des traitements phytosanitaires appliqués en viticulture (1.2.2).

[23] En France, les chiffres des ventes de produits phytopharmaceutiques destinés à l'agriculture sont publiés par l'Union des industries pour la protection des plantes (UIPP). Il s'agit d'une organisation professionnelle, créée en 1918, qui regroupe 19 entreprises, ce qui représente environ 95 % du chiffre d'affaires de ce secteur. Les données publiées, les seules disponibles, sont très globales : il s'agit des chiffres à l'échelle nationale, mais aucune information par matière active n'est disponible. Tout au plus des données agrégées par grandes familles : herbicides/fongicides/insecticides, ainsi que la distinction entre les produits de synthèse et les produits minéraux (soufre et cuivre).

1.2.1. La position de la France dans le marché mondial et européen des pesticides

Le marché mondial des pesticides, qui représente environ 40 milliards de dollars, est globalement stable depuis les années 2000 (source : Observatoire des résidus de pesticides [24]). De manière générale, on distingue habituellement plusieurs types de produits dans les données présentées sur le marché mondial des pesticides : les herbicides, les fongicides, les insecticides et une catégorie « autres », dans laquelle on retrouve les acaricides ou les régulateurs de croissance, par exemple. Les usages agricoles des pesticides sont bien sûr prépondérants, avec plus des trois quarts du marché total (Deguine *et al.*, 2008). En Europe et en Amérique du Nord, les herbicides représentent 70 à 80 % des produits utilisés, notamment à cause de la forte augmentation des cultures de maïs ces dernières années, qui consomment de grandes quantités de ce type de produits. Sous les tropiques en revanche, 50 % des produits appliqués sont des insecticides (UIPP, 2009). La diversification des cultures au niveau mondial, avec l'amélioration du niveau de vie dans certains pays, a tendance à entraîner la modification des assolements ces dernières années.

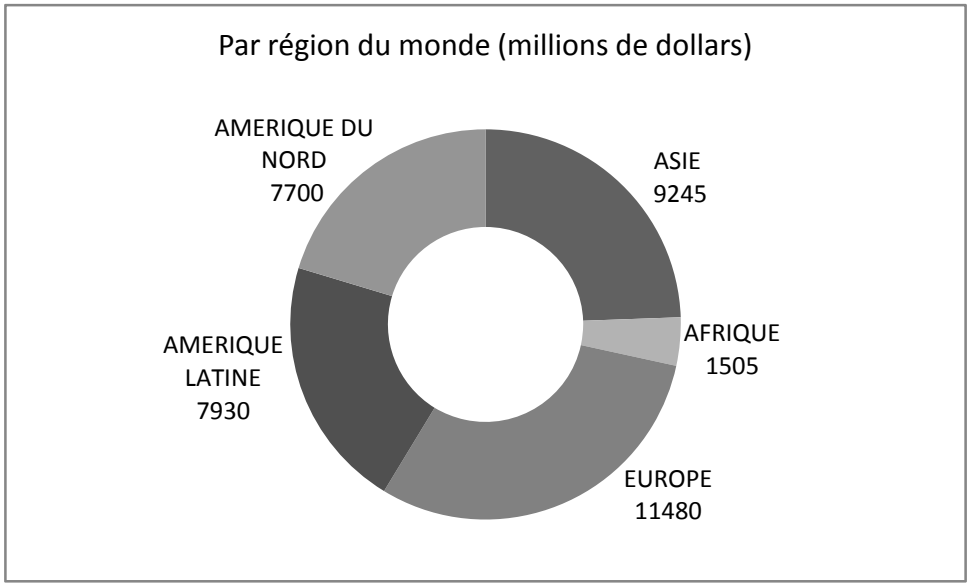


Figure 1 : Le marché mondial des pesticides par région du monde (Source : UIPP, 2009)

[24] Source : Observatoire des résidus de pesticides. L'Observatoire des résidus de pesticides, dont la coordination technique a été confiée, en décembre 2005, à l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET), rassemble et valorise les informations sur la présence des pesticides dans l'environnement afin de caractériser l'exposition de la population et des écosystèmes et d'améliorer l'information du public avec l'ouverture d'un site Internet (http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr).

L'Europe est le premier marché mondial (31 %), suivi par l'Asie et l'Amérique du Nord (24 % et 20 % respectivement) (figure 1). En Europe, cinq États membres utilisent 75 % des volumes (en tonnes de matières actives) de produits chimiques de protection des plantes, soit la France, l'Espagne, l'Italie, l'Allemagne et le Royaume-Uni (Eurostat, 2007). **Que ce soit en termes de marché (dollars) ou de volume (tonnes de matières actives), la France occupe une place prépondérante en ce qui concerne la consommation de pesticides dans le monde et en Europe.** Si on considère les quantités de matières actives, elle est le troisième pays consommateur de pesticides dans le monde - ce qui est non négligeable et est à mettre en relation avec l'importance de l'agriculture dans notre pays (en % de la surface agricole utile) - et en première position européenne loin devant les autres pays de l'Union (figure 2).

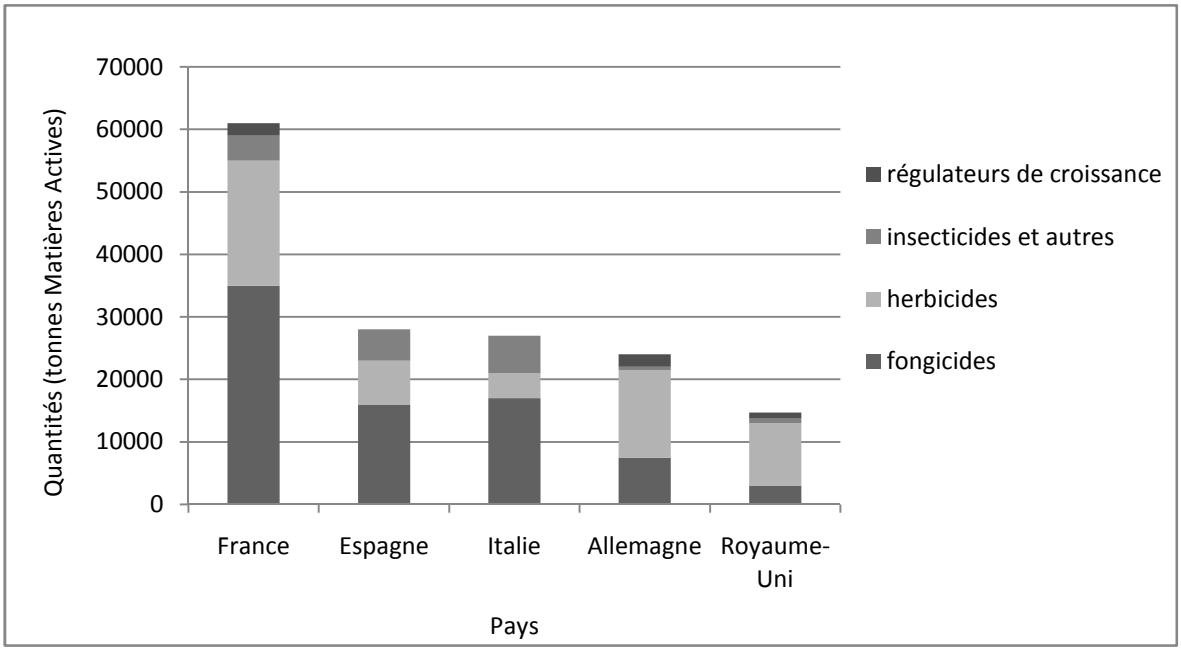


Figure 2 : Quantités de produits chimiques de protection des plantes utilisées en 2003 dans le top 5 européen (Source : Eurostat, 2007)

Il en est de même si on considère le chiffre d'affaires, exprimé en millions de dollars (figure 3).

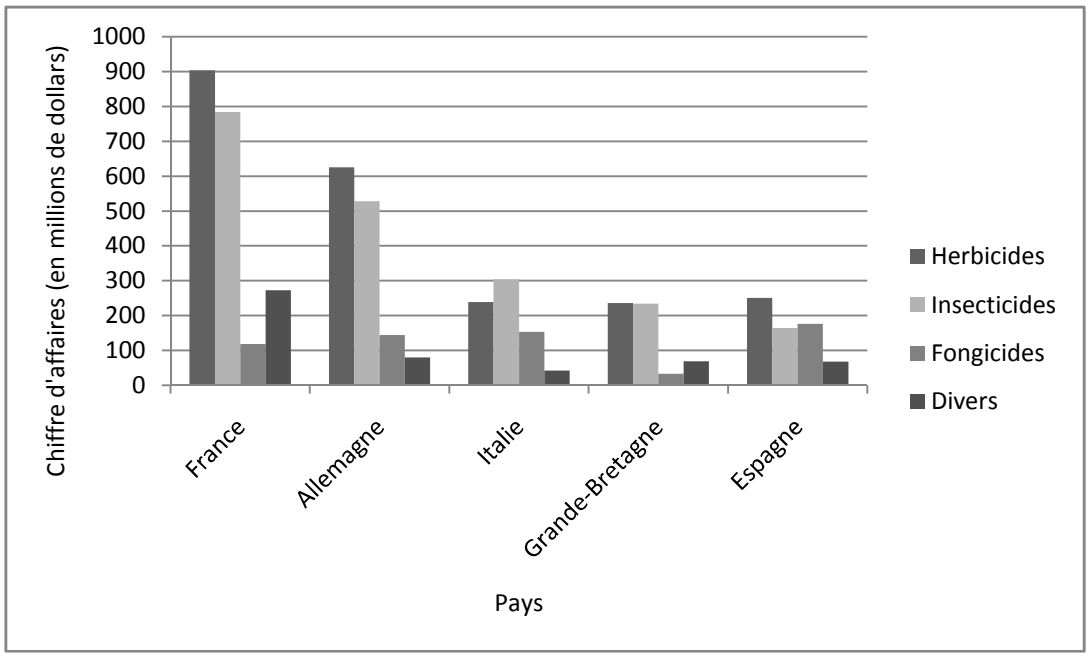


Figure 3 : Marché phytosanitaire en Europe en 2008 (Source : UIPP, 2009)

La France a, plus que d'autres pays, développé des systèmes de production fondés sur l'utilisation des pesticides et apparaît dans les chiffres comme dépendante à ces produits (Aubertot *et al.*, 2005). Ses problématiques phytosanitaires sont différentes de celles d'autres pays, notamment à cause du climat et de l'assolement ; les usages de pesticides ne sont donc pas les mêmes, les agriculteurs n'étant pas confrontés aux mêmes pressions parasitaires ou aux mêmes impasses techniques qu'ailleurs dans le monde. D'un point de vue économique, le niveau d'utilisation des pesticides en France tient aussi et surtout à leur efficacité économique, notamment dans les systèmes spécialisés comme la viticulture, vis-à-vis des alternatives à la lutte chimique (Aubertot *et al.*, 2005). Pour les auteurs, la dépendance technique des systèmes de production conventionnels vis-à-vis de l'utilisation des pesticides se traduit au plan économique par une faible élasticité de la demande de pesticides par rapport au prix. S'il est assez communément admis que le faible coût des pesticides tend à favoriser leur utilisation, il est plus difficile de montrer qu'une augmentation de coût entraînerait immédiatement la diminution de leur emploi en raison de cette faible élasticité prix à court terme.

En France, l'évolution des tonnages annuels des pesticides montre une diminution globale de leur utilisation depuis le début des années 2000 malgré les augmentations observées en 2007 et 2008, puisque l'on passe de près de 100 000 tonnes à 78 900 tonnes par an entre 2001 et 2008 (figure 4). La forte diminution des usages du soufre et du

cuivre notamment (- 40 %) a beaucoup pesé sur la balance compte tenu de leur part dans la consommation totale. On observe enfin, comme ailleurs dans le monde, une légère diminution des quantités de pesticides utilisés ces dernières années, mais cela tient plus au retrait de nombreuses substances actives appliquées à forte dose à l'hectare et à l'homologation de produits efficaces pour de très petites quantités de matières actives qu'à la mise en œuvre de pratiques économes en pesticides. Le contexte général de baisse des prix agricoles jusqu'en 2006 a également été favorable à la modération des dépenses des agriculteurs en intrants. La reprise de l'augmentation de l'utilisation des pesticides constatée depuis 2006 (+ 10 % entre 2006 et 2008) est principalement due à l'augmentation des surfaces emblavées, suite à l'abandon des obligations de jachères. Cela a profité notamment à des cultures traditionnellement plus consommatrices en pesticides, comme le blé tendre. L'envolée des prix des matières agricoles en 2007 et début 2008 a conduit à des stratégies de sécurisation des rendements largement fondées sur l'absence de prise de risques en matière d'utilisation de pesticides. Parallèlement aux tonnages utilisés, les quantités de substances actives vendues sur le marché restent stables, voire augmentent ces dernières années. En 2008, elles affichent une croissance de 14 % par rapport à 2007. Malgré les efforts environnementaux déjà entrepris, les effets structurels liés aux mouvements de sole peuvent entraîner une nouvelle intensification, qui plus est sur des surfaces agricoles en diminution et concurrencées par de nouveaux usages tels que les agrocarburants (Commissariat général au développement durable, 2010).

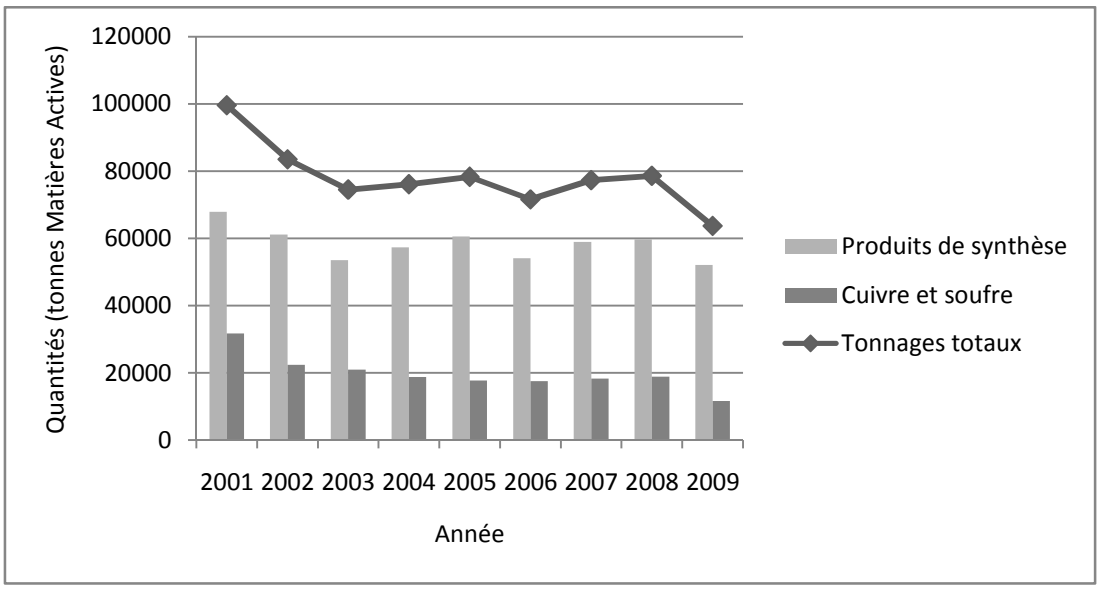


Figure 4 : Évolution du marché français des pesticides (Source : UIPP, 2009)

La France occupe donc une place particulière et prépondérante dans la consommation mondiale et européenne des pesticides. Cette situation tient non seulement à la prévalence de l'agriculture française, mais également à l'assolement et aux pratiques culturales des agriculteurs. Un nombre limité de cultures (céréales, maïs, colza et vigne), qui occupe moins de 40 % de la surface agricole utile, consomme à lui seul près de 80 % des pesticides commercialisés chaque année en France. La fréquence et les doses appliquées sur ces cultures participent fortement à la dose moyenne appliquée annuellement (5,4 kg/ha/an en France).

1.2.2. La vigne, une culture dépendante des fongicides

Entrer dans le détail des chiffres que nous venons de présenter et différencier les cultures est plus difficile. Peu de données sont accessibles, hormis l'enquête « Pratiques culturales » réalisée par les services statistiques du ministère de l'Agriculture en 2006 dans le cadre d'une convention conclue entre le ministère de l'Agriculture, Viniflhor [25] et l'IFEN (Agreste, 2009). Si l'enquête Pratiques culturales permet de comprendre l'importance de l'utilisation des pesticides en viticulture par rapport aux autres cultures de l'assolement français, elle contient toutefois assez peu de données économiques. **La viticulture française, même si elle n'est pas la première utilisatrice de pesticides en quantités, est une consommatrices importante de ces produits, notamment quand on met en regard les surfaces allouées à cette culture et les volumes commercialisés correspondants**. Ainsi, même si les superficies cumulées ne couvrent que 3 % de la SAU, les viticulteurs utilisent près de 20 % des volumes de pesticides consommés en France (Aubertot *et al.*, 2005). La viticulture est ainsi la seconde source de consommation de pesticides après la céréaliculture. Mais cette situation tient moins à l'importance des surfaces cultivées qu'au nombre de traitements phytosanitaires réalisés par unité de surface.

Sur chaque exploitation viticole en France, une dizaine de traitements phytosanitaires est réalisée chaque année. Cela s'explique notamment par les caractéristiques des conditions de culture en France (sol, climat). Celles-ci sont relativement favorables au

[25] Viniflhor était l'Office national interprofessionnel des Fruits, des Légumes, des Vins et de l'Horticulture. Depuis 2009, il s'est joint à l'Office de l'élevage, l'Ofimer, l'ONIGC et l'Onippam pour former FranceAgriMer, établissement national des produits de l'agriculture et de la mer, qui se substitue aux anciens offices. Ce nouvel établissement a en charge la gestion des filières des grandes cultures, de l'élevage, de la pêche, de l'aquaculture, des vins, des fruits et légumes, de l'horticulture, des plantes à parfum, aromatiques et médicinales.

développement de maladies et ravageurs de la vigne en comparaison avec d'autres régions viticoles dans le monde, les *USA* par exemple (il en est de même ailleurs en Europe [26]). Il n'existe pas à ce jour de région viticole destinée à la production de vin qui ne soit pas traitée (Boubals, 1991). Les pays européens avec des taux d'occupation des sols par la vigne élevés (Italie, France, Portugal, Espagne) présentent les consommations de pesticides les plus importantes.

En ce qui concerne la répartition des produits utilisés entre les différentes cultures de l'assolement français, on peut dire de la vigne qu'elle est une grande consommatrice d'herbicides, pour l'entretien du sol, et de fongicides, pour lutter principalement contre les fortes pressions de maladies cryptogamiques (mildiou, oïdium) (figure 5).

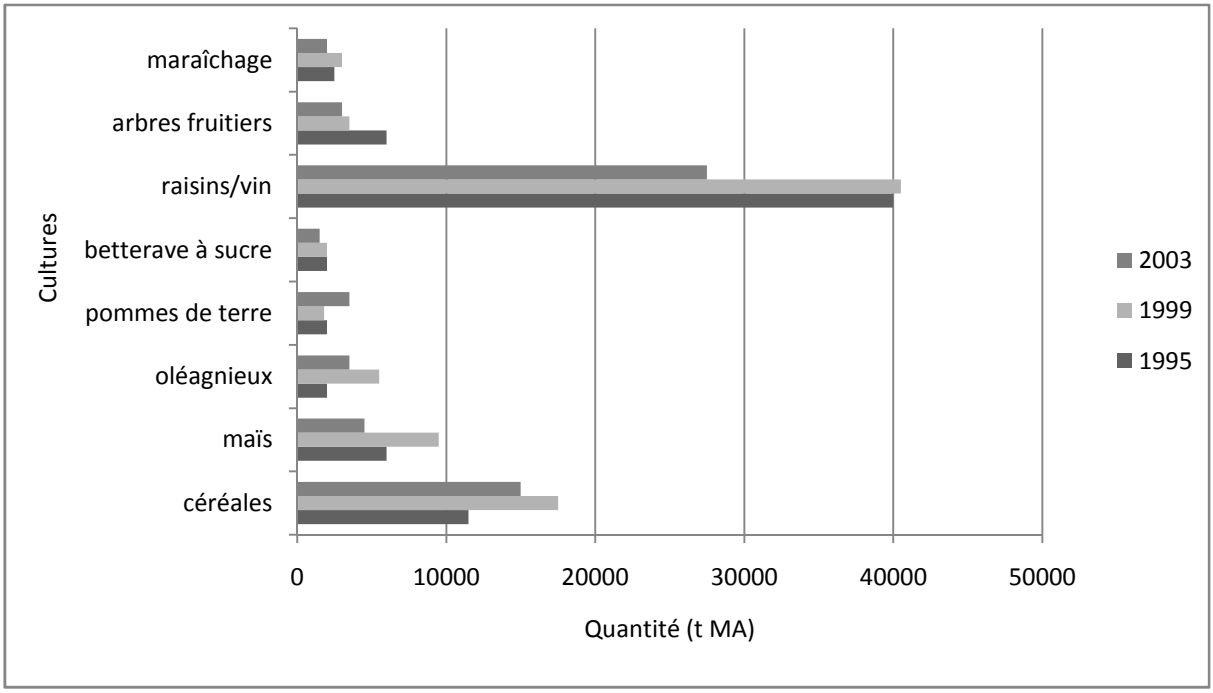


Figure 5 : Quantités de pesticides utilisées en France par type de culture (Source : Eurostat, 2007)

L'enquête Pratiques culturales (Agreste, 2009) montre que 90 % des surfaces sont désherbées chimiquement, avec une moyenne de 2 désherbages en 2 passages. Mais parmi les traitements chimiques appliqués au vignoble, 99 % des surfaces reçoivent au moins un fongicide, avec une moyenne de 11 traitements fongicides en moyenne en France (de 7 à 19). Enfin, les insecticides concernent 62 % des surfaces, avec 2

[26] La viticulture couvre en Europe 3,7 % de la superficie agricole alors qu'elle reçoit environ 15 % des pesticides synthétiques (Eurostat, 2007).

traitements en moyenne, qui sont souvent des traitements obligatoires en zone sensible à la flavescence dorée [27]. L'analyse des chiffres met en lumière les quantités importantes de fongicides utilisées pour la protection des vignobles par rapport aux autres familles de pesticides (désherbants, insecticides) en nombre de traitements (tableau 3). **Alors que dans le monde les herbicides sont les produits les plus fréquemment utilisés, voire les insecticides pour le coton et les fruits et légumes, en viticulture 80 % des pesticides utilisés sont des fongicides, dédiés majoritairement à la lutte contre deux maladies : l'oïdium et le mildiou de la vigne.**

Tableau 3 : Prépondérance de l'utilisation des fongicides en 2006

Une utilisation systématique des fongicides						
	Part des superficies traitées (%)			Nombre moyen de traitements sur les superficies traitées		
	Herbicides	Insecticides	Fongicides	Herbicides	Insecticides	Fongicides
Alsace	87	74	99	2,0	1,5	10,2
Beaujolais	96	50	99	2,2	1,4	12,5
Bordelais	89	55	100	2,3	1,9	14,7
Bourgogne	79	42	100	2,0	1,4	13,5
Champagne	97	59	100	2,3	1,6	18,6
Charentes	97	84	99	2,6	2,5	14,4
L-Roussillon	92	68	99	1,7	2,6	8,9
PACA	79	30	100	1,8	1,6	7
Val de Loire	91	79	100	2,2	1,4	10,8

(Source : Agreste, 2009)

La majorité des traitements phytosanitaires effectués sur les vignobles sont donc dédiés à la prévention et au traitement des maladies les plus fréquentes, et parmi les plus craintes par les viticulteurs : le mildiou et l'oïdium. La viticulture étant une activité souvent concentrée dans le temps et dans l'espace dans les bassins de production viticoles, la dépendance à un grand nombre de traitements phytosanitaires chimiques consacrés à la protection du vignoble implique un impact potentiel important de ce secteur sur l'environnement et les personnes pouvant entrer en contact avec ces produits.

[27] La flavescence dorée est une maladie de quarantaine qui fait l'objet d'une lutte obligatoire depuis 1987. Il n'existe pas de méthode de lutte directe contre l'agent responsable, à savoir une bactérie, le phytoplasme. La lutte, essentiellement chimique, est donc dirigée contre le vecteur de la maladie (*Scaphoideus titanus*) (Galet, 1999).

1.3. Les problèmes environnementaux et de santé publique posés par l'utilisation des pesticides en viticulture

La prise de conscience de l'impact des pesticides sur l'environnement n'est pas nouvelle, puisqu'un premier ouvrage dénonce ces effets dès les années 1960 (Carson, 1962). Toutefois, l'intégration complète des effets néfastes des pesticides dans les mentalités date d'une vingtaine d'années. La viticulture est une des activités agricoles qui a le plus longtemps été considérée comme exemplaire vis-à-vis des terroirs et de l'environnement (Boulanger-Fassier, 2008). Plus qu'un produit alimentaire de base, le vin n'a pas souffert de problème d'image pendant de nombreuses années, passant à travers les différentes crises sanitaires des dernières décennies. Le vin a en effet longtemps été présenté comme un produit traditionnel, authentique et naturel. L'utilisation massive de produits phytosanitaires dans la viticulture française donne toutefois lieu à des phénomènes de pollution qui ont été mis en lumière ces dernières années et qui sont de deux types. Premièrement, le recours systématique aux pesticides donne lieu à des accidents de pollutions ponctuelles, sur lesquels les réglementations se sont penchées il y a déjà plusieurs années. Mais - deuxièmement - persistent les problèmes de contamination [28] diffuse, plus compliqués à solutionner, du fait des difficultés à identifier la source et les responsables de cette pollution, qui provient de la concentration de l'activité viticole sur certains territoires. Nous montrons ici les enjeux environnementaux et de santé publique liés à l'utilisation de ces produits phytosanitaires.

D'une part, nous détaillons les effets négatifs des pesticides disséminés dans l'environnement par compartiment naturel, au sens de l'eau, de l'air et du sol (1.3.1.). D'autre part, nous faisons un point sur les effets que peuvent avoir la manipulation et l'application de ces produits sur la santé des opérateurs, mais également sur celle des consommateurs en bout de chaîne (1.3.2.).

1.3.1. Des impacts significatifs sur tous les compartiments de l'environnement

L'arrêté du 17/07/09 [29] relatif aux mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines définit deux types de pollutions que

[28] La « contamination » est définie comme la présence anormale de substances et de micro-organismes dans un compartiment de l'environnement (Aubertot *et al.*, 2005).

[29] *Journal Officiel* n° 192 du 21 août 2009.

l'on peut rencontrer, notamment dans le domaine agricole. Tout d'abord, on entend par « pollution ponctuelle » toute pollution dont l'origine peut être localisée géographiquement de façon précise, une pollution ponctuelle pouvant être issue de plusieurs sources géographiquement localisables proches les unes des autres, peu nombreuses et parfaitement dénombrables. Elles sont donc relativement faciles à identifier puis à corriger. Ce type de pollution relève souvent de mauvaises pratiques ou de pratiques accidentelles. Tout déversement ponctuel de produits phytosanitaires ou toute autre substance chimique entre dans ce cadre. Par exemple, les eaux issues du nettoyage des cuves de pulvérisateur et les effluents de cave produisent ce genre de pollution si elles sont déversées dans la nature. Jusque dans les années 1990, le traitement de la problématique de la pollution des eaux se limitait aux nitrates et à l'eutrophisation des cours d'eau. Les pesticides n'étaient mentionnés que dans le cadre d'accidents ponctuels lors de la préparation des bouillies ou le remplissage des pulvérisateurs (Bain *et al.*, 2010). Les pollutions diffuses étaient alors méconnues et ignorées. C'est dans ce cadre que la réglementation s'est tout d'abord attachée à réduire les sources de pollution ponctuelle, avant de s'attaquer plus tardivement aux pollutions diffuses, plus difficiles à enrayer, car beaucoup plus difficilement identifiables et constatables.

On entend par « pollution diffuse » toute pollution dont l'origine ne peut être localisée en un point précis, mais procède d'une multitude de points non dénombrables et répartis sur une surface importante. C'est ce dernier type de pollution qui pose des problèmes aujourd'hui, dans la mesure où il est impossible d'établir un lien entre la pollution observée et mesurée, dans les eaux notamment, et les pratiques des agriculteurs locaux de la zone, voire du bassin versant. Il est donc difficile d'agir directement en appliquant des mesures qui reposent sur des normes d'émission ou des instruments économiques de type « permis et droit à polluer », pourtant plus couramment employés dans d'autres domaines industriels (Kemp, 1997 ; Kemp et Pontoglio, 2008).

Avec l'apparition des intrants chimiques de synthèse, les activités agricoles ont vu leur intensification s'accroître, synonyme de détérioration non intentionnelle des milieux (Philogène, 2005) ; en viticulture, les atteintes à l'environnement sont essentiellement liées à l'utilisation de ces produits. Étant le fait d'une multitude d'exploitations individuelles, les atteintes à l'environnement d'origine agricole ont plusieurs caractéristiques : elles sont majoritairement diffuses et concernent de vastes espaces ; elles sont continues bien qu'aléatoires, souvent interdépendantes et

cumulatives dans le temps (Le Clech, 1995). Lors d'un traitement, plus de 90 % des quantités utilisées n'atteignent ni la plante ni le ravageur visé (Rochard, 2005) ; on les retrouve donc dans l'environnement. La pollution atteint ainsi plusieurs compartiments avec des conséquences diverses : altération de la qualité de l'eau, de l'air, des sols pour la majorité, et diminution de la biodiversité, ce qui se traduit notamment par des coûts de dépollution importants en plus des atteintes à l'environnement (figure 6).

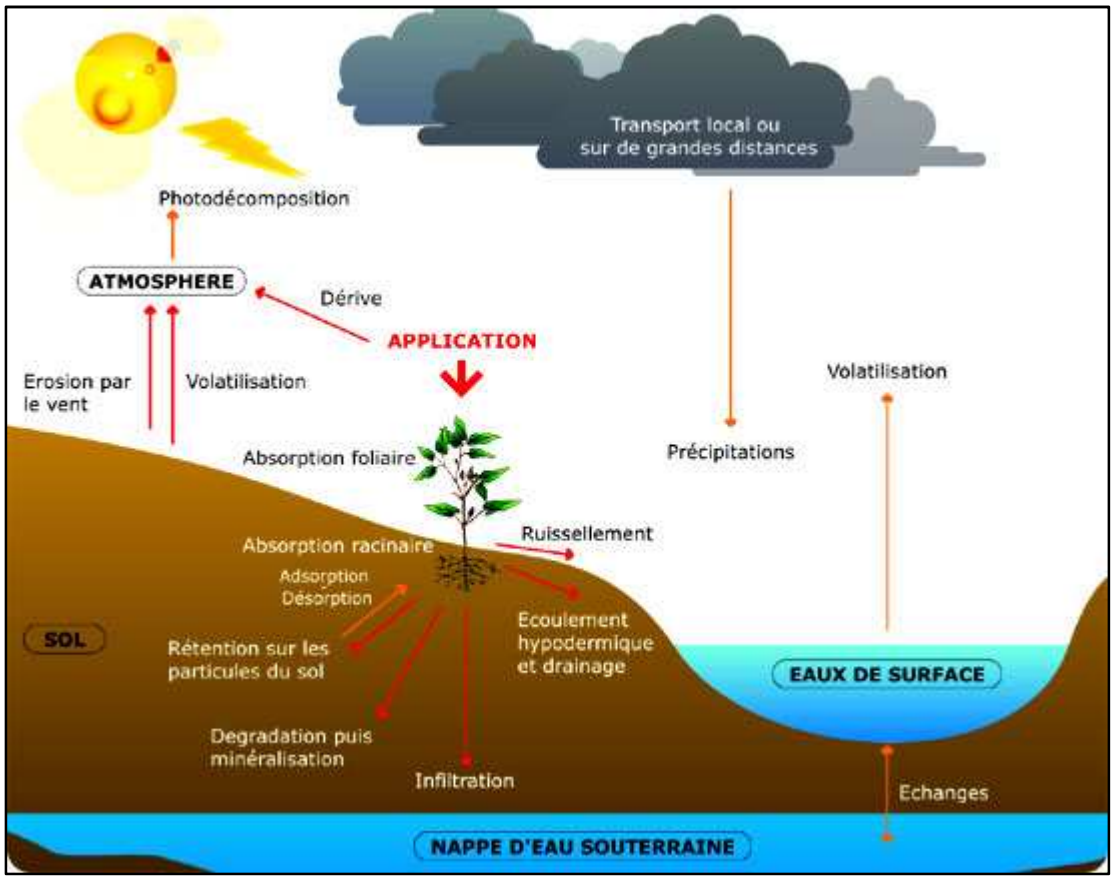


Figure 6 : Voies de transfert des produits phytosanitaires dans l'environnement (Source : SRPV, 2011)

Les principaux impacts de la viticulture sur l'environnement sont ainsi liés à la contamination des milieux, et en particulier des milieux aquatiques, avec l'altération de la qualité de l'eau par les nitrates et les pesticides, la diminution de la biodiversité et la surexploitation de la ressource en eau pour l'irrigation dans certaines régions (Ramonet, 2003). Les problèmes environnementaux liés à l'utilisation des pesticides se cristallisent donc principalement autour des questions d'utilisation de la ressource eau (IFEN, 2004). L'impact majeur de l'activité viticole sur l'environnement concerne la qualité de l'eau continentale, qui est aussi le domaine pour lequel les références scientifiques et

les données de contamination sont les plus nombreuses jusqu'à présent grâce aux données compilées chaque année par l'Institut français de l'environnement (IFEN). De manière générale, des normes de qualité ont été fixées au niveau européen afin de prendre en compte les substances phytosanitaires dans l'évaluation de l'état des eaux souterraines au titre de la Directive cadre sur l'eau [30]. Les normes de qualité pour les pesticides dans les eaux souterraines portent à la fois sur :

- la moyenne annuelle de la concentration totale en pesticides, qui doit être inférieure à 0,5 µg/l ;
- la concentration moyenne annuelle par substance, qui doit être inférieure à 0,1 µg/l à l'exception de quatre substances (aldrine, dieldrine, heptachlore et heptachlore époxyde) pour lesquelles la norme est de 0,03 µg/l.

Le non-respect de l'une ou de l'autre de ces conditions et, qui plus est, le non-respect de ces deux conditions, entraînent une non-conformité du point d'eau. Si l'on s'en tient à ces définitions, la contamination des eaux de surface et souterraines par les produits phytosanitaires est quasi généralisée (IFEN, 2004). D'après l'organisation européenne des distributeurs d'eau (EUREAU Report, 2001), la contamination par les pesticides dépasse souvent la valeur seuil dans le cours aval des fleuves et des rivières. Des résidus de pesticides ont été détectés au cours des analysés réalisées par l'IFEN dans 75 % des eaux superficielles et dans 57 % des eaux souterraines en France en 2004. Même si la viticulture ne peut être désignée comme seule responsable, ces études ont également montré que les régions à forte dominante viticole sont fortement concernées par la pollution, notamment par la présence dans les eaux des bassins versants d'herbicides utilisés en viticulture (produits les plus fréquemment recherchés et donc détectés). Ont ainsi régulièrement été détectés la terbuthylazine (interdite depuis le 1er juillet 2004), la simazine (utilisation interdite depuis le 1er octobre 2003), le diuron, l'amitrole ou aminotriazole et le glyphosate (DGAL, 2005). Même si leurs teneurs ne sont pas directement toxiques pour l'homme, elles provoquent des déséquilibres du milieu.

Le recours important de la viticulture à des molécules chimiques pour la défense et la protection des cultures a d'autres effets néfastes non négligeables sur l'environnement, et notamment sur la qualité de l'air. En effet, lors des applications, la dispersion des produits phytosanitaires par volatilisation envoie des éléments toxiques dans l'air. Divers

[30] La Directive cadre sur l'eau (DCE) constitue un cadre d'évaluation, de surveillance et de gestion du statut écologique et chimique de l'ensemble des eaux de surface et souterraines européennes (200/60/CE). Parmi la liste de substances dangereuses qu'elle établit (33), 13 sont des produits phytopharmaceutiques. La concentration maximale admissible est de 0,1 µg/l pour la définition du bon état chimique des eaux souterraines (*Journal officiel* L 327 du 22 décembre 2000).

groupes, comme les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA), mènent des études depuis les années 1980 en France et celles-ci, bien que fragmentaires, permettent de constater la présence de pesticides dans toutes les phases atmosphériques (Aubertot *et al.*, 2005). Leurs concentrations sont variables dans le temps (caractère saisonnier en lien avec les moments d'application) et l'espace (selon les périodes d'utilisation et la distance aux sources). On estime par exemple que lors de la pulvérisation, 25 à 75 % des quantités appliquées partent dans l'atmosphère, ce qui entraîne une contamination de l'air, des brouillards et des pluies. Il n'est donc pas rare de rencontrer une atmosphère chargée en molécules chimiques au moment des traitements, phénomène qui peut prendre plus ou moins d'ampleur selon les conditions d'application. Ainsi, le poudrage de soufre d'un vignoble en conditions humides peut aller jusqu'à provoquer un voile de produits phytosanitaires pendant près d'une demi-journée.

Concernant le sol, même si peu de dispositifs sont mis en place pour étudier la question, les experts s'accordent sur les questions environnementales posées à long terme concernant la pollution chronique par certains pesticides d'origine minérale accumulés dans les sols viticoles, comme le cuivre (Brun, 1998). Lors de l'utilisation de produits phytosanitaires, seule une partie des applications, variable selon la technique de pulvérisation et le développement du couvert végétal, atteint la cible et est absorbée par les plantes. Le reste rejoint directement ou indirectement le sol par écoulement le long des pieds de vigne ou entraînement par les précipitations. Malgré une dégradation plus ou moins lente par les micro-organismes, facteurs de dépollution majeurs, certaines molécules restent fixées sur les particules de sol et provoquent des perturbations de l'environnement. La rétention des molécules dans le sol évolue dans le temps et peut devenir presque irréversible jusqu'à créer des résidus liés, non extractibles, dont on ne connaît ni la nature chimique exacte, ni la capacité de libération ultérieure (Aubertot *et al.*, 2005). Une autre part est entraînée par drainage ou ruissellement vers les eaux superficielles et souterraines. C'est le cas du cuivre, largement utilisé pour lutter contre le mildiou sur vigne depuis 1855, qui s'est accumulé et pose aujourd'hui des problèmes de toxicité. Il altère l'activité de la faune du sol et provoque des risques de phytotoxicité pouvant aller jusqu'à empêcher l'implantation de jeunes plants de vigne lors de la replantation, voire de nouvelles cultures en cas de disparition du vignoble.

Enfin, les pesticides entraînent une diminution de la biodiversité (Ramonet, 2003). Ils perturbent la faune par des effets directs ou des dommages secondaires causés aux

auxiliaires de culture et aux micro-organismes et invertébrés du sol. Les populations de phytoséides, familles d'acariens utiles pour la lutte contre les acariens phytophages, peuvent ainsi être rapidement anéanties par l'application d'un seul insecticide ou de plusieurs fongicides consécutifs avec la même substance active (DGAL, 2005). Enfin, dans les régions viticoles comme dans toutes les autres régions de production spécialisées, la faible diversité spatiale des espèces favorise l'implantation des parasites. Certains s'adaptent à une utilisation régulière de substances chimiques et développent des formes de résistance à des substances actives. Cela provoque un accroissement de l'usage des produits phytosanitaires de synthèse avec les conséquences citées précédemment pour la biodiversité. Le manque de variété dans les herbicides utilisés entraîne également un recul des espèces intéressantes d'un point de vue environnemental : légumineuses, cultures pièges à nitrates, *etc.*

L'utilisation de pesticides en quantités importantes dans le cadre de l'activité viticole engendre donc des conséquences significatives sur l'environnement naturel, qu'ils modifient et polluent. Même si c'est à cela que l'on pense en premier quand il est question d'effets néfastes de l'utilisation des pesticides, ces derniers ont aussi un impact non négligeable sur les personnes qui sont à leur contact direct et qui les manipulent, les viticulteurs, ou qui ont un contact plutôt indirect avec ces produits, *via* la consommation de vin, c'est-à-dire les consommateurs.

1.3.2. Des impacts démontrés ou pressentis sur la santé des viticulteurs et des consommateurs

Au-delà des effets sur l'environnement, les pesticides sont également désignés comme vecteurs potentiels d'impacts négatifs sur la santé humaine, avec un coût non neutre pour la société (Multigner *et al.*, 2005). Suite à des effets nocifs démontrés chez les animaux, la question des risques pour l'homme est posée (Aubertot *et al.*, 2005). Bien que faisant l'objet de controverses, elle est inscrite comme priorité dans de nombreux rapports et des études encore en cours ont été commandées par les pouvoirs publics à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM). Même s'il existe peu de chiffres probants pour démontrer les impacts réels des pesticides sur la santé humaine, la démonstration est faite qu'un risque existe bel et bien, notion à laquelle les

pouvoirs publics français sont très sensibles. Dans ces études, un pesticide est considéré comme ayant un effet néfaste sur la santé lorsque le degré d'exposition d'une personne dépasse la valeur limite admise [31]. L'exposition peut être directe, par exemple pour les agriculteurs qui les appliquent, ou indirecte, en ce qui concerne les consommateurs (Commission européenne [32], 2007). D'après une étude de la Fédération européenne des syndicats de travailleurs agricoles (EFA), les effets les plus couramment mentionnés chez les viticulteurs sont des maux de tête aigus, des vomissements, des douleurs d'estomac et des diarrhées lors d'une exposition au moment de l'application ou de la manipulation de ces produits (1997). Ces troubles sont en général causés par de faibles niveaux d'exposition qui se répètent, pouvant donner lieu à des contaminations chroniques pour lesquelles il est difficile de faire le lien entre l'exposition et la maladie à plus long terme (cancer, anomalies congénitales, troubles de la reproduction, *etc.*). Phyt'attitude, le réseau de toxicovigilance de la MSA créé en 1991, centralise, sur la base du volontariat, les informations sur les accidents et incidents survenus lors de l'utilisation des produits phytosanitaires ou en cas de contact indirect en situation de travail (MSA, 2010), lorsqu'il s'agit de cas de toxicité aiguë. En 2005 et 2006, 430 dossiers ont été collectés au niveau national. Dans quatre cas sur cinq, les signalements concernent des salariés agricoles. Les exploitants ne représentent qu'un dossier sur sept. C'est en viticulture et en arboriculture que les intoxications sont les plus fréquentes. Dans deux tiers des cas, la contamination a lieu lors de l'application ou de la préparation. Parmi les applicateurs contaminés, 62 % ne portaient pas de gants. En général, les victimes évoquent deux troubles lors du signalement ; dans près de la moitié des cas, ce sont des symptômes cutanés (irritations, érythèmes, brûlures ou prurit) ou des troubles digestifs (nausées, vomissements, douleurs).

Peu d'études précises sont menées sur les risques professionnels à grande envergure, mais de nombreuses études épidémiologiques ont suggéré le rôle potentiel des pesticides dans le développement de cancers (Blair *et al.*, 1992 ; Dich *et al.*, 1997 ; Acquavella *et al.*, 1998), de maladies neurologiques (Colosio *et al.*, 2003) ou de problèmes de reproduction (Blair et Zahm, 1990 ; 1993 ; Hamey, 2001). Mais le point critique de ces études réside dans le manque d'approches quantitatives pour évaluer la consistance des résultats, les

[31] La valeur limite admise représente le niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base de connaissances scientifiques, au delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement, à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises. Ce terme est très général et ne donne pas de précision sur la durée d'exposition (INRS, 2007).

[32] Référence communautaire : COM(2006) 0373 final du 12 juillet 2006, transmis au Conseil de l'Union européenne le 14 juillet 2006.

relations doses appliquées/réponse, et pour fournir des données permettant l'évaluation des risques professionnels (Baldi *et al.*, 2005). L'étude PESTEXPO a été menée en France afin de construire des outils d'évaluation de l'exposition aux pesticides dans des situations agricoles variées. Les auteurs ont ainsi montré que dans la région de Bordeaux, l'intensité journalière de contamination n'était liée ni à la superficie traitée ni à la durée de l'opération (Baldi *et al.*, 2005). Par contre, ils montrent que celle-ci est négativement corrélée avec la taille de l'exploitation, le statut du travailleur, le type d'équipement de pulvérisation, le nombre de phases de pulvérisation et la présence d'un nettoyage. D'autres études et enquêtes de cohortes [33] se poursuivent, comme l'étude AGRICAN [34], mise en place suite à l'insuffisance de données disponibles en France sur les effets potentiels des expositions professionnelles agricoles sur la santé des agriculteurs et des salariés agricoles en termes de cancers. Les premiers résultats sont en cours d'analyse, mais tendent à montrer, comme les études nord-américaines (Beane *et al.*, 2011), un excès de certains cancers dans le monde agricole (prostate, sang, cerveau, peau).

Concernant les effets sur la santé des consommateurs, ce sont les quantités de pesticides ou de résidus potentiellement présents dans les raisins, le vin ou l'eau du robinet qui peuvent avoir un impact sur la santé humaine. Les références scientifiques ne sont pas abondantes dans ce domaine et le sujet fait régulièrement l'objet de débats afin de déterminer si le vin est un produit contaminé par les pesticides et peuvent constituer un danger pour la santé des consommateurs. Le pourcentage des échantillons de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux dépassant les limites réglementaires en termes de présence de résidus de pesticides n'a pas enregistré de baisse depuis les années 1996 et avoisine les 5 % (Commission européenne, 2007). Pour le cas particulier de la viticulture, l'étude menée par PAN-Europe sur des vins en provenance d'Europe, mais aussi d'Amérique latine et d'Afrique du Sud, montre que les niveaux de contamination relevés dans le vin ne dépassent pas les limites maximales de résidus autorisées (LMR) (PAN-Europe, 2008). Toutefois, elle note qu'il n'existe pas de LMR à proprement parler

[33] Le principe d'une étude de cohorte consiste à suivre dans le temps une population définie (la cohorte), et à enregistrer les pathologies survenant dans cette population. L'étude de cohorte représente le type de protocole épidémiologique le plus proche de celui de l'approche expérimentale. Cette séquence temporelle - de la cause vers l'effet - fait que l'on parle aussi d'enquête prospective ou longitudinale. Son rôle est de déterminer les facteurs de risque associés à la survenue d'une pathologie et de quantifier ces associations. Avec l'étude cas-témoins, elle est à classer parmi les études épidémiologiques dites analytiques, c'est-à-dire qu'on leur reconnaît la capacité à vérifier une relation de causalité entre un facteur d'exposition et une pathologie (Laurier, 1998).

[34] AGRIculture et CANcer : une vaste étude épidémiologique centrée principalement sur les cancers en agriculture. Elle est la plus grande étude au niveau mondial concernant la santé en milieu agricole, initiée en continuité avec les travaux du GRECAN (groupe de recherche sur le cancer basé à Caen). Elle a débuté sa phase active en 2005 et les premiers résultats sont en cours d'analyse.

pour le vin, et que la référence utilisée est celle du raisin, qui est assez élevée. Les auteurs notent également que les teneurs détectées sont très supérieures aux quantités de résidus de pesticides autorisées dans l'eau du robinet. Bien qu'en manque de données chiffrées, les pouvoirs publics, alertés par deux rapports [35], ont estimé que la présomption de risque pour la santé humaine était suffisamment sérieuse pour justifier l'application du principe de précaution et le déclenchement de politiques publiques en la matière. Ainsi, les pouvoirs publics ne se limitent plus à demander une évaluation des pesticides et de leur dangerosité, mais s'intéressent également à leurs pratiques d'utilisation (Aubertot *et al.*, 2005).

2. Une nécessité grandissante d'intégrer les enjeux environnementaux en viticulture

Différents auteurs ont mis en évidence le besoin de changer le mode de raisonnement des pratiques phytosanitaires pour réduire la pollution diffuse et contribuer à l'évolution de la protection des cultures selon le concept de développement durable (Griffon, 2006). Avec l'augmentation de la prise de conscience concernant les questions environnementales et les constats qui semblent alarmants en termes de conséquences environnementales et pour la santé publique, divers acteurs ont été amenés à intervenir ces dernières années pour améliorer l'impact environnemental des activités humaines, avec des boucles de rétroactions entre politiques publiques et société civile. Plusieurs éléments des politiques européenne et nationale convergent pour inscrire la question de la diminution d'emploi des pesticides en agriculture dans les perspectives d'actions publiques (Aubertot *et al.*, 2005). Ainsi, le contexte institutionnel semble évoluer favorablement en direction de la prise en compte de l'environnement, et ce, depuis plusieurs années (2.1). Un virage significatif a été pris récemment présentant des objectifs ambitieux au moment du Grenelle de l'environnement en France, avec la publication du rapport Ecophyto 2018 fixant l'objectif de réduire de 50 % l'usage des pesticides qui s'applique à la viticulture même si les réglementations ne sont pas spécifiques à cette activité. Toutefois, la demande n'émane pas que des pouvoirs publics. La société civile

[35] Le Comité de la Prévention et de la Précaution, fondé en 2000 relève dans son rapport *Risques sanitaires liés à l'utilisation des produits phytosanitaires* (2002) les risques pour la santé humaine, qui sont de nouveau soulignés deux ans plus tard dans un rapport de la Commission d'orientation du Plan national santé-environnement (2004), donnant un certain nombre de recommandations.

interpelle également les activités agricoles et viticoles quant à leurs pratiques de protection des cultures (2.2.). Les problèmes environnementaux et de santé publique posés par l'utilisation des pesticides en France font que la demande des consommateurs en termes de protection de l'environnement est forte, soutenue par les riverains et associations environnementalistes.

2.1. Un contexte institutionnel en faveur de la réduction de l'usage des pesticides, mais peu spécifique à la viticulture

Les politiques européenne et française en matière d'intégration de la contrainte environnementale dans les activités agricoles ont considérablement évolué depuis les années 1970. Les premières mesures et dispositions législatives concernant la prise en compte de l'environnement ont été introduites en Europe en 1979 et se sont considérablement enrichies depuis. La vision productiviste de cette époque, très prégnante chez les politiques et les professionnels, a retardé jusqu'au début des années 1990 la reconnaissance du caractère polluant de l'activité agricole et de la nécessité d'un certain nombre d'actions agro-environnementales. Depuis, elles sont sortie de l'inertie. Les politiques actuelles, que ce soit au niveau européen ou français, comportent des volets spécifiques aux pesticides. En Europe, il existe un « paquet pesticides » qui regroupe les mesures et Directives qui ont trait à cette thématique générale (2.1.1.) et qui a fortement orienté et conditionné les mesures mises en œuvre au niveau français (2.1.2.). Nous faisons enfin un point plus détaillé sur le Grenelle de l'environnement puisque c'est à partir de sa mise en œuvre que l'impulsion de réduire fortement les pesticides agricoles a été lancée (2.1.3.).

2.1.1. Le « paquet pesticides » européen, vers une utilisation durable des pesticides

À ses débuts, on savait gré à la Politique agricole commune d'approvisionner la population dans la difficile période d'après-guerre. Elle avait également une légitimité de par son impact positif sur le revenu des agriculteurs. Pourtant, elle est aujourd'hui désignée comme la facilitatrice d'une course aux rendements, qui passe notamment par l'utilisation massive d'engrais et de pesticides (Bureau, 2007). Maintenant que les

incertitudes au sujet des effets négatifs des pesticides sont dépassées, le rôle de la PAC dans l'encouragement de la pollution est ambigu, dans la mesure où les secteurs les plus polluants (porc, viticulture, fruits) sont aussi ceux qui ont été les moins administrés (Mollard *et al.*, 2003). Depuis plus de vingt ans, l'Europe se dote progressivement de mesures destinées à prendre en compte l'environnement dans les pays de l'Union. Aujourd'hui, ce domaine bénéficie du soutien marqué des citoyens européens étant donné que les problèmes environnementaux dépassent les frontières nationales et demandent une coordination supranationale (internationale et européenne) (PAN-Europe, 2008). Ainsi, les réformes menées à partir de 1992 ont profondément modifié la PAC et pris en compte le besoin d'intégration de pratiques environnementales en donnant l'accès à la souscription de mesures agri-environnementales (MAE). Les évolutions des politiques française et européenne en la matière sont d'ailleurs très liées : la PAC a longtemps été une politique très centralisée, laissant peu de marge de manœuvre aux États (Bureau, 2007). Mais depuis quelques années et la rupture de la réforme de 2003, elle offre plus de latitude aux États membres en matière de choix pour la déclinaison des directives européennes. Son évolution vers des aides orientées en faveur de l'environnement et du développement rural a donné progressivement plus de liberté dans l'adaptation des politiques nationales. La réforme de 2003 donne du contenu, notamment en termes de moyens, au second pilier [36] de la PAC et conditionne les aides au respect de bonnes pratiques (Bureau, 2007) ; de plus, les États sont libres de la définition des critères nationaux de la conditionnalité [37] et du choix des priorités à soutenir. C'est en 2006 que la gestion du second pilier est décentralisée, et que la conditionnalité inclut, entre autres, le respect de directives sur la protection des eaux souterraines.

Au-delà de l'évolution de la PAC, dans les années 2000, l'Union européenne a mis l'accent sur la compréhension et le traitement des pressions subies par l'environnement, ce qui a

[36] À côté des mesures de marché (premier pilier), la politique de développement rural (deuxième pilier) est devenue un élément essentiel du modèle agricole européen. La réforme de 2003 n'a fait que confirmer son rôle incontournable dans la nouvelle PAC. Son objectif majeur est de mettre en place un cadre cohérent et durable garantissant l'avenir des zones rurales en se basant, notamment, sur la multifonctionnalité de l'agriculture - c'est-à-dire, sa capacité à fournir un éventail de services publics qui dépassent la simple production de denrées alimentaires - et sur la capacité de l'économie rurale à créer de nouvelles sources de revenus et d'emploi, tout en protégeant l'héritage culturel, environnemental et patrimonial du monde rural (règlements (CE) n° 1698/2005 (*Journal Officiel* L 277 du 21.10.2005) et n° 473/2009 (*Journal Officiel* L 144 du 9.6.2009)).

[37] Ce dispositif soumet le versement de certaines aides communautaires au respect d'exigences de base en matière d'environnement, de bonnes conditions agricoles et environnementales (BCAE), de santé (santé publique, santé des animaux, santé des végétaux) et de protection animale (Source : Ministère de l'agriculture, 2011, http://agriculture.gouv.fr/la-conditionnalite).

débouché sur la déclinaison du sixième programme d'action pour l'environnement adopté en 2002 (2002-2012) en sept stratégies thématiques. Ces dernières constituent le moyen essentiel d'atteindre les objectifs fixés par le programme d'action, en accord avec les engagements internationaux de l'Europe dans le cadre des négociations menées au sein de l'Organisation mondiale du commerce (OMC). Au contraire des politiques américaines qui, en la matière, s'inscrivent dans un schéma de prévention des risques, la politique européenne est plutôt basée sur l'application du principe de précaution. L'une des stratégies thématiques porte sur « l'utilisation durable des pesticides ». Elle propose des mesures destinées à réduire l'impact de ces substances sur l'environnement et la santé humaine, tout en assurant la nécessaire protection des cultures. Bien que ne portant pas spécifiquement sur la viticulture, elle insiste notamment sur la définition d'un objectif de réduction globale et sensible des usages et des risques, et ce, sans perte de rendement. Mise en œuvre selon un principe d'intégration, elle comprend d'une part, des mesures qui reposent sur les instruments législatifs existants, et d'autre part, des mesures non intégrables dans les instruments existants et qui font l'objet d'une directive cadre spécifique. L'ensemble de ces mesures, finalement adopté par les députés européens en janvier 2009, forme ce que l'on appelle le « paquet pesticides » européen. Ce dernier vise à réduire de façon sensible les risques liés aux pesticides ainsi que leur utilisation, et ce, dans une mesure compatible avec la protection des cultures. Les principaux objectifs sont :

- de renforcer le niveau de protection de la santé humaine, des animaux et de l'environnement tout en préservant la compétitivité de l'agriculture communautaire, ce dernier point étant essentiel à la compréhension du changement de pratiques ;
- d'harmoniser et de simplifier les procédures au sein de l'Union européenne et de réduire les délais d'examen des dossiers ;
- d'accroître la libre circulation des produits et leur disponibilité dans les États membres.

Pour cela, le « paquet pesticides » contient une directive relative à la mise sur le marché et à l'évaluation des produits phytopharmaceutiques (Directive 91/414/CEE [38] – encadré 1), une directive cadre instaurant un cadre communautaire d'action pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable, une directive concernant les matériels destinés à l'application des pesticides, et un règlement relatif aux statistiques concernant les pesticides.

[38] *Journal officiel* L 230 du 19 août 1991.

En ce qui concerne plus particulièrement la directive cadre qui complète les dispositifs existants (2009/128/CE) [39], elle fixe pour la première fois au niveau communautaire des règles pour rendre l'utilisation des pesticides plus sûre et encourager le recours à la lutte intégrée et aux alternatives non chimiques ; elle est divisée en chapitres (formation, information, matériel d'application des pesticides [40], pratiques spécifiques et indicateurs).

Encadré 1 : la Directive 91/414/CEE

La Directive 91/414/CEE porte sur le contrôle du respect de la réglementation concernant la distribution et l'utilisation des produits phytopharmaceutiques. La mise sur le marché et le suivi post-homologation des produits phytosanitaires et des substances actives qui les composent sont donc strictement encadrés et harmonisés au niveau européen. En substance, dans le cadre d'un programme de travail ambitieux démarré en 1992, la Commission européenne a lancé au niveau communautaire une vaste opération de révision de toutes les substances actives entrant dans la composition des produits phytopharmaceutiques au sein de l'Union européenne. Au cours d'un processus d'examen basé sur des évaluations scientifiques, tout demandeur se doit de démontrer qu'une substance peut être utilisée en toute sécurité en ce qui concerne la santé de l'homme, l'environnement, l'éco-toxicologie et les résidus présents dans la chaîne alimentaire. Les substances actives autorisées sont inscrites à l'annexe 1 de la directive. L'autorisation de mise sur le marché (AMM) des produits commerciaux est quant à elle délivrée par les États membres sur la base d'une évaluation nationale.
Les principaux apports concernent l'établissement de critères plus stricts pour l'approbation des substances (interdiction des substances les plus toxiques), l'homologation des phytoprotecteurs, synergistes, coformulants et adjuvants, la reconnaissance mutuelle des produits par approche zonale, de nouvelles règles relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage et la publicité et enfin la substitution par rapport aux substances à faible risque. Ce règlement comprend également des dispositions relatives à la protection des données, à la tenue des registres (ceux des pesticides que les industriels produisent, importent, stockent et commercialisent et ceux des pesticides que les utilisateurs appliquent - nom, moment, dose, zone, culture - au commerce parallèle entre Etats membres et aux semences traitées par des produits phytopharmaceutiques. Les normes appliquées lors de cette évaluation et la politique de leur utilisation sont améliorées en permanence par divers groupes d'experts et consignées dans des documents d'orientation appropriés.
L'Union européenne a modernisé sa législation en matière de substances chimiques en mettant en place le système REACH [41], un système intégré d'enregistrement, d'évaluation, d'autorisation et de restriction des substances chimiques, et institué une agence européenne des produits chimiques. REACH oblige les entreprises qui fabriquent et importent des substances chimiques à évaluer les risques résultant de leur utilisation et à prendre les mesures nécessaires pour gérer tout risque identifié. La charge de la preuve de la sécurité des substances chimiques fabriquées ou commercialisées appartient à l'industrie. Le règlement vise à assurer un niveau élevé de protection de la santé humaine et de l'environnement, ainsi qu'à renforcer la compétitivité du secteur des substances chimiques et l'innovation.

[39] Directive 2009/128/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable (*Journal officiel de l'Union européenne* L309 du 24 novembre 2009).

[40] Directive 2009/127/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 modifiant la directive 2006/42/CE en ce qui concerne les machines destinées à l'application des pesticides (*Journal officiel de l'Union européenne* L310 du 25 novembre 2009).

[41] Règlement (CE) n° 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil, du 18 décembre 2006.

Elle prévoit notamment la mise en place d'un Plan d'action national (PAN) par chaque État membre visant à réduire les risques et les effets sur la santé humaine et l'environnement, ainsi que la dépendance à l'égard de l'utilisation des pesticides. Sur ce dernier point, si d'intenses discussions ont été menées quant à l'établissement d'un objectif quantitatif à atteindre en termes de réduction d'usage des pesticides, l'initiative de la fixation de cet objectif a finalement été laissée à l'appréciation de chaque État membre. Un certain nombre de pays européens s'étaient d'ailleurs déjà engagés dans des objectifs chiffrés de réduction des pesticides sans attendre l'impulsion européenne : le Danemark et la Suède en 1986, la Norvège en 1998 et les Pays-Bas en 1991, bien que ce dernier pays n'en ait pas réussi la mise en œuvre (Aubertot *et al.*, 2005)). Pour les autres pays, l'application de la directive est en cours. Cette directive est enfin complétée par un règlement qui établit un cadre commun pour la production systématique de statistiques communautaires concernant la mise sur le marché et l'utilisation des produits phytopharmaceutiques [42]. **L'Europe affiche donc clairement des objectifs en matière d'usage des pesticides ; elle donne ainsi la direction à suivre, qui doit ensuite être traduite de manière concrète dans les différentes législations nationales des pays européens.**

2.1.2. Une évolution de la politique française inscrite dans la lignée des directives européennes

En France, l'insertion et la prise en compte des enjeux environnementaux par les politiques agricoles datent également des années 1990 et se sont faites dans la lignée des orientations données par la PAC, qui a donné la possibilité (mais aussi la liberté) aux États membres de choisir et mettre en place des mesures en faveur de la prise en compte de l'environnement. Les politiques publiques françaises ont ainsi intégré un certain nombre de mesures et de dispositifs allant dans ce sens. Les premières mesures ont visé à éradiquer les problèmes les plus évidents à identifier : ceux liés à la pollution ponctuelle. Dans la continuité de ces premières mesures (qui restent cependant encore d'actualité), les pouvoirs publics s'appliquent maintenant à enrayer le problème de pollution diffuse posé par l'utilisation massive des pesticides de synthèse. Si l'on s'intéresse au cas particulier de la vigne, les viticulteurs ont accès, dans le cadre de la PAC, à une série de 13

[42] Règlement (CE) no 1185/2009 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2009 relatif aux statistiques sur les pesticides (*Journal officiel de l'Union européenne* L324 du 10 décembre 2009).

mesures qui peuvent ou doivent être combinées entre elles sur la base du volontariat (encadré 2). Parmi ces mesures, un certain nombre portent sur la réduction des pesticides, avec des objectifs déjà chiffrés, notamment en termes de doses homologuées, mais cette politique présente des limites, dans la mesure où l'enveloppe financière globale attribuée pour toutes les activités agricoles est relativement faible (Mollard *et al.*, 2003 ; Bureau, 2007). Pour beaucoup, ce sont des agriculteurs ayant déjà intégré les pratiques proposées dans leurs processus de production qui ont contractualisé avec l'État. Toutefois, d'après une étude menée en 1998, à cette époque, 20 % des modifications apportées à l'utilisation des produits phytosanitaires étaient liés aux effets de la PAC. Pourtant, près de vingt ans après les premières MAE, les progrès en matière de prise en compte de l'environnement dans les pratiques culturales restent timides (Dupraz et Pech, 2007), même si la prise de conscience des agriculteurs est aujourd'hui bien avancée.

Encadré 2 : Liste des engagements unitaires possibles en viticulture (PDRH, 2007)

07 – Formation sur le raisonnement des traitements phytosanitaires (coût induit)
08 – Formation sur la protection intégrée (coût induit)
12 – Bilan annuel de la stratégie des cultures
13 – Absence de traitement herbicide
14 – Absence de traitement phytosanitaire de synthèse
15 – Réduction progressive du nombre de doses homologuées de traitements herbicides jusqu'à 60%
16 – Réduction progressive du nombre de doses homologuées de traitements phytosanitaires jusqu'à 40%
17 – Mise en place de la lutte biologique
19 – Enherbement sous cultures ligneuses pérennes (arboriculture, viticulture et pépinières)
20 – Couverture des interrangs de vigne par épandage d'écorces
26 – Enregistrement des interventions mécaniques et des pratiques de pâturage
41 – Création et entretien d'un couvert herbacé (bandes ou parcelles enherbées)
42 – Création et entretien d'un couvert floristique ou faunistique
Certaines combinaisons sont interdites, d'autres obligatoires, recommandées ou autorisées.

Outre les mesures contenues dans la PAC, et en complément de celles-ci, dès août 2000, les ministres chargés de l'environnement et de l'agriculture ont lancé un programme de réduction des pollutions par les produits phytosanitaires, appelé aussi « Plan Phyto ». Sous l'impulsion de l'Europe, il contient entre autres la mise en place d'une filière de récupération des emballages vides et des produits phytosanitaires non utilisés pour la réduction des pollutions ponctuelles. En ce qui concerne la réduction des pollutions diffuses, le plan prévoit le développement des techniques de protection des cultures alternatives à la lutte chimique. Au plan régional, le programme prévoit d'intensifier les travaux des groupes régionaux, placés sous l'autorité des préfets de région, chargés de la

lutte contre la pollution des eaux par les produits phytosanitaires. Les mesures soutenues par l'État sont centrées sur des actions préventives développées sur des bassins versants prioritaires et élaborées selon les recommandations du CORPEN [43]. Ces actions permettent d'effectuer, à l'échelle de chaque bassin prioritaire, un diagnostic des causes de pollution des ressources en eau, suivi d'un plan d'actions comprenant de la formation et du conseil, des diagnostics des pollutions diffuses et ponctuelles au niveau des exploitations, la mise en place de zones tampons ainsi que des investissements collectifs limitant les transferts de pesticides vers les eaux. Dans l'ensemble, le Plan Phyto s'est bien développé dans les régions depuis son lancement en août 2000 : en 2003, des actions étaient en cours ou prévues sur 208 bassins versants (125 en 2001), concernant environ 80 000 exploitations (26 000 en 2001) et couvrant près de 5 millions d'hectares (2 millions en 2001). Un premier rapport dressant un bilan de l'activité des groupes régionaux a été réalisé en 2001, puis actualisé en 2002 et 2003 (Perret-Sendral et Fagot, 2002). Ces rapports montrent que les diagnostics sont bien avancés et que les relevés vont faciliter les synthèses éditées par l'IFEN. Toutefois les auteurs notent que leur fonctionnement ne pourra perdurer que si les dynamiques locales qui les sous-tendent, en relation avec les collectivités territoriales et la profession agricole, perdurent.

Dans la lignée de ce Plan Phyto, les politiques publiques françaises s'appuient également sur le Plan Interministériel de réduction des risques liés aux pesticides (PIRRP) (2002-2006 puis 2006-2009). Ce plan s'inscrit dans le cadre du Plan national santé-environnement de 2004, ainsi que dans le volet Agriculture de la Stratégie française pour la biodiversité de novembre 2005. Il prévoit la réduction de 50 % des quantités vendues de substances actives les plus dangereuses. Les actions qui le composent sont organisées en cinq axes qui prévoient notamment d'agir sur les pratiques et de minimiser le recours aux pesticides. Les pratiques et systèmes de production qui emploient moins de pesticides doivent être encouragés par l'acquisition et la diffusion de références techniques et par des incitations financières. Les grandes directions données par la politique française convergent dans le sens du souci de la modification des pratiques. Toutefois, comme nous l'avons vu en examinant les chiffres relatifs au marché des pesticides, si ces déclarations d'intention et mesures ont permis aux mentalités d'évoluer, elles sont peu spécifiques au secteur viticole et ont été suivies d'assez peu d'effets jusqu'en 2007, où des objectifs chiffrés ont été clairement affichés lors du Grenelle de l'environnement.

[43] CORPEN : Comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement.

2.1.3. Le Grenelle de l'environnement et ses conséquences pour la viticulture

Le Grenelle de l'environnement marque une nouvelle étape dans les décisions publiques relatives aux pesticides. Il fait référence à un ensemble de rencontres politiques organisées en France fin 2007, visant à prendre des décisions à long terme en matière d'environnement et de développement durable dans un certain nombre de domaines économiques. L'objectif était de pouvoir engager un processus de concertation avec toutes les parties prenantes concernées par les questions environnementales (État, collectivités, organisations non gouvernementales (ONG), syndicats et entreprises), comme le préconise la directive cadre européenne sur l'utilisation durable des pesticides. Une première partie du travail mené durant le Grenelle a visé à lancer le dialogue et à faire ressortir des propositions au sein de six groupes de travail comprenant des représentants des différents acteurs, puis le public a été consulté, notamment par le biais d'Internet et de réunions.

Les conclusions de ce Grenelle proposent 268 engagements en faveur de l'environnement dans divers domaines et secteurs d'activité. Cela a débouché sur la mise en œuvre de 34 comités opérationnels (comop) ayant pour objectif de traduire ces engagements en actions concrètes, notamment dans le droit français ; quatre d'entre eux concernaient l'agriculture. Celui qui nous intéresse plus particulièrement ici, dénommé Ecophyto 2018 [44] (Paillotin, 2008), s'appuie notamment sur les travaux préliminaires d'une expertise scientifique et collective commandée par les ministres en charge de l'agriculture et de l'environnement à l'INRA et au Cemagref (Aubertot *et al.*, 2005). Celle-ci fait le point sur les connaissances disponibles concernant les conditions d'utilisation des pesticides en agriculture et les moyens connus pour en réduire l'emploi et en limiter les impacts environnementaux. Elle montre, à partir d'une revue de la littérature, la possibilité de développer des systèmes de culture qui, tout en réduisant significativement les intrants, présentent de bons résultats agronomiques en termes de qualité et de quantité de récolte. **Sur cette base, le plan Ecophyto 2018 a été élaboré. Les recommandations de ce plan visent à réduire la dépendance des exploitations agricoles aux produits phytosanitaires, tout en maintenant un niveau élevé de production agricole, en quantité et en qualité. L'objectif fixé est clair : la réduction de moitié de la fréquence de**

[44] Le plan Ecophyto 2018 correspond au Plan d'action national (PAN) devant être mis en place par chaque État européen. Il vise à réduire les risques ainsi que les effets sur la santé humaine et l'environnement liés à l'utilisation de pesticides en agriculture, ainsi que la dépendance à l'égard de l'utilisation de ces produits avec des objectifs quantitatifs fixés.

traitement avec des pesticides dans l'agriculture française en dix ans. Cela est conditionné à la diffusion de méthodes alternatives, sous réserve de leur mise au point. Le plan prévoit également le retrait du marché des substances les plus préoccupantes, sans plus de précisions. Il se décline en 8 axes qui concernent aussi bien la formation que la recherche, le matériel, la production de références, *etc.* (encadré 3).

Encadré 3 : Les axes du programme Ecophyto 2018 (Paillotin, 2008)

•**AXE 1** : Évaluer les progrès en matière de diminution de l'usage des pesticides
•**AXE 2** : Recenser, mutualiser et diffuser les systèmes agricoles et les moyens connus permettant de réduire l'utilisation des pesticides
•**AXE 3** : Innover dans la conception de systèmes de production moins dépendants des pesticides et économiquement viables
•**AXE 4** : Former les utilisateurs et sécuriser l'utilisation des pesticides
•**AXE 5** : Renforcer les réseaux de surveillance sur les bioagresseurs et sur les effets non intentionnels des pesticides
•**AXE 6** : Prendre en compte les spécificités des DOM
•**AXE 7** : Réduire et sécuriser l'usage des produits phytopharmaceutiques en zone non agricole
•**AXE 8** : Organiser le suivi national du plan et sa déclinaison territoriale
Lors du dernier comité national d'orientation stratégique, en octobre 2010, un neuvième axe a été présenté : prévention des risques professionnels liés aux produits phytopharmaceutiques.

Le plan Ecophyto 2018 s'inscrit dans la ligne du PIRRP et des recommandations de l'Union européenne, avec un budget annoncé de 206 millions d'euros pour les trois premières années, pour notamment aider 3 000 exploitations pilotes chargées de tester des systèmes agricoles économes en pesticides. Bien que peu de précisions de mise en œuvre soient apportées pour le moment, il semble que l'objectif soit double : il s'agit de diminuer d'une part les volumes de matières actives consommées, et d'autre part, le nombre moyen de traitements phytosanitaires moyens en France. Pour mesurer cela, trois indicateurs sont privilégiés. Un indicateur de pression, dit « NODU », qui correspond au NOmbre de Doses Unitaires spécifiques d'une substance active appliquée, servira de référence au niveau national, toutes cultures confondues. Il rapporte la quantité vendue de chaque substance active à une dose unité qui lui est propre et permet d'apprécier l'intensité du recours aux pesticides. On le calcule grâce aux données de ventes nationales des produits. Le NODU n'a baissé que de 5 à 4,7 de 2001 à 2005 ; il s'agit maintenant de le ramener aux alentours de 2,5. Il est complété par un indicateur de volume QSA (quantité de substances actives). Leur évolution est interprétée en termes de moyenne triennale glissante pour limiter les variations interannuelles. Sur les deux

premières années 2008 et 2009, le NODU ne connaît pas de baisse discriminante, mais une tendance à la baisse se dégage dans un contexte économique tendu (MAP, Note de suivi, 2010). Un Indicateur de fréquence de traitement (IFT) est également prévu pour le suivi des traitements et des pratiques sur le terrain par type de culture. Il correspond au nombre de doses homologuées appliquées par hectare (Butault *et al.*, 2010). Selon les cultures, un socle de départ a été défini ; pour la viticulture, il s'agit de l'enquête Pratiques culturales du SCEES sur l'année 2006 (figure 7).

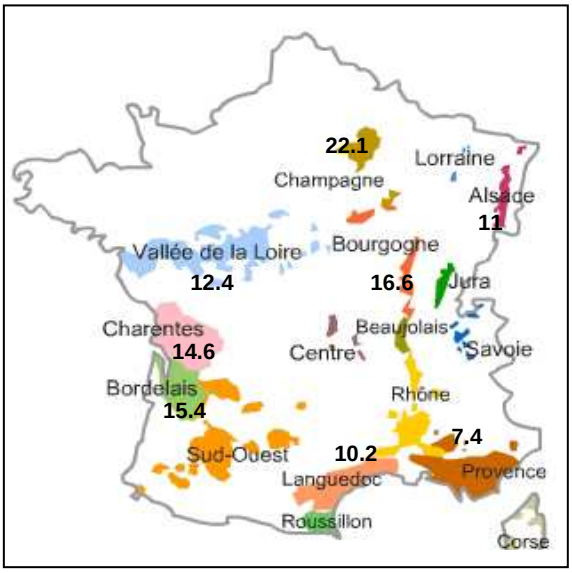


Figure 7 : IFT moyen par région viticole en 2006 (Source : Agreste, 2009)

Ce rapport situe donc bien l'enjeu pour les années à venir : réduire l'utilisation des pesticides. Bien que les marges de manœuvre ne soient pas ciblées par culture, la viticulture, forte consommatrice d'intrants de synthèse, doit se mobiliser pour relever ce défi dans les prochaines années et ne peut occulter l'importance de la demande des pouvoirs publics (Bougherara, 2003 ; Grolleau, 2001 ; Mzoughi, 2005), poussée par ailleurs par la société civile.

2.2. Une remise en cause de l'usage des pesticides par la société civile

Les pouvoirs publics, à travers différentes incitations et réglementations, ne sont pas les seuls à exprimer une demande forte en termes de prise en compte de l'environnement en viticulture. Les consommateurs ont pris conscience, notamment grâce au Grenelle de l'environnement, de la problématique environnementale en viticulture. Toutefois, ils semblent plus préoccupés par la possible présence de résidus phytosanitaires dans le vin que de l'impact des produits chimiques sur l'environnement (2.2.1.). Les riverains se mobilisent également contre les pratiques de pulvérisation phytosanitaire aux abords de leurs habitations afin de préserver leur cadre de vie. En complément des politiques publiques et parfois à leur impulsion, les associations et ONG contribuent à porter les faits sur le devant de la scène pour accélérer la prise de conscience de l'opinion publique (2.2.2.).

2.2.1. Des consommateurs exigeants en matière de qualité des produits, mais vis-à-vis de l'impact sur leur santé plus que sur l'environnement

La consultation du public à l'occasion du Grenelle de l'environnement a été l'occasion pour l'opinion publique de réaffirmer des résultats produits par le baromètre IRSN [45] dès 2004, où 12 % des enquêtés pensaient que la vérité leur était cachée sur les pesticides et accordaient peu de confiance aux autorités sur ce point (Aubertot *et al.*, 2005). Les consommateurs deviennent vigilants quant au contenu de leur verre. Ils souhaitent boire un vin sain, sans résidus de pesticides. La conscience vis-à-vis des pesticides a fait son chemin, notamment grâce à une pression médiatique et institutionnelle entretenue, ce qui est notamment recommandé par la directive cadre européenne sur l'utilisation durable des pesticides. En France, la conscience des consommateurs s'est développée, mais l'impact sur leurs comportements d'achat reste limité : ils déclarent leurs intentions, mais ne les traduisent que rarement en achats effectifs, sauf quand l'effet potentiel concerne la santé de l'individu (Viniflhor info, 2009). Dans l'enquête CCAF [46] (2007), le vin est déclaré comme un produit « présentant un risque pour la santé » par 51 % des Français (en deuxième position derrière la charcuterie). Une étude de Viniflhor menée en

[45] IRSN : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.

[46] CCAF : Consommation et comportements alimentaires des Français, étude menée par le Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie (CREDOC).

2008 par comparaison à une étude de l'ONIVINS menée en 1998 montre que même si l'item « le vin est un produit dont la fabrication, depuis la culture de la vigne jusqu'à la mise en bouteille, est une activité polluante » n'a pas un énorme succès, celui-ci est en nette progression en dix ans (note moyenne de 2,8 à 4,1/10). Toutefois, la perception du vin comme produit « entièrement naturel » est assez mitigée, particulièrement pour les non-consommateurs de vin (note moyenne de 5,6/10). Enfin, l'item selon lequel « dans les vins, on trouve les résidus des engrais, fongicides et insecticides qui ont servi à cultiver la vigne » est en nette augmentation, puisqu'il est considéré comme vrai par 67 % des interrogés en 2008, contre 41 % en 1998. Les consommateurs ne se ruent pas pour autant sur les vins biologiques, mais leur acceptation est en nette augmentation (46 %) selon la même étude.

Se pose donc la question de la reconnaissance et de la potentielle valorisation par les consommateurs du caractère environnemental des vins produits avec moins de pesticides. En ce qui concerne la demande en vins « environnementaux », des travaux ont montré que, contrairement à d'autres productions agricoles, pour lesquelles la demande de produits reconnus comme respectueux de l'environnement ne cesse d'augmenter (le lait, par exemple), la viticulture ne génère pas actuellement une demande importante de vins « respectueux de l'environnement ». Bazoche *et al.* (2008) ont d'ailleurs montré que le consentement à payer des consommateurs français pour des vins de qualité environnementale est très proche de zéro, sauf pour les vins labellisés Agriculture Biologique, où la valorisation potentielle n'est toutefois pas très élevée. Cette tendance est confirmée par une étude portant sur des vins français à caractère environnemental avec des populations situées en Allemagne, au Royaume-Uni, au Canda et aux *USA* (Mueller *et al.*, 2011).

De la même manière, les acteurs des différents circuits de distribution (négociants, coopératives, producteurs, acheteurs de grandes surfaces, cavistes, acheteurs pour la restauration, *etc.*) mettent en avant deux points particuliers concernant l'adoption de pratiques de protection du vignoble économes en intrants phytosanitaires à large échelle par les viticulteurs (Ugaglia et Del'homme, 2009) :

- d'après eux, une éventuelle valorisation de ce type de pratiques est inenvisageable sauf pour la viticulture biologique ;
- les volumes de vin labellisé Agriculture Biologique ne peuvent pas augmenter ou très peu. En effet, la demande qui leur est transmise pour ce type de vin plafonne. Le

marché du bio semble être alors un marché de niche peu amené à se développer dans les conditions actuelles.

Les consommateurs affirment être perdus dans les entre différents labels qui existent et ne leur accordent pas leur confiance, hormis pour le label Agriculture Biologique. Toutefois, on ne saurait en déduire qu'il faut alors prescrire la conversion de la totalité des exploitations viticoles à l'agriculture biologique. Le passage à la suppression pure et simple des pesticides est encore une autre étape qui implique une remise en cause des arbitrages quantités et qualités produites, ce qui n'est pas envisageable pour la grande majorité des exploitations. Il ne paraît donc pas aberrant que les viticulteurs perçoivent mal à ce jour l'intérêt de modifier leurs pratiques ou l'éventuel avantage compétitif qu'il pourrait y avoir dans la modification de leurs pratiques phytosanitaires pour atteindre une réduction de 50 %. Bazoche *et al.* (2009a) notent également que le niveau d'information des consommateurs concernant la problématique environnementale et l'inexistence d'une présence significative de pesticides dans le produit final vin peut influencer le comportement des consommateurs, mais pas toujours dans le sens escompté. En effet, au signalement de l'absence de résidus de pesticides dans le vin (qui n'a à ce jour pas été démontrée de manière satisfaisante au niveau scientifique), les consommateurs semblent se détourner des vins respectueux de l'environnement, dans la mesure où, plus que la préservation de l'environnement, leur principale inquiétude semble concerner leur propre santé. Leur étude semble donc faire ressortir que tant qu'il n'existe pas d'étude scientifique significative démontrant la présence de résidus dans les vins, il n'existe pas non plus de consentement à payer de la part des consommateurs.

On peut donc conclure de ces éléments qu'une réelle demande existe, car les consommateurs sont préoccupés par leur santé. Mais elle ne se traduit pas actuellement par un avantage concurrentiel pour les viticulteurs qui s'inscrivent dans la préservation de l'environnement en réduisant leur utilisation de produits phytosanitaires. En définitive, même s'il existe des facteurs de stabilité dans la perception qu'ont les consommateurs français du vin au sujet d'un certain nombre de points (dimension naturelle et culturelle), leurs connaissances évoluent. Ils se positionnent de plus en plus clairement sur des attentes environnementales fortes sans que cela se traduise par un consentement à payer significatif. Les viticulteurs doivent donc faire face à une demande nouvelle émanant des consommateurs et du législateur qui implique une remise en cause des pratiques culturales viticoles.

2.2.2. Des riverains qui subissent les pratiques phytosanitaires des viticulteurs

L'eau, le sol, l'air, la biodiversité, sont des biens communs, pour lesquels se pose le problème des usages multiples. Les externalités négatives de l'activité viticole se répercutent sur ses riverains ainsi que sur les viticulteurs eux-mêmes, en tant que résidents de ces zones. Les viticulteurs et les autres acteurs présents sur le même territoire ont une conception différente des usages des ressources naturelles localisées dans ces espaces. Ainsi, les différents usagers des espaces ruraux viticoles ont des intérêts divergents quant à l'utilisation de ces espaces et de ces ressources naturelles qu'ils renferment. La cohabitation sur un même territoire de différents types d'acteurs avec des intérêts divergents peut être source de tensions et conduire à l'émergence de conflits en raison des problèmes de voisinage, d'usage et de congestion qu'elle provoque en s'imposant à certaines catégories d'acteurs (Torre et Filippi, 2005). Ainsi, Caron et Torre (2005) identifient l'espace rural comme source de conflit à cause de son caractère multifonctionnel : il supporte plusieurs fonctions (de production, résidentielle, de conservation) qui ont des usages différents, voire concurrents des différentes ressources naturelles.

Dans le cas de la viticulture, l'usage résidentiel de l'espace rural n'est pas compatible avec la pollution des eaux souterraines et de surface par les résidus de produits chimiques. En effet, les acteurs récepteurs de la pollution des bassins viticoles ont à composer avec des eaux polluées, c'est-à-dire où la teneur en résidus de pesticides est élevée, ce qui entraîne des coûts de dépollution élevés supportés par la collectivité. L'utilisation des pesticides nuit également à la qualité de l'air des riverains du fait des nuages dégagés lors des séquences de pulvérisation, bien que ces derniers dépendent de nombreux facteurs (conditions météorologiques, réglage de la pulvérisation). Les riverains font l'objet d'une exposition répétée lors du phénomène de dérive, qui peut avoir lieu au moment de la pulvérisation, ce qui renvoie à la question de l'impact sur leur santé. Le même phénomène de dérive est parfois à l'origine de la présence de pesticides sur des parcelles conduites en agriculture biologique, ce qui peut opposer sur un même territoire viticulture conventionnelle et viticulture biologique (Wyss et Ceiler, 2004). L'utilisation des pesticides est encore moins compatible avec les préoccupations de préservation de la biodiversité sur le territoire, puisqu'elle porte atteinte à la diversité faunistique et floristique des milieux naturels. L'activité viticole, liée au milieu naturel et au terroir, est donc susceptible d'amener, entre les acteurs des espaces ruraux, à des conflits et des

tensions, porteurs d'une demande de changement de pratiques forte de la part des riverains.

Si elle restait confinée au voisinage, peu d'attention serait portée à la question de l'utilisation massive de pesticides en viticulture. Une notion d'engagement des acteurs et de menace est nécessaire pour pouvoir parler de conflit. Peu de conflits environnementaux sont portés au tribunal (Kirat et Melot, 2006) ; de manière générale, ils sont confidentiels (Caron et Torre, 2006), mais, dans le cas de l'agriculture, ils sont en augmentation, avec la pression médiatique du Grenelle de l'environnement notamment. À ce titre, ils ne sont donc pas négligeables. L'importance du désaccord lié à la prise en compte de l'environnement en viticulture tient plutôt à la médiatisation de l'impact négatif des activités sur l'environnement ; la coordination des différents acteurs qui s'opposent à la pollution et mettent en avant les effets négatifs des pratiques phytosanitaires des viticulteurs renforce ainsi le conflit (Bélis-Bergouignan et Cazals, 2006). Les riverains, récepteurs des impacts négatifs de l'utilisation de produits phytosanitaires, sont en cela précédés ou appuyés par un certain nombre d'organismes comme des associations écologistes, mais également des instituts spécialisés dans les impacts environnementaux des activités humaines (IFEN, ADEME [47]). Le conflit prend alors une dimension plus large, pouvant même être relayé au niveau national par des associations aussi bien que par les pouvoirs publics ; il ne s'agit alors plus de différends localisés sur les zones de production, mais concernant l'ensemble du territoire français. L'actualité récente permet d'illustrer cela dans la mesure où de plus en plus régulièrement, les journaux font état d'actions de résidents du milieu rural qui s'associent et portent devant les tribunaux les pratiques phytosanitaires des agriculteurs. On peut par exemple citer le cas récent de la création de l'association des victimes des pesticides le 19 mars 2011 à Ruffec en Charente et appelée « Générations futures ». Ainsi, l'ensemble de la population prend conscience de l'existence de problèmes environnementaux dans les territoires ruraux et peut se faire le relais des revendications des riverains et autres ONG dans leurs actes de consommation (achats responsables).

L'utilisation massive de pesticides en viticulture soulève donc des tensions avec les acteurs de la société civile. Non seulement les consommateurs s'inquiètent des résidus potentiels de pesticides qu'ils peuvent trouver dans le vin qu'ils consomment, mais les

[47] ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

riverains font aussi entendre leur voix, parfois par le biais d'associations ou d'ONG, et s'inquiètent de l'impact environnemental des pratiques phytosanitaires sur leur cadre de vie. Ainsi, ils se font le relais d'une demande forte en matière de changement, parfois même en amont de l'établissement des politiques publiques. Mais malgré cette demande forte émanant de la société civile, il semble que les pratiques évoluent peu car il existe un verrouillage technologique fort pour les viticulteurs.

3. Une dynamique qui a conduit les viticulteurs à une situation de verrouillage technologique

Les sollicitations des différents acteurs du secteur n'ont pas encore abouti aux changements escomptés, dans la mesure où même si les conditions d'engagement de certains viticulteurs sont réelles bien que différenciées, elles restent insuffisantes, depuis plus d'une vingtaine d'années que les enjeux environnementaux sont portés sur le devant de la scène par les institutions. Malgré ces différentes pressions subies par le secteur viticole, les viticulteurs sont bloqués par un effet de *lock-in* (ou de verrouillage technologique) vis-à-vis des pesticides (3.1). Dans une majorité d'exploitations, les programmes de protection phytosanitaire sont donc conduits selon une stratégie d'assurance qui débouche sur des effets négatifs sur le plan environnemental ou contribue à la sélection de souches de bioagresseurs résistantes aux pesticides. La protection de ces exploitations est qualifiée de « conventionnelle », en ce sens qu'elle est la plus répandue et définit donc le paradigme technologique actuel en viticulture (3.2).

3.1. Un *lock-in* intense en faveur de l'utilisation des pesticides

Bien que les viticulteurs soient parfaitement conscients des enjeux que nous avons décrits jusqu'à présent, les pratiques viticoles actuelles ne s'inscrivent pas dans les objectifs fixés par les pouvoirs publics (3.1.1.). Les travaux théoriques menés en économie évolutionniste sur la concurrence technologique et les effets de verrouillage (Cowan, 1990 ; David, 1985), et plus particulièrement l'étude de Cowan et Gunby (1996), offrent un éclairage sur le processus qui a mené au *lock-in* dans lequel sont enfermés les viticulteurs en ce qui concerne l'utilisation des pesticides (3.1.2.).

3.1.1. Des pratiques viticoles qui peinent à prendre en compte l'environnement

Malgré des éléments de contexte qui tendent fortement vers le changement, on constate ces dernières années que, bien que la prise de conscience des viticulteurs soit réelle et que des évolutions semblent en marche, celles-ci sont bien trop limitées pour que l'on puisse observer des modifications dans l'utilisation des pesticides. La majorité des remaniements des pratiques qui sont mis en œuvre le sont de manière volontaire, et donc non contrainte. Bélis-Bergouignan et Cazals (2006) les analysent grâce au concept de démarches environnementales volontaires (DEV). Ces dernières correspondent à des ensembles de règles structurées rendant effective la coordination des acteurs et sont concrétisées dans les différentes chartes et cahiers des charges relevant de l'amélioration des pratiques en viticulture ; elles représentent donc une opportunité pour les viticulteurs qui souhaitent améliorer leurs pratiques. Le concept de DEV permet de rendre compte de la diversité des modes de production de raisins engagés dans une démarche volontaire de protection de l'environnement et de meilleure gestion des ressources naturelles. Les résultats montrent que, si l'on peut différencier deux grands types de démarches que sont la viticulture raisonnée et la viticulture biologique, il existe une grande hétérogénéité des pratiques au sein de chacun (2 pour la viticulture biologique, 7 pour la viticulture raisonnée). Les DEV permettent de mettre en évidence des conditions d'engagement différentes dans ces démarches. Certaines reposent essentiellement sur le respect du socle réglementaire existant sans aller beaucoup plus loin, comme la viticulture raisonnée. D'autres, comme la viticulture biologique, tiennent moins à l'anticipation de la réglementation qu'à des convictions personnelles des viticulteurs et à une volonté forte de préserver les ressources naturelles dans une démarche plus engagée. La mise en évidence de conditions d'engagement différenciées peut être utile pour la mise au point de politiques publiques qui viendraient favoriser la mise en œuvre d'une viticulture plus respectueuse de l'environnement ; mais la diversité des démarches pose la question du choix de la voie à favoriser. Elle entraîne en outre un manque de lisibilité, aussi bien pour les consommateurs que pour les opérateurs des circuits de distribution (Bazoche *et al.*, 2008 ; Ugaglia et Del'homme, 2009).

Leur extension reste de plus très limitée. Jusqu'à présent, l'agriculture raisonnée a été mise en avant par le décret du 25 avril 2002 [48]. Cette démarche a ainsi permis de réduire

[48] Le décret de la qualification des exploitations au titre de l'agriculture raisonnée n° 2002-631 du 25 avril 2002 a été publié au *Journal Officiel* n° 100 du 28 avril et donne une définition officielle de l'agriculture raisonnée.

partiellement la pollution par les pesticides. Les efforts ont porté sur l'amélioration des conditions de traitement phytosanitaire et sur l'élimination des problèmes de pollution ponctuelle identifiés dans les exploitations. Mais parmi les 28 000 agriculteurs qualifiés au titre de l'agriculture raisonnée, la part de la viticulture est faible : 500 viticulteurs adhèrent au réseau Terra Vitis [49] et 1 000 au réseau Farre [50] (2 % des exploitations viticoles). Or, aujourd'hui, la nécessité de réduire l'impact environnemental des traitements phytosanitaires implique des actions allant au-delà de la réglementation pour aborder la pollution diffuse à la source. Il s'agit alors de réduire l'utilisation même de ces produits. L'attention se porte maintenant vers d'autres démarches, comme la viticulture biologique (Paillotin, 2008), sans que soient formalisés les outils réglementaires pour les accompagner. La viticulture biologique regroupe environ 1 900 viticulteurs représentant 4,3 % des exploitations professionnelles et 2,7 % des surfaces viticoles (Agence Bio, 2007). 80 % des exploitations ne suivent aucun cahier des charges (Agreste, 2009). Il semble donc que, même si les démarches volontaires offrent un cadre et des opportunités intéressantes pour les viticulteurs qui souhaitent améliorer leurs pratiques, la majorité d'entre eux reste réticente au changement de comportement en matière de protection du vignoble (Saint-Gès, 2006a).

Malgré une prise de conscience et les efforts réalisés à différents niveaux, l'intégration de la dimension environnementale dans les exploitations viticoles reste insuffisante. Les démarches préconisées par la recherche et les instituts techniques restent d'une extension modérée. Les mentalités changent, mais l'évolution des pratiques techniques des viticulteurs vers une réelle prise en compte de l'environnement se fait de manière lente et ponctuelle, et l'environnement ne constitue pas une priorité pour les viticulteurs. Ainsi, le processus d'évolution des pratiques de protection des plantes en fonction de la voie suivie depuis les années 1960 a conduit à une situation de *lock-in* dans laquelle les pesticides constituent la technologie dominante et sont utilisés par la grande majorité des viticulteurs.

[49] Terra Vitis : Fédération nationale de viticulteurs promouvant la viticulture raisonnée, et identifiée par un logo.

[50] Farre : Forum de l'agriculture raisonnée respectueuse de l'environnement, association interprofessionnelle nationale ayant pour but de promouvoir et de généraliser l'agriculture raisonnée, identifiée par un logo.

3.1.2. Des mécanismes économiques à l'œuvre

Pour expliquer le phénomène de verrouillage technologique auquel sont confrontés les viticulteurs, le premier point mis en avant au niveau théorique est que l'avantage de l'adoption de toute une technologie augmente avec le nombre d'adoptants, grâce à des rendements croissants d'adoption (Arthur, 1989). Ainsi, la technologie est améliorée au fur et à mesure de son adoption et les avantages de l'adoption de augmentent en même temps que le nombre d'utilisateurs. Au niveau des exploitations, l'utilisation des pesticides a été améliorée et la pratique est devenue de plus en plus attrayante pour les agriculteurs qui n'avaient pas encore adopté cette technologie. Plus les agriculteurs ont utilisé des pesticides, plus ils ont gagné en expérience, et plus leur utilisation de ces pesticides s'est améliorée. Grâce à ces rendements croissants d'adoption, cette technologie a été choisie de plus en plus fréquemment, ce qui peut avoir entravé la diffusion de certaines autres technologies, peut-être de niveau technologique supérieur et potentiellement moins polluantes pour l'environnement. Comme la diffusion des pesticides s'est avérée relever d'un mécanisme d'autorenforcement, les pesticides ont avancé rapidement le long de la courbe d'apprentissage. Dans le même temps, il est clair que, comme la mise en œuvre des pratiques de protection des cultures antérieures a diminué progressivement, elles ont été oubliées par les viticulteurs. Les expériences d'apprentissage ont permis de remplacer les techniques précédentes, améliorant ainsi la base de connaissances générales sur les pesticides et leur utilisation dans la protection du vignoble. Cette spécialisation dans l'utilisation des pesticides a contribué à imposer l'idée qu'il n'y avait pas d'alternative satisfaisante à la protection chimique ; il est ainsi devenu de plus en plus difficile et coûteux de passer à une autre technologie, d'autant que ces pratiques étaient fortement encouragées par les politiques publiques et autres acteurs de la filière dans les années 1950. Les pesticides ont également été soumis à des rendements croissants d'adoption dans l'industrie chimique, où les effets d'apprentissage de nouvelles substances actives ont pu être observés dans la R & D d'un point de vue dynamique. De même, mais d'un point de vue plus statique, l'industrie chimique a bénéficié d'économies d'échelle dans la fabrication de pesticides (Cowan et Gunby, 1996). L'augmentation du rendement d'adoption a été, par conséquent, une importante force motrice pour le *lock-in* dans les pesticides.

Deuxièmement, un autre facteur influant sur la concurrence entre les technologies est la réduction des incertitudes productives pour l'entreprise et le développement de la confiance des utilisateurs (Arthur, 1991 ; Cowan, 1991). Plus les pesticides ont été adoptés par les agriculteurs, plus ils sont devenus connus, tout comme leur réelle efficacité pour la protection des cultures. Ainsi, les agriculteurs ont rapidement compris que cette technologie était efficace pour résoudre leurs problèmes de parasites, sentant qu'elle était supérieure à ce qu'ils croyaient au départ ou à ce que les autres technologies de remplacement étaient en mesure de leur apporter. Dans le même temps, les croyances au sujet d'autres technologies et techniques n'ont pas évolué. Elles ont été sous-développées par les firmes amont dans leurs programmes de R & D, et n'ont pas ou plus fait l'objet d'expérimentations par les organisations professionnelles et les services de vulgarisation. Les connaissances sur ces alternatives, qu'elles soient techniques ou économiques, n'ont fait jusqu'à présent l'objet que de peu d'études. Par conséquent, toutes ces pratiques ont été de moins en moins utilisées par les agriculteurs, tandis que les pesticides ont eu tendance à montrer une supériorité de plus en plus grande. Cela a conforté les agriculteurs dans leur conviction que les pesticides leur offraient la meilleure forme de protection du vignoble. Ce phénomène a été renforcé par les conseillers intervenant sur les exploitations dans la mesure où de leur point de vue, la mise en œuvre et la valorisation d'une technique qu'ils connaissent très bien est synonyme de réduction de l'incertitude pour les viticulteurs, ce qui est très important dans leur métier. Ils ont donc plutôt intérêt à conseiller les viticulteurs sur une pratique dont ils sont sûrs, ce qui réduit à la fois l'incertitude du producteur, mais aussi celle du conseiller lui-même dans les résultats qu'il obtient en relation avec le service apporté.

En ce qui concerne la troisième force motrice du *lock-in*, elle est liée à la coordination et aux externalités de réseau entre les entreprises (Rosenberg, 1982), particulièrement prégnantes en agriculture. Aujourd'hui, presque tous les producteurs utilisent des pesticides, ce qui revient à un vaste réseau. L'avantage d'utiliser des pesticides augmente avec le nombre d'utilisateurs qui, à son tour, augmente avec le nombre d'agriculteurs dans le réseau. Ils bénéficient tous de l'expérience et de la connaissance des autres producteurs, de la coordination technique et du développement des services de vulgarisation. L'accumulation de compétences spécifiques par rapport à la production et à l'expérience du marché a ainsi un impact positif sur le taux d'adoption des innovations (Arrow, 1962). Les viticulteurs n'ont donc aucun intérêt à quitter ce vaste réseau afin d'adopter une autre technologie, sans d'abord savoir s'ils seraient les seuls ou non à le

faire. Il n'est pas dans leur intérêt de prendre le risque de quitter des pratiques connues et maîtrisées pour adhérer à un petit réseau : ils n'auraient pas les mêmes avantages que dans le précédent, et auraient à supporter les coûts potentiels d'un changement décidé de leur propre chef, ou encore à accepter des profits en diminution, au moins au moment du changement.

Le *lock-in* des viticulteurs est donc tiré par trois forces motrices : des rendements croissants d'adoption, la réduction des incertitudes productives et les externalités de réseau. Les viticulteurs sont donc peu incités à modifier leurs pratiques, d'autant que les spécificités du secteur ne se prêtent pas à une régulation facile.

3.1.3. Des difficultés de régulation inhérentes à la structure du secteur

En viticulture, même s'il semble que les exploitations sont loin d'avoir toutes atteint la conformité avec la réglementation en vigueur (Saint-Gès, 2006a), les normes sur le traitement des effluents ont par exemple permis l'amélioration de l'impact environnemental des pratiques des viticulteurs. Mais les outils appliqués ont surtout porté sur l'amélioration des pollutions ponctuelles plutôt que sur les pollutions diffuses, pour lesquelles un plan d'action est plus compliqué à mettre en œuvre. Si on s'intéresse à l'effet des réglementations environnementales et des différents outils de politique publique par rapport à un critère d'efficacité dynamique, on peut distinguer les instruments dits de « *command and control* » (normes), les instruments économiques (taxes, redevances, permis, subventions) et les initiatives visant à dépasser la réglementation (Grolleau, 2002). Le paysage réglementaire agricole et viticole est relativement complexe et évolue assez rapidement : il est donc particulièrement dur à suivre pour les viticulteurs sans un système de veille réglementaire permanent. Ensuite, la mise en place de normes en matière de pollution diffuse est relativement compliquée pour les pouvoirs publics. L'utilisation de normes, comme dans l'industrie chimique, reste rare en viticulture puisque nous sommes sur des questions de pollution diffuse et que les contrôles posent problème pour deux raisons majeures : d'une part, il est quasiment impossible de relier une pollution diffuse à une exploitation en particulier en raison même de sa nature, qui empêche d'associer pollueurs et pollution constatée ; d'autre part, le nombre important d'exploitations sur le territoire constitue une limite à

l'application de tels instruments réglementaires. Il est en effet difficile d'envisager le contrôle exhaustif de toutes les exploitations, d'autant qu'elles sont disséminées sur le territoire ; cela constitue un frein à la mise au point de normes d'émission ou de pollution comme il en existe dans l'industrie chimique par exemple. En ce qui concerne la réduction des pesticides, les taxes sur les produits phytosanitaires sont souvent citées dans la littérature comme un outil à envisager. Certaines études montrent toutefois que le niveau de taxe nécessaire pour être efficace n'est pas réaliste (Deola et Fleckinger, 2008). On observe d'ailleurs, en l'absence d'étude empirique sur le sujet, que les augmentations importantes et récentes dans le prix des intrants chimiques n'ont pas entraîné de baisse significative de leur consommation [51]. Ainsi, bien que les politiques publiques française et européenne affichent clairement des ambitions en termes de réduction de la pollution phytosanitaire et de l'usage des pesticides (en agriculture en général et en viticulture en particulier), peu d'effets sont observés sur les pratiques phytosanitaires des viticulteurs. Les instruments traditionnels des politiques environnementales (normes, taxes, subventions, *etc.*), dont certains sont appliqués dans le cas de la viticulture, semblent assez mal adaptés à la problématique de la protection phytosanitaire (Falconer, 1998). De plus, la faiblesse des enveloppes soulignée par certains auteurs (*op. cit.*) ainsi que la dualité qu'ont parfois les orientations des politiques agricoles – entre libéralisation du secteur et accroissement des normes, environnementales notamment (Allaire, 2002 ; Rivaud, 2008) –, ajoutées à la difficulté de la mesure des progrès accomplis, font qu'il est difficile de mettre en évidence des résultats significatifs et discriminants ces dernières années dans l'évolution des pratiques des viticulteurs.

Le verrouillage technologique a donc pris naissance et évolué suite à la conjonction de plusieurs facteurs – les rendements croissants d'adoption des pesticides, la réduction de l'incertitude et les externalités de réseau. La conjonction de ce *lock-in* et des difficultés de régulation dans ce secteur ont depuis abouti au paradigme de la chimie en protection des cultures.

[51] Nous rappelons que la diminution relativement faible des quantités de pesticides utilisées au cours des dernières années est plus souvent attribuée au retrait d'un nombre important de substances ainsi qu'à la mise sur le marché de molécules efficaces à de plus faibles dosages.

3.2. Un paradigme phytosanitaire bien établi et difficile à dépasser

La situation de verrouillage technologique dans laquelle se trouvent les viticulteurs, qui a conduit à une utilisation généralisée des pesticides en viticulture, est analysée au travers du concept de paradigme, qui conditionne les modalités du changement technique aujourd'hui (3.2.1.). Mais la nécessité de réduire l'utilisation des pesticides passe par une évolution des pratiques contrainte par les spécificités du potentiel d'innovation dans le secteur viticole (3.2.2.).

3.2.1. Le paradigme des pesticides

La notion de paradigme technologique est caractéristique de l'approche évolutionniste. Il représente l'un des outils de l'analyse évolutionniste, en ce sens qu'il se focalise sur le processus du changement. Dans les années 1980, Dosi (1982) a proposé et utilisé ce concept pour étudier le changement technologique dans une perspective économique. Si on considère les activités d'innovation comme des activités de résolution d'un problème, les firmes explorent l'ensemble des possibles pour essayer de développer de nouvelles connaissances et procédures débouchant sur une innovation. Dosi (1982) définit cet ensemble explorable et limité de solutions pour la firme comme un paradigme technologique. Il s'agit d'un modèle de solutions à des problèmes technologiques et économiques sélectionnés, reposant sur des principes scientifiques hautement sélectionnés, dérivés des sciences naturelles, conjointement avec des règles spécifiques conçues pour acquérir de nouvelles connaissances et les préserver autant que possible contre une diffusion rapide aux concurrents (Gaffard, 1990). Le paradigme technologique définit donc le cadre dans lequel vont pouvoir se développer les innovations et détermine le potentiel de développement technologique à partir duquel se développent les recherches et les nouvelles technologies. Il définit le contexte, les besoins à satisfaire, les principes scientifiques utilisés, les grandes directions à suivre et les technologies à utiliser, mais pour certains problèmes seulement. En définissant certaines questions pour cadrer le progrès technique, il en exclut forcément d'autres. Les nouvelles opportunités offertes par un paradigme ne concernent donc que les réponses à certaines questions. Seul un ensemble d'innovations radicales, de recherches scientifiques et de nouvelles pressions externes peuvent conduire à un changement de paradigme (par exemple : passage d'un paradigme chimique conventionnel à un paradigme vert).

Ce modèle de résolution des problèmes phytosanitaires constitue le paradigme des pesticides tel que défini par Saint-Gès et Belis-Bergouignan (2009). Il nous permet de pointer le fait que la majorité des producteurs utilisent exclusivement des produits chimiques de synthèse pour la protection des vignobles. Cela étant, tout progrès technologique est, en conséquence, vu exclusivement à travers le prisme du paradigme technico-économique des pesticides. Toute éventuelle évolution des techniques de protection de la vigne est limitée par la base de connaissances des viticulteurs et leurs compétences existantes. Les exploitations suivent des trajectoires technologiques [52] dans un processus cumulatif le long duquel leurs actions actuelles dépendent des actions et des compétences développées dans le passé. L'évolution technologique est le produit d'un processus antérieur et dépend du savoir-faire, des connaissances et des compétences technologiques acquis par les vignerons dans le passé. Le processus de changement de pratiques des producteurs correspond donc à des trajectoires technologiques intégrées dans le paradigme des pesticides. Comme les entreprises de l'industrie phytosanitaire en amont ont elles aussi concentré leurs efforts de R & D sur la maîtrise du développement des produits chimiques de synthèse, leurs propres nouvelles pratiques dépendent grandement de celles qui ont été mises en œuvre auparavant. Ce paradigme contraint donc les changements technologiques, ce qui lui donne un seul sens, fondé sur la spécificité de la base de connaissances développée depuis la période post-guerre par les exploitations agricoles et les entreprises de l'industrie de la protection des plantes. C'est pourquoi ce paradigme et ces pratiques chimiques ont prévalu depuis.

3.2.2. Une évolution des pratiques phytosanitaires limitée par le paradigme des pesticides

Les exploitations viticoles sont toutefois confrontées à la nécessité de modifier leurs pratiques. Le déroulement d'un paradigme dans le temps est représenté par la trajectoire technologique des entreprises, qui se définit comme le cheminement suivi par l'activité de changement et dont la direction est mal connue au départ (ce qui reflète la notion d'incertitude liée à l'innovation, notamment en début de paradigme). Au sein d'un même paradigme, plusieurs trajectoires technologiques peuvent se dérouler, qui ne sont pas forcément toutes optimales pour les exploitations à cause des contraintes

[52] Une trajectoire technologique représente le sens de la résolution de problèmes (les progrès) dans le cadre d'un paradigme technologique (voir Dosi, 1988).

d'apprentissage et de leur chemin passé. Tout au long de sa trajectoire, une exploitation établit un compromis entre technologie et contraintes économiques. L'arbitrage est très fort, car il est plus facile pour les exploitations de rester sur une trajectoire connue (et donc, guidée par des routines – ici, des routines phytosanitaires) que d'en changer, sauf à avoir de bonnes raisons.

Or, dans le cas de la viticulture, les exploitations viticoles disposent de peu de marge de manœuvre pour concilier contraintes environnementales et économiques. La mise en œuvre de la réduction des pesticides doit s'accompagner de la satisfaction d'autres objectifs prégnants dans le contexte de crise viticole actuelle, comme le maintien des coûts de production à un niveau relativement bas et le maintien du niveau de qualité exigé par les cahiers des charges des appellations viticoles. Dans la mesure où le secteur viticole, auquel nous nous intéressons ici, est confronté à des rendements plafonnés et à une atomisation du secteur qui empêche les économies d'échelle malgré les concentrations-restructurations de ces trente dernières années (Pailler, 2004), les viticulteurs disposent de peu de leviers pour gérer les contraintes économiques inhérentes au changement technique. Le seul élément de gestion qu'ils peuvent espérer maîtriser est leur coût de production (Samie, 1995). Le coût du changement de pratiques (besoin de compétences, investissements) est une donnée non négligeable et ce sont donc souvent les considérations économiques qui guident les choix plus que la technologie (ou l'environnement). Ces éléments font que dans ce cadre, bien qu'un changement de paradigme soit nécessaire en termes d'utilisation des pesticides, les exploitants se trouvent actuellement dans une impasse technique et économique.

Les innovations de produits de remplacement des pesticides sont limitées à moyen terme. Il est clair que les entreprises de l'industrie en amont ont joué un rôle majeur dans le développement du paradigme technologique actuel, mais il semble que, de nos jours, les possibilités technologiques pour développer de nouvelles substances actives soient plus rares (Bernard et Rameil, 2006). Le potentiel de découverte de nouvelles substances actives n'est pas infini, et l'apparition de résistances aux molécules de synthèse de plus en plus nombreuses de la part des bioagresseurs (y compris les résistances croisées entre des molécules appartenant à des familles chimiques différentes) risque de réduire l'intérêt des produits existants (Regnault-Roger, 2005). Le contexte de renforcement de la réglementation au sujet de l'homologation des produits (qui tend à augmenter les durées et les coûts de développement, *i. e.* environ dix ans de recherche et 200 millions d'euros avant la mise en marché d'un produit (UIPP, 2008)) incite peu les firmes phytosanitaires à

innover. Des percées technologiques semblent donc peu probables dans un avenir immédiat, même si les entreprises tendent à améliorer de manière incrémentale les substances actives existantes et la formulation de leurs produits. Certaines firmes se sont orientées vers des innovations en matières actives d'origine biologique, mais les résultats sont jusqu'à maintenant peu satisfaisants (spécificité d'action, efficacité différée, contraintes d'homologation, problèmes d'application, innocuité remise en cause). Dans une perspective de nombre de substances actives réduit, l'attention se porte sur d'autres innovations comme les hybrides et organismes génétiquement modifiés, qui sont actuellement interdits et posent des problèmes de qualité des vins produits et sont relativement mal acceptés socialement en France. Par exemple, une étude de Viniflhor montre que la plupart des Français sont hostiles à un vin élaboré à partir de raisins issus de la recherche génétique (54 %).

Dans la mesure où il n'y a pas d'alternative aux fongicides disponible, les viticulteurs n'ont d'autres choix que de continuer à les utiliser. Mais ils doivent modifier leurs processus de protection du vignoble actuels pour arriver à utiliser moins de fongicides tout en préservant le potentiel de production viticole. Ainsi, la technologie dominante ne peut pas être remplacée, mais elle doit être utilisée et raisonnée de manière différente.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre nous a permis de mettre en évidence les spécificités de la problématique de la réduction des pesticides dans le secteur viticole. La viticulture française est une consommatrice particulièrement importante de ces produits. Cela tient notamment à la nécessité d'augmenter et d'assurer les rendements suite à l'invasion de l'Europe par deux maladies fongiques : l'oïdium et le mildiou. Les pesticides utilisés pour lutter contre ces maladies ont des effets dénoncés sinon démontrés sur l'environnement et la santé des applicateurs et des consommateurs. Pourtant, malgré des pressions pour le changement de pratiques émanant de l'Union européenne, des politiques publiques françaises, mais aussi de la société civile, les exploitations viticoles sont enfermées dans un *lock-in* vis-à-vis des pesticides. Cette situation résulte d'un processus d'évolution technologique et institutionnelle *path-dépendant*. Plusieurs mécanismes sont à l'œuvre, aussi bien liés aux spécificités agronomiques de la culture de la vigne qu'aux effets microéconomiques de cette technologie dans les exploitations, à la dynamique du secteur viticole ainsi ou aux incitations macroéconomiques qui émanent des pouvoirs publics. À ce stade, différents niveaux de la sphère économique et du système technologique sont à l'œuvre et ont une action conjointe sur les pratiques des viticulteurs. Cela montre que le remplacement de pratiques phytosanitaires existantes par de nouvelles pratiques prenant en compte les enjeux environnementaux n'est ni linéaire ni automatique. Les viticulteurs sont donc aujourd'hui face à un réel défi : arriver à concilier leurs impératifs productifs en termes de quantité et de qualité des vins produits, avec la prise en compte de l'environnement dans leurs pratiques.

Nous venons de montrer le besoin et la nécessité du changement de pratiques phytosanitaires en viticulture, et ce, à différents niveaux : environnemental, institutionnel et sociétal. Alors que la demande devient de plus en plus pressante, il s'agit maintenant de s'intéresser aux déterminants qui permettraient aux viticulteurs de sortir du *lock-in* et d'adopter de nouvelles pratiques phytosanitaires dans le cadre fixé par le gouvernement français (- 50 % d'ici à 2018). Nous nous situons dans le cas d'un changement de pratiques nécessaire en l'absence d'alternative à ce qui est actuellement fait dans les entreprises viticoles. Les viticulteurs sont ainsi confrontés à un besoin de modification du processus de protection phytosanitaire existant pour protéger la culture en continuant d'utiliser des

pesticides, mais de manière différente. Nous proposons donc de bâtir un cadre théorique pour l'analyse du changement technique nécessaire en viticulture, afin de caractériser la réduction des pesticides et d'analyser les modalités de sa mise en œuvre dans les exploitations viticoles.

Chapitre 2 :

Une conceptualisation évolutionniste du changement de pratiques phytosanitaires en viticulture

Introduction du chapitre

Les théories évolutionnistes ont pour principale ambition de comprendre l'émergence de la nouveauté et d'interpréter le changement, tout en prenant en compte l'environnement et l'histoire des systèmes considérés. Elles s'inspirent notamment de phénomènes décrits dans d'autres disciplines, comme la biologie et la physique, et ont permis en leur temps un renouveau des disciplines économiques. Leur apport dans la définition et l'interprétation du changement technologique a permis d'aborder différemment les questions d'innovation par rapport aux analyses menées dans des approches plus classiques. Nous ne cherchons pas ici à faire le point sur les différents courants en économie ou sur les débats existants au sein des théories évolutionnistes. Nous construisons, dans ce chapitre, une grille d'analyse du changement qui nous permette d'aborder la question de la réduction des fongicides en viticulture et de comprendre les déterminants de sa mise en œuvre. L'objectif est de présenter les apports que peut avoir une analyse en termes de dynamique industrielle pour comprendre la problématique des déterminants de la réduction des fongicides en viticulture.

Nous avons vu au chapitre précédent que l'intégration d'un certain nombre de concepts fondateurs de l'approche évolutionniste, tels que le paradigme, la trajectoire technologique, le *lock-in* et les routines, est nécessaire pour comprendre les problèmes posés par la protection phytosanitaire et l'utilisation de fongicides telles qu'elles existent de nos jours en viticulture méridionale. Nous montrons dans ce chapitre que d'autres concepts mis en avant par l'approche évolutionniste sont essentiels pour analyser et comprendre quels sont les déterminants de la réduction des fongicides en viticulture. En premier lieu, les questions de changement de pratiques phytosanitaires dans les exploitations viticoles peuvent être abordées à travers le concept d'innovation, et plus particulièrement d'innovation environnementale. Nous montrons que pour différencier les innovations environnementales de réduction des pesticides, il est possible de les distinguer à travers une typologie grâce à différents critères (degré de nouveauté, intensité de l'innovation, champ d'application, portée de l'innovation, *etc.*). La lutte raisonnée, la lutte intégrée et la lutte biologique sont ainsi présentées et décrites en termes d'innovations environnementales. Cela nous permet d'identifier l'*Integrated pest management* (*IPM*) comme étant l'innovation la plus à même de permettre aux

viticulteurs de relever le défi que constitue la réduction des pesticides. Nous analysons ensuite les déterminants du changement dans les exploitations dans un cadre évolutionniste, en montrant la nécessité de se focaliser sur les opportunités technologiques qui s'offrent aux exploitations.

Nous montrons également, dans la lignée de Pavitt (1984) et Malerba (2002), l'intérêt d'une approche sectorielle pour étudier ces opportunités technologiques. L'agriculture est un secteur dominé par l'offre d'innovation, ce qui a conduit à souvent laisser de côté l'analyse du processus d'innovation des exploitations. Toutefois, les spécificités de la réduction des fongicides en viticulture nous amènent à considérer l'intérêt d'analyser le processus d'innovation des exploitations viticoles au niveau microéconomique. Il s'agit notamment de comprendre comment les exploitations explorent les opportunités technologiques qui leur sont offertes. Elles doivent pour cela modifier leurs routines afin d'y incorporer des connaissances et compétences tacites, et de s'approprier de nouvelles règles de décision. Elles mettent donc en œuvre des processus d'apprentissage. Dans des exploitations qui ne formalisent aucun processus de R & D, les processus d'apprentissage passent notamment par des interactions avec un certains nombre d'acteurs du secteur. La mobilisation des concepts de proximité nous permet enfin de montrer que l'inscription spatiale de cette activité donne une importance particulière aux acteurs des territoires viticoles pour la réduction des pesticides. La grille d'analyse ainsi construite nous permet de déboucher sur l'hypothèse centrale de notre thèse, à savoir que les questions d'apprentissage sont au cœur du processus de changement de pratiques phytosanitaires dans les exploitations viticoles et que l'apprentissage externe local est un ressort essentiel pour la réduction des pesticides en viticulture.

Ce chapitre comporte trois sections. La première section met en exergue l'intérêt du concept d'innovation pour décrire le changement lié à la réduction de l'utilisation des pesticides. Nous montrons plus précisément que le concept d'innovation environnementale se prête bien à l'analyse de la réduction des fongicides en viticulture. À travers des éléments de caractérisation des innovations, nous présentons alors les trois innovations environnementales qui constituent des opportunités technologiques pour les viticulteurs (lutte raisonnée, *IPM*, lutte biologique). Nous discutons enfin les déterminants des innovations environnementales traditionnellement mis en avant dans les analyses de dynamique industrielle au regard des spécificités de la réduction des fongicides en viticulture : réglementation, demande et opportunités technologiques.

Dans une deuxième section, nous positionnons notre travail par rapport aux déterminants de l'approche évolutionniste en recentrant notre analyse sur la question des processus d'apprentissage des viticulteurs. D'une part, nous montrons l'intérêt d'une analyse sectorielle centrée sur le processus d'innovation des exploitations viticoles plutôt que des firmes ou instituts amont, compte tenu des spécificités du secteur et des innovations environnementales considérées. D'autre part, la nécessité de modifier les routines des exploitations nous amène à faire un focus sur le fort besoin en connaissances et compétences nouvelles dans les exploitations. À la croisée de ces deux éléments, nous prenons en compte les spécificités du secteur en termes d'apprentissage et modélisons celui-ci sous forme d'apprentissages interne et externe. Enfin, nous concluons la section sur l'importance des interactions pour la mise en œuvre de la réduction des pesticides en viticulture.

Nous proposons dans une troisième section d'analyser de manière plus fine les processus d'apprentissage des viticulteurs en conceptualisant la manière dont ils se déroulent dans les exploitations viticoles. Le caractère pérenne et localisé de la culture dans des bassins de production est une caractéristique forte de ce secteur. Dans ce cadre, nous montrons que la combinaison des proximités géographique et organisée sur les territoires viticoles est essentielle pour le développement de processus d'apprentissage efficaces et favorables à la réduction des fongicides en viticulture. Nous concluons le chapitre en montrant que les acteurs locaux du secteur positionnés sur le territoire sont les plus à même d'accompagner les viticulteurs dans le changement de pratiques phytosanitaires.

1. La réduction des pesticides en termes d'innovations environnementales

Central dans l'approche évolutionniste, nous montrons dans cette section en quoi le concept d'innovation est pertinent pour aborder la réduction des fongicides en viticulture. Les pratiques phytosanitaires économes en intrants sont en effet nouvelles, au moins pour les viticulteurs qui les adoptent. Elles ne se substituent pas complètement à l'utilisation des pesticides et constituent ainsi des innovations incrémentales qui impactent le processus de production de raisin (1.1.). L'approche évolutionniste offre une analyse des innovations environnementales qui leur confère une spécificité par rapport à l'objet sur lequel elles portent et qui nous conduit à identifier et caractériser trois

innovations potentielles pour la réduction des fongicides en viticulture. Nous mettons ainsi en évidence l'*IPM* comme innovation susceptible de répondre aux enjeux auxquels la viticulture doit faire face (1.2.). Deux éléments explicitent plus particulièrement les difficultés observées pour le déroulement des processus d'innovation environnementale des firmes : une incertitude renforcée et un effet de double externalité (1.3.). Enfin, nous nous intéressons aux facteurs susceptibles de favoriser ces innovations, compte tenu de leurs caractéristiques, à travers une présentation et une discussion autour des déterminants des innovations environnementales dans notre cas d'étude (1.4.).

1.1. La réduction des pesticides nécessite des innovations de processus incrémentales

Dans cette sous-section, nous montrons que la réduction des fongicides en viticulture s'inscrit bien dans les concepts utilisés en économie de l'innovation. Nous présentons dans un premier temps le concept d'innovation et sa définition dans l'approche évolutionniste en montrant dans quelle mesure il s'applique à la réduction des pesticides en viticulture (1.1.1.). Nous distinguons ensuite un certain nombre de caractéristiques des innovations pour la réduction des fongicides en viticulture. Nous expliquons alors en quoi la réduction des fongicides en viticulture a un impact fondamental sur le processus de production des viticulteurs et constitue donc une innovation de processus (1.1.2.). Nous montrons également que, dans la mesure où les fongicides sont toujours au centre des nouveaux processus de protection phytosanitaire à mettre en œuvre pour réduire les pesticides, ces nouvelles pratiques sont des innovations incrémentales (1.1.3.).

1.1.1. L'appréhension du changement technique en viticulture par le concept d'innovation

Le concept d'innovation s'appuie en général assez largement sur l'approche schumpétérienne et se situe dans la sphère managériale, par opposition à la notion d'invention, qui recouvre la définition d'un nouveau concept mis au point par un créateur. Alors que l'invention est une combinaison nouvelle de connaissances scientifiques et permet ainsi la production de ressources et de connaissances nouvelles,

qu'elles soient fondamentales ou non, l'innovation se définit plutôt comme l'exécution de ces nouvelles combinaisons ou la mise en œuvre d'une invention dans la sphère économique (Bouba Olga, 2003). Autrement dit : l'innovation intègre l'invention dans un bien mis sur le marché ou utilisé par l'entreprise elle-même, à quelque niveau que ce soit. Il s'agit donc d'un processus qui permet de raccorder les nouvelles idées techniques et le marché (Le Bas, 1995). Alors que la technologie caractérise un état de ressources, de savoir, l'innovation est un processus dynamique de transfert et de diffusion dans la sphère économique. C'est surtout dans ce sens-là, celui du processus, que nous entendrons le terme innovation par la suite.

Afin de clarifier les concepts et d'analyser de manière plus fine les innovations, un manuel a été produit par l'OCDE dans le but de présenter les principes directeurs à appliquer pour mettre au point des indicateurs d'innovation comparables dans les différents pays (*Manuel d'Oslo*, 2005). La définition générale finalement retenue après plusieurs mises à jour est la suivante : « une innovation est la mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures » (*Manuel d'Oslo*, 2005, p. 54). Elle se concentre sur le changement et la nouveauté pour l'entreprise.

Le concept de nouveauté, qui est en lien étroit avec celui d'innovation, peut faire référence à la nouveauté pour les firmes, ce qui constitue le niveau minimum, ou pour l'industrie, le marché voire le monde entier. On parle toujours d'innovation lorsqu'un produit, procédé, méthode d'organisation ou de commercialisation a déjà été mis en œuvre par d'autres firmes (Arundel et Kemp, 2009) : si celui-ci est nouveau pour la firme étudiée et qui l'adopte, il s'agit bien d'une innovation pour la firme. La cohérence avec les définitions adoptées par l'OCDE est importante, c'est pourquoi nous nous inscrivons dans leur lignée d'appréhension de la nouveauté. D'ailleurs, même si les firmes qui développent elles-mêmes des innovations sont des éléments moteurs pour le processus, une innovation ne peut avoir d'impact économique significatif dans une industrie que si les innovations mises au point sont également adoptées et développées par d'autres firmes. Bien que conçues par des programmes de R & D extérieurs aux exploitations, les pratiques économes en fongicides sont nouvelles pour les exploitations et les viticulteurs qui les adoptent et se les approprient, bien qu'ils ne soient pas à l'origine de leur invention. Donc, même dans la mesure où ces pratiques ne sont pas forcément

développées en interne par les exploitations viticoles, elles constituent des innovations à leur niveau et s'inscrivent dans la définition proposée par le *Manuel d'Oslo* (2005).
Une fois cette définition posée, la littérature recense plusieurs types d'innovations. Leur distinction est le plus souvent basée sur les caractéristiques de la nouvelle technologie adoptée, mais elles peuvent également mettre l'accent sur l'impact des innovations sur le marché. Selon les industries et leurs stades d'évolution, selon les caractéristiques de l'innovation étudiée, la distinction la plus explicite est utilisée en fonction du problème traité. Nous déterminons et présentons ici les caractéristiques des innovations pour la réduction des fongicides en viticulture.

1.1.2. Des innovations qui impactent le processus de production

Schumpeter a été l'un des premiers à montrer l'intérêt de distinguer différents types d'innovations, puisque celles-ci présentent des caractéristiques variées, ce qui influence le processus d'innovation (Schumpeter, 1934). Ces types d'innovations mettent en relief les différentes formes qu'elles peuvent prendre. Il est très important de s'attacher à préciser dans l'analyse économique quel type d'innovation on étudie, dans la mesure où le sens, la portée et les conséquences des innovations peuvent être radicalement différents selon les perspectives. Il convient également de noter que l'importance relative de chaque type d'innovation peut varier d'un secteur à un autre, selon le moment et l'industrie considérée (Foray et Zuscovitch, 1991). Si la définition générale de l'innovation retenue dans la dernière version du *Manuel d'Oslo* (2005) est assez large pour concerner toutes les catégories d'innovations, il est donc important d'être en mesure d'identifier clairement pour chaque étude le type d'innovation dont il s'agit. Cela permet d'améliorer le cadre d'analyse et d'affiner les résultats, puisque les dynamiques générées ne sont pas forcément les mêmes. Un certain nombre de recommandations sont données à cet effet dans le *Manuel d'Oslo* (2005). Les différents types d'innovation sont en général décrits par un adjectif donnant des informations sur leur contenu. Ils peuvent être identifiés par rapport au résultat de l'innovation, au degré de nouveauté de l'innovation ou enfin de manière plus complexe en fonction de plusieurs critères.

Il est possible de distinguer quatre cas types d'innovations différents quand on considère l'objet sur lequel porte l'innovation (Schumpeter, 1934) :

- *l'innovation de produit* [53]*,* quand il s'agit de créer un bien nouveau ou de modifier significativement un produit existant qui n'est pas encore familier pour les consommateurs. En l'absence d'alternative technologique aux fongicides qui permettrait de les remplacer complètement, il n'y a pas de nouveau produit sur le marché. Notre propos ne porte donc pas sur la conception d'un nouveau produit. Le vin produit avec peu de pesticides, compte tenu de l'absence de consentement à payer des consommateurs pour les caractéristiques environnementales démontré dans la littérature, est considéré de même nature que celui produit actuellement par les viticulteurs utilisant des pratiques systématiques et intensives en fongicides ;
- *l'innovation de processus* (*i.e.* de procédé), quand il s'agit de mettre en œuvre de nouvelles méthodes de production, relativement inconnues dans la firme, la branche d'industrie ou de commerce considérée, concernant un bien déjà consommé. Notre cas d'étude rentre dans ce cadre. L'objectif recherché est bien de modifier le processus de production de raisins pour raisonner de manière différente la protection phytosanitaire des vignobles en utilisant le moins possible de fongicides ;
- *l'innovation organisationnelle,* quand il s'agit de mettre en place une nouvelle organisation de l'entreprise ou une nouvelle organisation de la production ;
- l'obtention d'un nouveau débouché sur un marché préexistant ou non, mais que l'industrie n'a pas encore pénétré, ainsi que l'utilisation d'une nouvelle matière première ou d'un autre intrant dans la conception d'un produit existant.

L'analyse des innovations est souvent limitée aux trois types d'innovations suivants (Rennings, 2000) : innovation de produit, innovation de processus (qui sont toutes deux des innovations technologiques) et innovation organisationnelle. Les innovations de produit et de processus sont traditionnellement les plus traitées dans les recherches menées en économie ces dernières années (Oltra, 2008).

Une innovation de processus est définie dans le *Manuel d'Oslo* (2005, p. 57) comme « la mise en œuvre d'une méthode de production ou de distribution nouvelle ou notablement améliorée. Cette notion implique des changements significatifs dans les techniques, le matériel et/ou le logiciel ». Il s'agit par exemple de la mise en place d'une chaîne de

[53] Les innovations de produit sont définies comme « l'introduction d'un bien ou d'un service nouveau ou sensiblement amélioré sur le plan de ses caractéristiques ou de l'usage auquel il est destiné. Cette définition inclut les améliorations sensibles des spécifications techniques, des composantes et des matières, du logiciel intégré, de la convivialité ou autres caractéristiques fonctionnelles » (*Manuel d'Olso*, 2005, p. 56). On entend donc par « innovation technologique de produit » la mise au point ou la commercialisation d'un produit plus performant dans le but de fournir au consommateur des services objectivement nouveaux ou améliorés. Il peut donc s'agir d'un produit complètement nouveau sur le marché, d'un produit existant pour lequel tout ou partie des caractéristiques a été amélioré.

montage, de la production assistée par ordinateur, de la vente sur Internet ou de la vente par correspondance. Les objectifs d'innovation de processus peuvent être multiples : réduction des coûts, augmentation de la qualité, production de produits nouveaux ou sensiblement améliorés. L'innovation de processus, grâce aux gains de productivité le plus souvent générés, peut permettre de fabriquer le produit à un coût inférieur à celui des concurrents et favorise ainsi la compétitivité de l'entreprise.

Dans notre cas, dans la mesure où il s'agit d'améliorer significativement le processus de production de raisins concernant l'utilisation de produits phytosanitaires, nous nous situons bien dans le cadre d'une innovation de processus. Il faut en effet revoir le processus de protection des vignobles, voire le processus de production de raisins dans son entier, afin d'obtenir des résultats (quantité, qualité) comparables aux résultats actuels mais avec beaucoup moins de produits phytosanitaires. On peut noter que dans ce cas, l'objectif de réduction des coûts de production n'est pas central et qu'on ignore *a priori* si le changement de pratiques phytosanitaires se traduira forcément par une diminution de coût. En effet, même si l'on peut supposer au premier abord qu'utiliser moins de produits phytosanitaires devrait se révéler moins onéreux, c'est sans compter les coûts du changement, de la réorganisation de l'itinéraire technique, d'éventuelles opérations culturales à rajouter et des compétences à acquérir, qui ne sont pas évalués pour le moment. Ainsi, le caractère multidimensionnel de ces innovations, dans le sens où elles sont le résultat de la recherche de compromis technologiques entre des déterminants et des objectifs multiples, fait que la recherche de pratiques environnementales peut aller à l'encontre des objectifs de performance des firmes (Brouillat, 2008). Dans un contexte agricole plutôt traditionnellement tourné vers la simplification et l'harmonisation des itinéraires techniques pour rechercher le meilleur rendement et la meilleure qualité possible, il n'est pas évident que la réduction des pesticides entre dans le même cadre de performance que les pratiques actuelles. Les viticulteurs ont alors besoin d'une validation économique des nouvelles méthodes proposées pour arriver à combiner performance environnementale et performance économique.

Si en théorie les différents types d'innovation sont bien distincts, ils vont en réalité souvent de pair. Les types d'innovations cités ci-dessus sont complémentaires, d'une part dans la mesure où une même innovation peut relever d'un ou plusieurs types (par exemple, une innovation de produit qui nécessite une modification majeure du processus

de production et de l'organisation du travail), et d'autre part, car deux innovations de types différents peuvent ne pas être dissociables l'une de l'autre, avec présence d'interactions dans leurs processus respectifs (*Manuel d'Oslo*, 2005). Pour les innovations de produit et de processus, la détermination est souvent technologique, dans la mesure où l'invention est relativement indépendante des caractéristiques des firmes, organisationnelles notamment. Mais les modalités de réalisation sont primordiales : c'est ce qui permet de passer d'une innovation que l'on pourrait appeler simplement « technologique » à une innovation dite « économique », c'est-à-dire mise en œuvre avec réussite dans l'entreprise et accompagnée de l'organisation adéquate. Toute innovation technologique peut d'ailleurs être à l'origine d'architectures organisationnelles différentes dans les différentes firmes l'ayant adoptée. En ce sens, il ne suffit donc pas de créer une innovation technologique (de produit ou de processus) pour qu'une entreprise l'adopte. Ainsi la réduction des pesticides, lors de la modification du processus de production, entraîne également des modifications organisationnelles au sein des exploitations viticoles, notamment pour la recomposition et la réorganisation des itinéraires techniques. Nous considérons ces modifications organisationnelles comme mineures à ce stade de notre analyse.

1.1.3. Le degré de nouveauté des innovations pour la réduction des pesticides

Le vocabulaire utilisé pour caractériser les innovations par rapport à leur degré de nouveauté est varié (innovation radicale/incrémentale, majeure/mineure, drastique/non drastique, innovation de rupture) et renvoie à une différenciation complexe en pratique. Deux principaux types d'innovations peuvent être distingués par rapport à l'importance du changement observé (Freeman, 1992) :

- les *innovations incrémentales*, qui correspondent à des améliorations apportées à des produits, à des procédés ou à des organisations qui existent déjà dans les entreprises. Le changement se fait sans remettre en cause les structures existantes ; notamment, la structure économique reste relativement inchangée. Les innovations incrémentales sont caractérisées par Freeman (1992) comme des améliorations continues des systèmes technologiques existants. Elles se font de manière progressive et ne bouleversent pas les conditions d'usage ou l'état de la technologie ; elles y apportent seulement une amélioration sensible. Elles sont souvent le fruit de la volonté de l'entreprise de conserver son avance technologique sur ses concurrents et sont en

général liées à l'évolution du marché, de la demande et des technologies. Elles ne présentent aucune remise en cause profonde des connaissances et compétences technologiques existantes. Dans le cas d'une innovation incrémentale, on peut aussi parler d'« amélioration ». Nous pouvons citer à titre d'exemple d'innovations incrémentales le passage des souris d'ordinateur à bille aux souris optiques, le passage du téléphone fixe au téléphone sans fil, *etc*.

- les *innovations radicales*, comme leur nom l'indique, sont des innovations de rupture avec une discontinuité dans le système technologique. Dans ce cas, la structure en place est remise en cause, ce qui peut entraîner des conséquences économiques importantes. En mettant l'accent sur la notion de rupture, c'est l'impact sur le marché et sur l'activité économique des firmes qui y évoluent qui est mis en avant plus que leur nouveauté.

Les innovations radicales tendent à porter les grandes mutations, tandis que les innovations incrémentales alimentent le processus en continu. Winter affirme que des régimes entrepreneuriaux (innovation radicale) et routiniers (innovation incrémentale) coexistent et qu'ils correspondent chacun à un type d'innovation particulière (Winter, 1984). Les innovations radicales nécessitent des connaissances nouvelles et foncièrement différentes des connaissances disponibles dans l'entreprise : la base de connaissances et de compétences technologiques des firmes est alors remise en cause. Elles nécessitent souvent des changements technologiques et organisationnels et conduisent à des modifications structurelles de l'économie (modification de la structure de l'industrie, apparition d'une nouvelle industrie, disparition d'un secteur, modification d'une structure de marché). La valeur économique de ce changement est alors incertaine, la part d'inconnu est assez grande. Une innovation est donc dite « de rupture » lorsqu'elle modifie profondément les conditions d'utilisation par les clients et/ou qu'elle s'accompagne d'un bouleversement technologique. Il s'agit par exemple de l'apparition de l'imprimerie, du passage du moteur à vapeur au moteur à explosion, du télégraphe au téléphone, du téléphone à l'Internet, ou encore du passage de la cassette VHS au DVD (Cowan, 1990). Par contre, l'approfondissement des connaissances peut permettre d'innover de manière incrémentale, en prenant donc moins de risque, au niveau économique notamment.

Les concepts d'incrémental et de radical paraissent relativement évidents ainsi définis. Mais plusieurs questions restent ouvertes lorsqu'on essaye d'appliquer ces concepts à des cas concrets : par exemple, pour qui est-ce radical (pour la firme ? le secteur ?) ? Il

existe en effet des différences de points de vue et de perception vis-à-vis de ces caractéristiques. Dans notre cadre d'analyse, il s'agit d'améliorer un processus qui existe déjà dans l'exploitation viticole, le processus de protection phytosanitaire. Les viticulteurs continuent à utiliser des pesticides ; la technologie est donc inchangée. La sécurisation des objectifs de production (quantité, qualité) nécessite de continuer à les employer, mais il convient d'appliquer de nouvelles règles de décision pour entrer dans l'objectif de réduction de 50 % des pesticides utilisés d'ici à 2018 fixé lors du Grenelle de l'environnement. Ces premiers constats montrent qu'il s'agit d'une innovation incrémentale. Toutefois, il est nécessaire d'apporter quelques précisions complémentaires, car réduire significativement l'utilisation des pesticides n'est pas si simple - sinon le changement devrait pouvoir se faire plus aisément que ce qu'on est capable d'observer actuellement en termes de diminution des tonnages de matières actives utilisées. Les modifications du processus de protection phytosanitaire font passer de raisonnements que l'on pourrait qualifier de « sécuritaires », avec une protection maximum quel que soit le niveau de pression parasitaire, à une utilisation des pesticides seulement quand c'est nécessaire et limitée au strict minimum. La façon de raisonner et d'établir la stratégie phytosanitaire devient donc radicalement différente de celle qui préexistait dans les exploitations viticoles et nécessite de nouvelles connaissances et compétences. Dans cette thèse, nous considérons toutefois la réduction des pesticides en tant qu'innovation incrémentale dans la mesure où toutes les conditions ne sont pas réunies pour la considérer comme une innovation radicale (pas de changement des modes de consommation, pas de modification de la sphère économique dans son entier, *etc.*).

L'approche évolutionniste des innovations permet donc d'appréhender le changement de pratiques phytosanitaires nécessaire pour réduire l'utilisation de fongicides en viticulture à travers le concept d'innovation. Dans notre question sur l'adoption de processus de production de raisin plus économes en intrants phytosanitaires et donc plus respectueux de l'environnement, **l'analyse porte sur une innovation de processus. De plus, nous définissons ce changement comme une innovation incrémentale qui implique une modification de la base de connaissances des viticulteurs**. Un autre volet de l'approche évolutionniste permet de compléter ces définitions en s'intéressant à l'objet sur lequel porte les innovations.

1.2. Les spécificités des innovations environnementales pour la réduction des pesticides en viticulture

La réduction de l'utilisation de fongicides implique le changement de pratiques phytosanitaires au vignoble. Nous montrons tout d'abord que le changement de pratiques phytosanitaires en viticulture s'inscrit bien dans la définition des innovations environnementales proposées par la littérature, que nous transposons à notre cas d'étude (1.2.1.). Nous mobilisons ensuite les éléments théoriques à notre disposition concernant les innovations en général et les innovations environnementales en particulier pour établir un grille de typologie des innovations que peuvent potentiellement adopter les viticulteurs pour réduire leur utilisation de fongicides (1.2.2.). Enfin, nous présentons grâce à la grille d'analyse ainsi conçue trois innovations que peuvent adopter les viticulteurs pour réduire leur utilisation de fongicides (1.2.3.).

1.2.1. La définition des innovations environnementales

Depuis plusieurs années, les processus d'innovation concernant le développement durable et l'environnement ont reçu une attention particulière et grandissante, essentiellement à cause d'une demande sociale pressante de réduction de l'impact des activités humaines sur l'environnement. Les théories et cadres méthodologiques existants ne permettaient pas de répondre aux enjeux de manière satisfaisante ; des travaux de recherche ont donc été menés et le sont encore afin de concevoir un cadre d'analyse adapté pour les innovations environnementales (Rennings, 2000). La définition générale des innovations est neutre quant au contenu du changement ; notamment, la définition du *Manuel d'Oslo* (2005) ne précise pas le thème sur lequel portent les innovations. Or, l'accent mis sur l'environnement dans l'expression « innovation environnementale » est motivé par la direction et le contenu du progrès. Les innovations environnementales se distinguent des autres par leur dimension écologique. Elles se rattachent non seulement aux marchés et à la technologie, mais aussi à l'environnement naturel, dans la mesure où les considérations en matière de pollution générée par les technologies développées occupent une place centrale. Des définitions spécifiques ont donc été proposées dans la littérature récente et celles-ci sont nombreuses (annexe II-A).

Ces différentes définitions ont des contours assez divers, bien que portant toutes sur la préservation de l'environnement. Tout d'abord, notons que plusieurs termes sont employés pour désigner des innovations similaires : « éco-innovations », « innovations environnementales » ou « technologies propres ». Nous préfèrerons celui d'« innovation environnementale », dans la mesure où il permet de bien mettre l'accent sur la nouveauté (innovation) et sur sa direction (environnementale). Ces innovations peuvent être développées par des firmes ou autres organisations, être commercialisables ou non, de nature technologique (Hemmelskamp, 1997), organisationnelle, sociale (changement des habitudes de consommation) ou institutionnelle. Pour Kemp et Arundel (1998), ces innovations peuvent être de plusieurs types : processus, produits ou organisationnelles, comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent sur les innovations en général. Rennings (2000) souligne également que si l'étude du progrès et de l'innovation se concentre souvent sur le caractère technologique de celle-ci, la prise en compte des principes du développement durable résulte de la combinaison de changements dans les quatre dimensions précitées : technologique, organisationnelle, sociale et institutionnelle. Enfin, certaines définitions sont centrées sur la motivation alors que d'autres sont basées sur la performance environnementale.

Nous proposons de retenir, pour notre travail, la définition donnée dans le *MEI Report* (2008) ; celle-ci est en effet une définition large et basée sur la performance environnementale plutôt que sur l'objectif poursuivi, puisque ce n'est pas ce dernier qui est central, mais plutôt l'impact environnemental que peut avoir la mise en œuvre d'une innovation, qu'il s'agisse de son but premier ou non. Il n'est de plus pas toujours évident de distinguer une innovation qui serait intentionnellement environnementale d'une autre qui ne le serait pas. Ensuite, l'impact environnemental effectif d'une innovation s'avère généralement difficile à évaluer bien qu'il soit au cœur de certaines définitions. Il est difficile d'être sûr que l'adoption d'une innovation environnementale conduira nécessairement et immédiatement à une réduction absolue de la nuisance causée à l'environnement, sans parler des transferts de pollution éventuels. Pour pallier ce problème de définition, les innovations environnementales sont définies dans le *MEI Report* (2008) par rapport aux technologies alternatives existantes. Elles correspondent aux innovations dont les dommages écologiques sont plus faibles que ceux causés par les autres alternatives pertinentes, et tout nouveau procédé plus efficace en termes d'utilisation des ressources et de pollution est une innovation environnementale (Brouillat, 2008). Enfin, le degré de nouveauté requis est relativement faible au niveau de la firme, puisque la définition permet de considérer toutes les innovations qui permettent

à la firme de diminuer, progressivement ou radicalement, ses impacts écologiques négatifs à travers la mise au point, l'adoption ou la modification de nouveaux produits, processus, services ou méthodes. Ainsi, elle permet de s'intéresser à tout ce qui est nouveau et donc innovant pour la firme, même si tel n'est pas le cas au niveau de l'industrie.

Nous retenons donc, en plus des caractères de processus et incrémental de la réduction des pesticides, la définition suivante inspirée du *MEI Rep*ort (2008). **La réduction des pesticides revient à la production ou l'assimilation d'un processus de production nouveau au moins pour l'exploitation viticole (celle-ci la développant ou l'adoptant) et qui se traduit, tout au long du cycle de culture, par la réduction de l'utilisation des fongicides, non par substitution par des produits efficaces à faible grammage, mais par une modification significative des raisonnements et du mode de construction de l'itinéraire de protection phytosanitaire.** Ainsi, les risques pour l'environnemental ainsi que pour la santé humaine se trouvent réduits par comparaison aux alternatives pertinentes. En accord avec cette définition, nous nous intéressons maintenant aux caractéristiques des innovations pour la réduction des fongicides en viticulture.

1.2.2. Caractérisation des processus de protection du vignoble économes en pesticides en termes d'innovations environnementales

Compte tenu des éléments que nous venons de présenter, nous caractérisons les opportunités technologiques qui s'offrent aux exploitations viticoles pour réduire les fongicides en termes d'innovations environnementales. Pour cela, parmi les différents critères qui permettent de caractériser les innovations, nous retenons des critères théoriques « classiques » (degré de nouveauté, résultat de l'innovation, *etc.*) auxquels nous en ajoutons en formalisant des éléments de l'approche évolutionniste (base de connaissances, par exemple) pour une meilleure description des innovations environnementales de réduction des pesticides en particulier. On distingue ainsi sept critères :

- *la nouveauté* : la notion de nouveauté est relativement large dans la définition des innovations environnementales du *MEI Report* (2008) que nous avons retenue. L'objet de la nouveauté porte ici sur la réduction, par rapport aux pratiques

antérieures, de l'utilisation de produits phytosanitaires fongicides pour la protection du vignoble de l'exploitation viticole. Bien que conçues à l'extérieur de l'exploitation, les nouvelles pratiques de processus de protection phytosanitaire à mettre en œuvre sont nouvelles et innovantes pour les viticulteurs dans la mesure où elles leur sont inconnues au moment de leur adoption ;

- *le résultat de l'innovation* : cet aspect étant central dans la définition que nous avons retenue, il semble utile de préciser dans quelle mesure le changement de processus de production phytosanitaire a un impact sur la pollution et les ressources naturelles. Il est bien entendu que la pollution diffuse liée à l'utilisation de pesticides est difficile à mesurer de manière instantanée au niveau de chaque exploitation viticole car trop importante et disséminée sur l'ensemble du territoire. Il est donc compliqué de relier directement un changement de pratique à son effet, notamment car les effets s'envisagent sur le long terme ou au niveau minimum d'un bassin versant. Toutefois, l'adoption massive de pratiques économes en intrants phytosanitaires de synthèse devrait contribuer significativement à une diminution de l'impact environnemental négatif de l'activité viticole sur l'environnement. La quantification peut donc se faire à travers un indicateur de pratiques en admettant un lien entre diminution de l'emploi de produits chimiques et diminution de la pollution des eaux et de l'épuisement des ressources ;
- *le champ d'application* (Schumpeter, 1934) : concernant la réduction des fongicides, c'est le processus de protection du vignoble qui est modifié, on parle alors d'innovation de processus qui impacte le système de production. Dans ce cas, la détermination est technologique dans la mesure où le nouveau processus de protection mis en œuvre pour économiser des fongicides est relativement indépendant des caractéristiques des exploitations. L'innovation peut modifier le processus de protection phytosanitaire et seulement, ou bien le processus de production dans son entier (*i.e.* les autres opérations culturales) ;
- *l'intensité de l'innovation* (Freeman, 1992) : cette distinction tend à donner une idée du degré de nouveauté associé aux nouvelles pratiques. Dans la mesure où le changement se fait sans remettre en cause les structures existantes *a priori*, nous nous concentrerons plutôt sur des innovations incrémentales. Elles se font de manière progressive et ne bouleversent pas les conditions d'usage ou l'état de la technologie, elles y apportent seulement une amélioration. Ici on continue à utiliser des fongicides pour la protection contre les maladies mais en moindres quantités et en raisonnant leur utilisation différemment ;

- *la portée de l'innovation* : une distinction spécifique aux innovations environnementales permet de différencier innovations bout de chaîne et innovations propres (Frondel *et al.*, 2007 ; Gasmi et Grolleau, 2003). Les premières sont des innovations qui interviennent de manière curative pour corriger une pollution déjà causée par les pratiques (exemple des pollutions ponctuelles), tandis que les secondes traduisent des changements préventifs qui agissent directement à la source de la pollution avec adoption de pratiques moins polluantes. Ici, nous nous intéresserons directement aux innovations propres qui permettent de régler le problème à la source, comme préconisé par les politiques publiques ;
- *les connaissances/compétences à développer* : selon l'intensité et la portée de l'innovation, les besoins en connaissances et compétences nouvelles sont différents pour recomposer le processus de protection du vignoble. En fonction des nouvelles pratiques adoptées, les ressources cognitives nécessaires ne sont donc pas les mêmes, ce qui influence le processus d'innovation. Moins le changement est important par rapport aux pratiques phytosanitaires existantes, moins le besoin en nouvelles compétences est fort. Par contre, plus le degré de radicalité est élevé, plus le changement induit la destruction des compétences existantes (Schumpeter, 1942) et la création de nouvelles de manière importante. Le type de connaissances nécessaires pour le changement de pratiques phytosanitaires (tacite/codifiable) a également un impact sur le processus d'apprentissage des entreprises. Par exemple, les bulletins de santé végétale sont codifiés et de portée générale alors que des modifications profondes dans les pratiques nécessitent l'adaptation aux spécificités parcellaires, la recombinaison des savoirs, de l'analyse, de l'expérience qui relèvent plus du tacite que du facilement transférable à n'importe quelle exploitation ;
- *le support de l'innovation* : il apparaît opportun de préciser dans quelle mesure les innovations sont appuyées ou accompagnées par des dispositifs et si leur mise en œuvre est volontaire, fortement encouragée ou contrainte par des pressions extérieures et/ou réglementaires.

Quand on s'intéresse aux opportunités technologiques disponibles pour les viticulteurs, plusieurs processus phytosanitaires nouveaux peuvent être identifiés pour réduire l'utilisation de fongicides de manière significative tout en s'inscrivant dans les caractéristiques que nous venons de décrire. Nous présentons donc ces processus en fonction des critères décrits précédemment.

1.2.3. Trois innovations environnementales de processus pour réduire les fongicides en viticulture

Nous sommes ainsi capables de décrire les nouveaux processus phytosanitaires pour les exploitations qui doivent les adopter et de discuter de leur pertinence par rapport aux objectifs qui ont été fixés aux viticulteurs. Une revue de la littérature agronomique permet de mettre en évidence trois processus de protection du vignoble qui permettent de réduire significativement les utilisations de fongicides en viticulture : **la lutte raisonnée, l'*IPM* et la lutte biologique** (Aubertot *et al.*, 2005 ; Paillotin, 2008 ; Mezière *et al.*, 2009). Elles sont présentées plus en détails en annexe II-B. Mises au point par la R & D publique ou privée, elles ne constituent pas des innovations pour l'industrie ou le marché. Mais si l'on prend en considération le peu d'exploitations concernées par ce type de stratégies en France, elles constituent des pratiques nouvelles pour la grande majorité des exploitations viticoles. Nous les assimilons ainsi à des innovations de processus pour les exploitations qui les adoptent. Afin de mieux comprendre les caractéristiques de ces processus de protection du vignoble en termes d'innovation, nous avons construit un tableau dans lequel chacun de ces trois processus est décrit au regard des sept critères que nous avons identifiés pour les innovations environnementales dans le paragraphe 1.2.2. (tableau 4).

On constate dans le tableau 4 que des différences parfois significatives sont observables entre ces trois processus de protection des vignobles. S'ils permettent tous de réduire l'utilisation des fongicides, c'est avec des degrés différents en termes de *résultat*. En ce qui concerne le degré de *nouveauté*, la lutte raisonnée ne modifie pas directement les pratiques mais essaie d'améliorer la quantité de produits chimiques utilisés dans les stratégies phytosanitaires existantes ainsi que leurs conditions d'utilisation. Elle s'inscrit dans la lignée du cahier des charges adopté par le Conseil supérieur d'orientation et de coordination de l'économie agricole et alimentaire en 2002. Elle se traduit la plupart du temps par des innovations ponctuelles qui ne permettent pas de réduire la pollution diffuse et concernent des choix plutôt tactiques par rapport à l'utilisation de ces produits. L'*IPM* et la lutte biologique proposent plutôt des stratégies construites sur des principes nouveaux pour gérer et décider différemment les traitements phytosanitaires, avec pour objectif de diminuer la pression exercée par les pathogènes et limiter ainsi le recours aux pesticides. En ce sens, elles induisent un changement plus profond (*champ d'application*)

et stratégique pour les exploitations qui les adoptent ; et qui doit donc être accompagné par la production et le développement intensif de *connaissances et de compétences nouvelles* dans les exploitations (Aujas *et al.*, 2011). Elles se situent également sur des échelles temporelles et spatiales plus ou moins larges (Ferron, 1999).

Tableau 4 : Typologie des processus de protection des vignobles économes en intrants chimiques

Critères	**Processus de protection du vignoble économes en intrants**		
	Lutte raisonnée	**IPM**	***Lutte biologique***
Nouveauté	Raisonnement des intrants chimiques	Raisonnement des intrants chimiques	Raisonnement des pratiques phytosanitaires
	-	Substitution d'une partie des intrants chimiques par de nouvelles technologies (observations, lutte biologique)	Lutte exclusivement biologique
Résultat de l'innovation	Utilisation de moins de fongicides		Aucun fongicide n'est utilisé
Impact par rapport à la pollution	Moins de pollution ponctuelle	Moins de pollution diffuse Diminution des matières actives chimiques lessivées dans l'eau	Moins de pollution diffuse Pas de matière active lessivée dans l'eau
Champ d'application	Innovation technologique	Innovation technologique de processus	Innovation technologique de processus
			Innovation organisationnelle si agriculture biologique
	-	Conséquences organisationnelles	
Intensité de l'innovation	Incrémentale		Radicale
Portée de l'innovation	Somme d'innovations ponctuelles (« bout de chaîne »)	Systémique (conception du processus de protection phytosanitaire)	Systémique (exploitation)
Connaissances/ compétences à développer	Codifiables	Tacites Base de connaissances à faire évoluer	Tacites Remise en cause profonde de la base de connsaissances
Support de l'innovation	Mise en conformité avec la réglementation (volontaire)	Innovation volontaire, rarement accompagnée au niveau technique	Innovation volontaire, qui peut être accompagnée au niveau technique

(Ugaglia et Del'homme, 2010)

En ce qui concerne l'*IPM*, son adoption est rendue difficile car les meilleures pratiques diffèrent selon les exploitations, qui doivent prendre en compte les spécificités de leur propre milieu et s'y adapter. Dans le cas de la lutte biologique, il est même nécessaire de revoir complètement l'organisation du processus de production, y compris les autres opérations culturales et les opérations de transformation du raisin, ce qui lui donne un caractère plutôt radical par rapport à l'*IPM* et à la lutte raisonnée. Elle a ainsi des conséquences organisationnelles fortes, notamment sur la structure et le système

d'exploitation, et entraîne donc des changements beaucoup plus importants et systémiques. Ces derniers concernent un champ beaucoup plus large que le processus de décision phytosanitaire et nécessitent des apprentissages de longue durée (Van Dam *et al.*, 2009). Les freins afférents à la conversion à la lutte biologique sont donc potentiellement plus forts.

Un certain nombre d'arguments nous amènent à privilégier l'*IPM* dans le cadre de notre analyse de la réduction des fongicides en viticulture. Au regard des recommandations données par les pouvoirs publics, la lutte raisonnée, qui a eu peu de succès en termes de certification des exploitations, se concentre beaucoup sur les pollutions ponctuelles. Mais les objectifs ambitieux (50 % de réduction) du rapport Ecophyto 2018 ont amené les experts à considérer la maîtrise des pollutions diffuses comme prioritaire à ce jour, ce qui est plutôt caractéristique de l'*IPM* et de la lutte biologique (Pallotin, 2008 ; Mezière *et al.*, 2009). Toutefois, la lutte biologique, qui exclut complètement l'utilisation de pesticides de synthèse se pose en termes d'innovation radicale, avec des freins importants, qui peut potentiellement impacter les quantités comme la qualité du raisin produit. C'est la raison pour laquelle ce type de lutte n'a pas été ciblé par les pouvoirs publics comme innovation prioritaire pour la réduction des pesticides, bien que son développement figure en bonne place dans les objectifs du Grenelle de l'environnement. Si nous nous replaçons dans la perspective du défi que les viticulteurs ont à relever dans les années à venir et que nous avons présenté dans le chapitre 1, à savoir concilier réduction des pesticides et maintien des quantités et qualités produites, l'opportunité technologique qui semble le mieux correspondre à notre problématique est alors l'*IPM*. C'est donc sur cette opportunité technologique que nous focalisons notre analyse.

L'*IPM* constitue une réponse possible au problème de l'utilisation des fongicides en viticulture, mais elle est très peu répandue dans les exploitations viticoles françaises. Nous analysons donc, au-delà du *lock-in*, les éléments qui peuvent expliquer le manque d'adoption de ce type de pratiques en viticulture : l'incertitude et l'effet de double externalité.

1.3. Les apports de l'approche évolutionniste pour analyser la réduction des pesticides en viticulture

Dans la littérature, les innovations environnementales sont décrites comme présentant des spécificités qui peuvent expliquer le faible niveau d'adoption dans les firmes et que nous présentons au regard de notre cas appliqué, la réduction des fongicides en viticulture. Tout d'abord, une forte incertitude est liée aux innovations environnementales, plus que pour les innovations portant sur d'autres objets, puisque leur impact sur l'environnement est difficilement mesurable (1.3.1.). Ensuite, elles sont à l'origine d'une double externalité qui explique le manque d'incitation des firmes à les adopter. D'une part, comme pour toute innoavtion, le processus d'innovation produit des connaissances qui vont être disponibles pour d'autres firmes, et d'autre part, ces innovations sont produites au bénéfice de l'ensemble de la société à cause de leur caractère environnemental (1.3.2.).

1.3.1. L'incertitude liée à la réduction des pesticides

Parce que l'activité d'innovation est intrinsèquement incertaine, le processus d'innovation est caractérisé comme tel dans l'approche évolutionniste (Guellec, 2009). Lors de la remise en cause de leur processus de protection du vignoble, les exploitants sont confrontés à de l'incertitude dans la mesure où (i) ils ne connaissent pas l'ensemble des alternatives possibles ce qui est lié à l'information, (ii) ils ont une rationalité limitée [54] et (iii) ils doivent faire face en plus à une incertitude environnementale. Tout d'abord, ils n'ont pas accès à toute l'information existante concernant les alternatives qui sont à leur disposition pour réduire l'utilisation des pesticides. D'une part, l'information n'est pas toujours disponible sur les solutions qui existent en matière de protection du vignoble, qu'il s'agisse de méthodes pour réduire les doses appliquées ou le nombre de traitements par exemple. D'autre part, les conséquences techniques et économiques ne sont pas non plus connues. Freeman (1992), tout comme Nelson et Winter (1982), note de manière générale dans les firmes un manque de connaissances à la fois sur les alternatives technologiques et les résultats de la recherche, ainsi que sur leurs conséquences

[54] Le concept de rationalité limitée au sens de Simon (1972), plutôt générique, a été décliné en plusieurs aspects : rationalité cognitive (Walliser, 1989), rationalité interactive (Ponssard, 1994), rationalité située (Orléans, 1994) et rationalité procédurale (Béjean *et al.*, 1999).

économiques. Arundel et Kemp (2009) mettent en avant qu'il est nécessaire de mesurer l'impact économique des innovations environnementales pour lever les barrières à l'innovation. D'ailleurs, l'absence d'information concernant l'impact d'une modification de l'itinéraire technique sur l'équilibre économique global de l'exploitation a été identifiée comme un frein à l'évolution des pratiques vers une meilleure prise en compte de l'environnement (Pailler et Corade, 2004). Saint-Gès (2006a) a également identifié le coût potentiel comme un des freins à l'adoption de nouvelles pratiques en viticulture sans toutefois le quantifier, ce qui traduit bien une méconnaissance de l'impact économique de ces nouvelles pratiques par les viticulteurs.

Deuxièmement, l'approche évolutionniste repose sur l'acceptation de la rationalité limitée dans la prise de décision. Elle tient compte de la capacité limitée des agents à traiter l'information et à résoudre des problèmes. Cette analyse est fondée sur le concept de rationalité procédurale de Simon (1972) qui met l'accent sur la rationalité de la procédure qui mène au choix plutôt que sur la rationalité du choix lui-même comme résultat de la procédure. Il en résulte une incertitude radicale qui ne permet pas de connaître *a priori* les résultats du processus de recherche. Par conséquent, les agents ne peuvent connaître la totalité de l'ensemble des actions possibles pour le problème technologique qu'ils ont à résoudre, ni anticiper le résultat de leur activité de recherche ou d'innovation.

En situation de rationalité limitée, il est impossible pour les viticulteurs d'associer un gain à chaque alternative qui se présente à eux, d'autant qu'ils n'ont pas d'étalon de mesure et que la perception des gains est différente selon chaque exploitant. Les conséquences de la mise en œuvre de processus de production respectueux de l'environnement sont donc imprévisibles pour les exploitations viticoles. Simon (1955) met en avant le fait que les agents ont des capacités cognitives limitées et donc une capacité limitée à traiter l'information provenant d'un environnement complexe. Il ne s'agit donc pas d'une simple situation d'information imparfaite mais bien d'une rationalité limitée des viticulteurs. Ils prennent leurs décisions sur la base des informations qu'ils sont susceptibles de collecter dans leur entourage, en situation de rationalité située (Pecqueur et Zimmermann, 2004), en puisant dans un sous-ensemble de possibles qui peut les conduire à ne pas choisir la solution optimale. Les exploitants peuvent même commettre des erreurs de jugement et ne pas atteindre les objectifs qu'ils se sont fixés eux-mêmes. Le choix entre les différentes techniques de protection du vignoble existantes est effectué par rapport aux objectifs que définit le viticulteur et qui peuvent parfois être contradictoires. L'hypothèse de

rationalité limitée développée dans l'approche évolutionniste permet ainsi de prendre en compte les conditions réelles de la prise de décision individuelle et lève donc l'hypothèse de capacité illimitée de traitement de l'information de manière optimale de la théorie standard.

Troisièmement, une des spécificités des innovations environnementales est de combiner avec l'incertitude que nous venons de décrire, une incertitude liée à leur caractère environnemental. L'incertitude environnementale représente la méconnaissance de l'effet réel de l'innovation sur l'environnement et sur la survie de la biosphère qui résulte des impacts potentiels des rejets chroniques (effluents liquides, gazeux et solides) et des rejets accidentels des firmes (incendie, nuage toxique). Ces deux types de rejets ont généralement des conséquences sur l'environnement qui sont difficilement mesurables (Saint-Jean, 2002). Autrement dit, l'innovation environnementale porte une incertitude liée à l'efficacité environnementale des pratiques mises en œuvre.

Les pollutions diffuses ont généralement des effets différés dans le temps, ce qui rend leur perception délicate. De plus, les connaissances sur l'impact environnemental n'arrivent qu'après (parfois longtemps après) la mise en œuvre d'une nouvelle technologie. Ainsi, nombre de molécules chimiques de synthèse ont été déclarées neutres pour l'environnement avant qu'on s'aperçoive de leur toxicité ou de celle de leurs dérivés *a posteriori*. La capacité d'assimilation de l'environnement étant limitée, la pollution peut conduire à des irréversibilités, en particulier en matière de diversité biologique. L'incertitude environnementale permet d'interpréter l'incertitude scientifique, voire les controverses scientifiques (*cf.* changement climatique) qui entourent les questions environnementales. Elle empêche les firmes de se prémunir totalement contre l'apparition d'une pollution susceptible de remettre en cause son activité de production. Cela ne peut être garanti.

Le meilleur moyen de réduire significativement l'impact environnemental sans trop d'incertitude est de traiter la pollution à sa source et dans notre cas, d'utiliser le moins d'intrants possible quelle que soit leur innocuité présumée. Le caractère environnemental des nouvelles pratiques passe alors par l'utilisation d'indicateurs de mesure (IFT, NODU) permettant de comparer anciennes et nouvelles pratiques par rapport aux quantités de pesticides utilisées plutôt que par rapport à leur impact environnemental réel. Donc, dans le cadre des innovations environnementales, la prise en compte des risques environnementaux dans les processus de décision contribue à accentuer les difficultés liées à l'incertitude du fait des effets d'irréversibilité et de prise de décision en univers

controversé et incertain sur le résultat environnemental (Saint-Jean, 2002). L'environnement n'a pas été le centre des préoccupations jusqu'à il y a quelques années pour de nombreuses exploitations, et les connaissances au sujet des impacts environnementaux sont limitées parmi la population des viticulteurs, ce qui augmente l'effet d'incertitude par rapport aux bénéfices potentiels de l'innovation. Celui-ci est par ailleurs renforcé par le caractère de double externalité généré par les innovations environnementales.

1.3.2. La double externalité positive des innovations environnementales

Les innovations environnementales sont le fruit du développement de nouvelles solutions technologiques pour la protection de l'environnement et sont à ce titre sources d'externalités positives. Elles produisent deux externalités de nature différente qui n'ont pas lieu au même moment du processus d'innovation. Tout d'abord, au même titre que les autres innovations, une innovation environnementale génère, *via* le processus d'innovation, de nouvelles connaissances technologiques disponibles pour d'autres firmes (Guellec, 2009). Les externalités de connaissances proviennent de l'appropriation imparfaite des connaissances par les firmes qui les produisent, *i.e.* de la qualité de bien public du savoir. Des connaissances nouvelles sont créées concernant l'impact des firmes sur l'environnement et les solutions pour répondre aux problèmes environnementaux posés par les différentes technologies en vigueur dans les firmes. Antonelli et Fassio (2011) indiquent que, depuis longtemps, le rôle des externalités de connaissances dans le processus d'innovation a été étudié et montré dans la littérature. La création de connaissances nouvelles a lieu lors de la phase de recherche et d'innovation. La phase de diffusion des innovations est ici importante dans la mesure où, notamment dans le cadre des innovations de processus de production respectueux de l'environnement, l'acquisition de connaissances est essentielle à l'adoption de ces processus par les firmes. Que les innovations environnementales qui conduisent à la réduction des pesticides soient produites par les exploitations elles-mêmes, ou, comme c'est plus généralement le cas, par les acteurs de la recherche et développement en l'absence de R & D formalisée dans les exploitations, les connaissances produites profitent à toute la filière, dans la mesure où peu de brevets sont déposés.

Ensuite, la diffusion de ces innovations environnementales est socialement désirable dans la mesure où tous les agents ont intérêt à voir leur environnement et les ressources naturelles préservées (Rennings, 2000). Ces innovations ont une conséquence sur le bien-être au sens large de la société et des agents qui la composent sans qu'il y ait d'échange ou de transaction entre eux, sans accord préalable. La réduction de l'impact des firmes sur l'environnement est donc une externalité positive des innovations environnementales. Cette externalité se produit dès lors que les innovations environnementales se répandent, c'est-à-dire lors de l'adoption et de la diffusion de ces nouvelles technologies au sein d'une industrie, qui représente donc des phases très importante du processus d'innovation. Tant que le marché ne sanctionne pas les impacts négatifs sur l'environnement, il y a distorsion de concurrence entre les innovations environnementales et les autres types d'innovation, ce qui réduit l'incitation des firmes à investir dans les innovations environnementales. Les exploitations viticoles sont donc naturellement peu incitées à adopter des innovations pour aller vers des pratiques environnementales dans la mesure où les externalités produites sont au bénéfice, non pas de l'entreprise, mais de la société en général.

Les innovations environnementales sont spécifiques par rapport aux autres innovations puisqu'elles sont à l'origine d'une forte incertitude et d'une double externalité positive. Cette double externalité est une caractéristique forte de ces innovations, dans la mesure où elle explicite le manque d'incitation qu'ont les exploitations agricoles, au même titre que les autres firmes, à innover dans ce domaine. C'est pourquoi il convient, dans la partie suivante, de s'intéresser aux déterminants des innovations environnementales qui permettraient de pallier ce défaut d'innovation, analyse que l'approche évolutionniste base sur le tryptique réglementation, demande, opportunités technologiques.

1.4. Les déterminants de la réduction des pesticides en viticulture

Dans ce cadre et compte-tenu des caractéristiques des innovations environnementales que nous venons de décrire, l'approche évolutionniste propose une analyse des dynamiques industrielles basée sur trois catégories de déterminants guidant l'adoption d'innovations environnementales (Oltra, 2008). Il s'agit tout d'abord de la réglementation qui joue un rôle central pour ce type d'innovations (1.3.3.). Mais les innovations

environnementales ne constituent pas exclusivement une réponse à la réglementation, et nécessitent une expression forte de la demande ainsi que l'existence d'opportunités technologiques à saisir (1.3.4.).

1.4.1. Le rôle primordial de la réglementation pour encourager les innovations environnementales

Les innovations environnementales sont donc décrites dans la littérature comme trouvant leur principale source d'incitation dans la pression réglementaire, notamment pour les innovations de processus (Cleff et Rennings, 1999). La réglementation est caractérisée dans l'approche évolutionniste comme exerçant un regulatory push/pull effect, ce qui permet d'aboutir à un résultat « doublement gagnant ».

- *Le regulatory push-pull effect*

Rennings (2000), tout comme Oltra et Saint-Jean (2011) par la suite, indique comme caractéristique principale des innovations environnementales par rapport aux autres innovations le fait qu'elles trouvent leur principale source d'incitation dans la réglementation, notamment à cause des caractéristiques que nous venons de souligner. On observe deux effets principaux [55] de la réglementation décrits par Rennings comme le *regulatory push/pull effect* (Rennings, 2000) :

- le premier effet de la réglementation est d'orienter le changement technique en établissant des normes et en signifiant aux firmes leurs points d'inefficacité dans leurs pratiques et les améliorations potentielles de leurs processus de production ou de leurs produits (Porter et Van der Linde, 1995). La défaillance du marché justifie une intervention publique. Il s'agit de l'effet *technology push* de la réglementation : elle permet de se focaliser sur le changement technologique, notamment à l'aide de normes. En viticulture, la réglementation dirige le changement technologique en mettant les producteurs sur la voie de nouvelles pratiques phytosanitaire. Cela

[55] Le lien entre réglementation et promotion de l'innovation peut se décliner de manière plus fine en six points (Porter et Van der Linde, 1995) : la mise en avant des sources d'inefficacité dans l'utilisation des ressources (pollution diffuse des cours d'eau par exemple) ; le rassemblement d'informations, comme pour la publication de la liste des produits toxiques et classés dangereux ; la réduction de l'incertitude au sujet des investissements en imposant des choix aux entreprises ; la pression de nature extérieure à la firme, reconnue pour avoir un rôle important pour dépasser l'inertie organisationnelle et les problèmes d'agence ; un rôle de tampon dans la phase de transition le temps que les nouvelles technologies aient fait leurs preuves et que les effets d'apprentissage permettent de réduire les coûts ; la compensation (externalité) incomplète lors de la mise en œuvre des innovations.

s'illustre par exemple par des mesures spécifiques, qui a visent d'une part à réduire les pollutions ponctuelles (construction et mise aux normes de locaux phytosanitaires, récupération des EVPP [56] et PPNU [57], *etc.*), et d'autre part à protéger la santé des utilisateurs avec l'obligation du port d'équipements de protection individuels lors des traitements ;

- la réglementation a également un effet *demand pull* en participant à la demande de qualité environnementale, en créant une pression sociétale et de nouveaux besoins dans la société qui stimulent l'innovation des firmes (Rennings, 2000). La réglementation attire donc l'attention sur la pollution et les atteintes à l'environnement en vue de progresser vers une économie des ressources et une préservation du capital naturel. Elle accentue la prise de conscience des firmes si besoin est de les convaincre de la nécessité de préserver l'environnement. Cela entraîne une attitude différente des firmes, et permet l'initiation d'innovations environnementales à travers des changements dans les processus d'apprentissage et d'innovation (Saint-Jean, 2002). C'est ce qu'on observe aujourd'hui avec la montée en puissance des questions environnementales en agriculture alors que ce secteur avait été relativement tenu à l'écart de ce genre de considérations jusqu'à présent. La perception d'une demande forte est pourtant essentielle à long terme. Les normes techniques sont notamment largement utilisées pour créer la demande sociétale, comme dans le cas du Grenelle de l'environnement. Celui-ci a notamment impliqué les consommateurs en les consultant et en les questionnant quant à leurs attentes en termes de préservation de l'environnement. Il a ainsi permis une prise de conscience assez large des problèmes concernant la pollution liée aux pratiques phytosanitaires. En termes de réduction des pesticides, cela s'est traduit par la publication du rapport Ecophyto 2018 qui a fixé et rendu public l'objectif la diminution de 50 % de l'utilisation des pesticides à l'horizon 2018 (Paillotin, 2008).

La réglementation peut donc à la fois être un moteur et une réponse à une demande publique générale de protection de l'environnement, ce qui confère à celle-ci un caractère à la fois normatif et informatif fort.

[56] EVPP : Emballages vides de produits phytosanitaires.

[57] PPNU : Produits phytosanitaires non utilisés.

➢ *L'effet « doublement gagnant » de la réglementation*

Le seul avantage environnemental des innovations environnementales ne constitue donc pas une condition suffisante pour inciter les firmes à les mettre en œuvre, ce qui nécessite la construction de réglementations spécisfiques. Une réglementation environnementale risque, *a priori*, d'augmenter les coûts de dépollution des firmes qui y sont soumises (Porter et Van der Linde, 1995). La réglementation environnementale apparaît donc, au moins au départ, comme une contrainte pour les entreprises qui doivent s'y conformer, même si elles peuvent par la suite en tirer parti. En effet, dans une perspective dynamique, les surcoûts qui peuvent être générés par une mise aux normes doivent pousser les firmes à se mettre en conformité avec la réglementation et les incitent à innover. Dans l'approche évolutionniste, la réglementation est considérée comme un driver positif de l'innovation qui permet aux entreprises, d'une part, de combler au moins partiellement les coûts inhérents à la réglementation (Porter, 1990) [58] et d'autre part, d'augmenter la productivité de la firme. On parle alors d'effet « doublement gagnant », dans la mesure où la compétitivité des firmes est confortée, voire améliorée par la réglementation (compensation des coûts de mise en conformité, opportunités commerciales et développement de parts de marché, entrée sur de nouveaux marchés, *etc.*), tout en répondant aux problèmes environnementaux. Cela est étroitement lié à l'hypothèse de rationalité limitée des agents (Simon, 1972) puisque Porter et Van der Linde supposent que les agents ne peuvent faire des choix non optimaux et ont donc besoin d'être guidés par la réglementation vers la résolution des problèmes environnementaux. Le développement et l'adoption d'innovations environnementales reposent alors en grande partie sur la survenance d'un résultat doublement gagnant permettant de coupler des gains économiques aux gains environnementaux attendus par la réglementation.

La préservation de l'environnement n'étant pas le seul but de l'innovation, il est donc nécessaire de prendre en compte les autres considérations stratégiques des firmes, qui peuvent parfois être contradictoires, d'où l'idée de compromis entre performance économique et performance environnementale [59] des firmes, l'un ne devant pas se réaliser au détriment de l'autre. Toutefois, l'atteinte simultanée des deux objectifs

[58] De manière empirique, peu de travaux sont venus complètement confirmer ou infirmer l'hypothèse de Porter (Oltra et Saint-Jean, 2005).

[59] Le terme de « performance environnementale » est ici entendu au sens de réussite dans l'atteinte des objectifs environnementaux (économie de ressources naturelles, réduction de la pollution, réduction de l'impact négatif de la firme sur l'environnement) de la firme.

semble possible (Florida, 1996). Les firmes innovantes qui développent et adoptent des technologies respectueuses de l'environnement peuvent simultanément améliorer leur productivité et leur performance environnementale. Des travaux empiriques [60] ont permis de confirmer une partie de l'hypothèse de Porter et Van der Linde (1995) selon laquelle l'efficacité environnementale est comprise par les firmes comme partie intégrante de l'efficacité globale de la firme. Horbach (2008) met notamment en évidence l'importance de l'objectif de diminution des coûts de production ainsi que des relations industrielles et la mise en œuvre de systèmes de management environnementaux dans l'émergence des innovations environnementales. Cleff et Reninnings (1999), ainsi que Green *et al.* (1994) ont d'ailleurs montré empiriquement que cela était d'autant plus vrai pour les innovations environnementales de processus où le processus d'innovation est guidé par la réglementation [61]. Toutefois, un débat existe dans la littérature sur la question de l'existence de cet effet doublement gagnant qui a été remise en cause aussi bien au niveau théorique qu'empirique. Trois limites sont mises en évidence : la réglementation ajoute des contraintes aux stratégies de maximisation des firmes et diminue donc les choix possibles, ce qui par la même occasion diminue leur profit (Palmer *et al.*, 1995), la possibilité d'aboutir à des phénomènes de verrouillage technologique (Sharfman *et al.*, 2000) et la compensation seulement partielle des coûts de mise en conformité (Jaffe *et al.*, 1995).

Dans le cas de la viticulture, il est bien entendu envisageable que la réduction d'utilisation des produits phytosanitaires puisse se traduire par une diminution de coût (grâce aux économies d'intrants) ou une augmentation des parts de marché (notamment à l'étranger), selon la technologie environnementale considérée. Toutefois, les caractéristiques de la viticulture d'appellation rendent inenvisageable une augmentation de la productivité. La capacité des firmes à développer et à adopter des innovations environnementales dépend donc beaucoup de leur capacité à combiner efficacité productive, qualité des produits et objectif environnemental (Oltra et Saint-Jean, 2005). **L'analyse des innovations environnementales en viticulture doit donc être appréhendée à travers la complexité des relations entre performance économique et performance environnementale des entreprises viticoles dans un contexte réglementaire incitatif.** Il

[60] Au niveau empirique, de nombreux travaux ont été menés pour analyser les différents facteurs influençant les décisions d'innover en matière d'environnement dans les firmes (voir Cleff et Rennings, 1999).

[61] Ils notent également que si les firmes qualifiées d'innovantes environnementalement sont peu dépendantes des réglementations coercitives pour innover (des instruments de régulation « légers » et volontaires suffisent à les encourager), cela concerne uniquement les firmes *leaders*. Le processus de diffusion des innovations environnementales à une large échelle semble nécessiter une réglementation forte.

nous appartient alors d'analyser dans quelle mesure la réduction des pesticides se traduit par des trajectoires viables économiquement.

- *Les outils réglementaires en viticulture*

Le rôle que peut avoir la réglementation sur le développement et l'adoption d'innovations dépend du choix des instruments politiques et de la manière dont ils sont mis en œuvre. Les instruments mobilisés en matière de règlementation environnementale sont de trois grands types : les instruments de command and control (normes), les instruments économiques (taxes, redevances et permis négociables) et les instruments volontaires, sans qu'il existe un instrument meilleur que les autres selon le contexte et les caractéristiques des innovations considérées (Heaton, 1997 ; Kemp, 1997) [62].

En viticulture, même s'il semble que les exploitations sont loin d'avoir toutes atteint la conformité avec la réglementation en vigueur (Saint-Gès, 2006b), les normes sur le traitement des effluents ont par exemple permis l'amélioration de l'impact environnemental des pratiques des viticulteurs. Cependant, la mise en place de normes en matière de pollution diffuse est relativement compromise. Il est en effet difficile d'envisager le contrôle exhaustif de toutes les exploitations, d'une part parce qu'elles sont très nombreuses et disséminées sur le territoire, et d'autre part parce que le caractère diffus de ces pollutions empêche d'associer les pollueurs à la pollution. Il est donc difficilement envisageable de mettre au point des normes d'émissions ou de pollution comme dans l'industrie chimique par exemple. En ce qui concerne la réduction des pesticides, les taxes sur les produits phytosanitaires sont souvent citées dans la littérature (Deola et Fleckinger, 2008). On observe toutefois, en l'absence d'étude empirique sur le sujet, que les augmentations importantes et récentes dans le prix des intrants chimiques n'ont pas entraîné de baisse significative de leur consommation [63]. C'est pourquoi les politiques publiques actuelles se concentrent sur des mesures financières incitatives (MAE de la PAC), des recommandations (plan Ecophyto 2018) dont la transcription est en cours, et des mesures visant les autres acteurs concernés comme

[62] Pour une revue de la littérature des travaux empiriques sur le rôle des différents outils réglementaires, voir Brouillat (2008).

[63] Nous rappelons que la diminution relativement faible des quantités de pesticides utilisées au cours des dernières années est plus souvent attribuée au retrait d'un nombre important de substance ainsi qu'à la mise sur le marché de molécules efficaces à de plus faibles grammages.

les firmes amont (interdiction et retrait de substances) et la recherche (financements de programme tournés vers la réduction des pesticides).

Les instruments réglementaires et politiques ne sont toutefois pas garants à eux seuls que l'innovation environnementale des entreprises et de l'affectation par les firmes d'un niveau suffisant de ressources pour la mise en œuvre de nouvelles technologies environnementales.

1.4.2. L'approche évolutionniste met également en avant la demande et les opportunités technologiques comme déterminants des innovations environnementales

Nous montrons ici que si le cadre réglementaire est effectivement un élément clé du comportement des firmes en termes d'innovations environnementales, il faut également prendre en compte les autres déterminants sur lesquels se concentre traditionnellement l'économie de l'innovation, c'est-à-dire des facteurs liés aux conditions de marché et aux compétences technologiques des firmes (Kemp et Soete, 1993 ; Kemp, 1997). Les caractéristiques de la demande (conscience environnementale et préférences des consommateurs pour les produits respectueux de l'environnement), les opportunités technologiques (avec des objectifs de réduction des coûts, d'amélioration de la productivité, de développement d'activités de R & D, de relations industrielles, ou encore à cause de la pression des fournisseurs, *etc.*), mais aussi le degré de concurrence entre les firmes, les processus d'apprentissage et les capacités d'absorption des firmes, les conditions d'appropriation des innovations ou encore les relations inter-firmes (verticales ou horizontales), conditionnent également l'émergence et la diffusion des innovations environnementales. Certains auteurs font d'ailleurs ressortir empiriquement les effets *technology push* et *demand pull* dans le processus d'innovation (Green *et al.*, 1994 ; Mazzanti et Zoboli, 2006 ; Frondel *et al.*, 2007 ; Popp *et al.*, 2007 ; Rehfeld *et al.*, 2007 ; Wagner, 2007 et Horbach, 2008). Toutefois, l'analyse de ces multiples déterminants n'est pas faite systématiquement dans les études empiriques portant sur des innovations environnementales et il est donc difficile d'en tirer des généralités sur leur combinaison.

- *Le rôle de la demande*

L'approche évolutionniste questionne le rôle de la demande et plus particulièrement le rôle que peuvent avoir des consommateurs expérimentaux sur le développement d'innovations environnementales (Malerba *et al.*, 2007 ; Brouillat, 2008 ; 2011). Les travaux tentent d'analyser quelles sont les configurations du marché au niveau de la demande qui conditionnent le développement et la survie des firmes. Dans ces travaux, l'adoption d'une nouvelle technologie dépend de la part de consommateurs expérimentaux, c'est-à-dire de ceux qui ont des préférences différentes de la majorité. Quand une nouvelle technologie apparaît, la firme, ou le nouvel entrant, a une part de marché faible. Pour sortir du *lock-in*, il faut qu'il y ait des consommateurs prêts à changer leur mode de consommation. Les travaux de Malerba *et al.* (2007) ont montré que sans ces consommateurs, la nouvelle technologie ne peut pas décoller. Ce sont eux qui permettent de sortir du *lock-in* et à l'innovation de se développer, voire de rentrer en compétition avec la technologie existante. La capacité d'une technologie à se développer dans une industrie dépendrait donc des conditions de demande. En ce qui concerne la demande en vins « environnementaux », l'intégration de la prise en compte de l'environnement dans les pratiques culturales semble être un présupposé pour les consommateurs. Ces derniers s'attendent donc à ce que le produit qu'ils achètent comprenne cette caractéristique, sans exprimer aucun consentement à payer supplémentaire (Bazoche *et al.*, 2009a). La demande sociétale en termes de réduction des impacts sur l'environnement et la santé est importante mais ne signifie pas que cette nouvelle caractéristique ajoutée au produit vin peut se traduire par un avantage compétitif pour les exploitations qui mettent en œuvre des pratiques économes en intrants. Elles sont une exigence minimale des consommateurs dans le cadre de cette externalité positive.

- *Les opportunités technologiques*

Le troisième déterminant mis en avant dans l'approche évolutionniste concerne les opportunités technologiques. Selon les opportunités technologiques qui s'offrent à elles, les firmes sont plus ou moins incitées à innover. Dans le cas de l'agriculture, celles-ci sont très limitées (Pavitt, 1984). Peu d'innovations de produits alternatifs aux pesticides sont ou seront disponibles à moyen terme. Cela amène les viticulteurs à se pencher sur la mise en œuvre de processus de protection du vignoble innovants basés sur des produits

phytosanitaires mais limitant au maximum leur utilisation comme nous l'avons vu auparavant. Mais la mise en place de nouvelles pratiques doit s'accompagner de la satisfaction d'autres objectifs prégnants dans le contexte de la crise actuelle, comme le maintien des coûts de production à un niveau relativement bas et du niveau de qualité à un niveau élevé.

De manière générale, les travaux évolutionnistes se penchent sur l'analyse des dépenses de R & D mobilisées par les firmes pour développer des processus d'apprentissages et exploiter les opportunités technologiques. Dans le cas des exploitations viticoles, la petite taille des exploitations[64] et leur structure font que très peu d'entre elles développent des activités de R&D en interne. Elles ne produisent donc pas d'innovation *stricto sensu*, puisque le développement de connaissances et de compétences afin d'arriver à concilier les différents objectifs de production y compris environnementaux ne peut qu'être très limité si on s'en tient au seul périmètre des exploitations viticoles. En outre, elles doivent développer d'autres formes d'apprentissage moins formalisées pour explorer les opportunités technologiques disponibles. Reste donc à analyser de quels sont les processus qui entrent en jeu dans le comportement de *search* des exploitations pour explorer leur environnement technologique.

Nous proposons une représentation des trois déterminants des innovations environnementales en viticulture basée sur ce que nous venons de développer (figure 8) et qui met en exergue la nécessité d'orienter particulièrement nos travaux sur l'appropriation des opportunités technologiques par les viticulteurs.

[64] Concernant la relation entre taille des firmes et innovation, le débat n'est pas complètement tranché au sujet de la capacité plus importante des grandes firmes pour mettre en œuvre des processus de R & D (Soete, 1979) et les exploiter vis-à vis des problèmes de gestion posés par la taille de grands laboratoires. Mais aucune étude ne montre une relation négative entre taille des firmes et intensité de l'innovation.

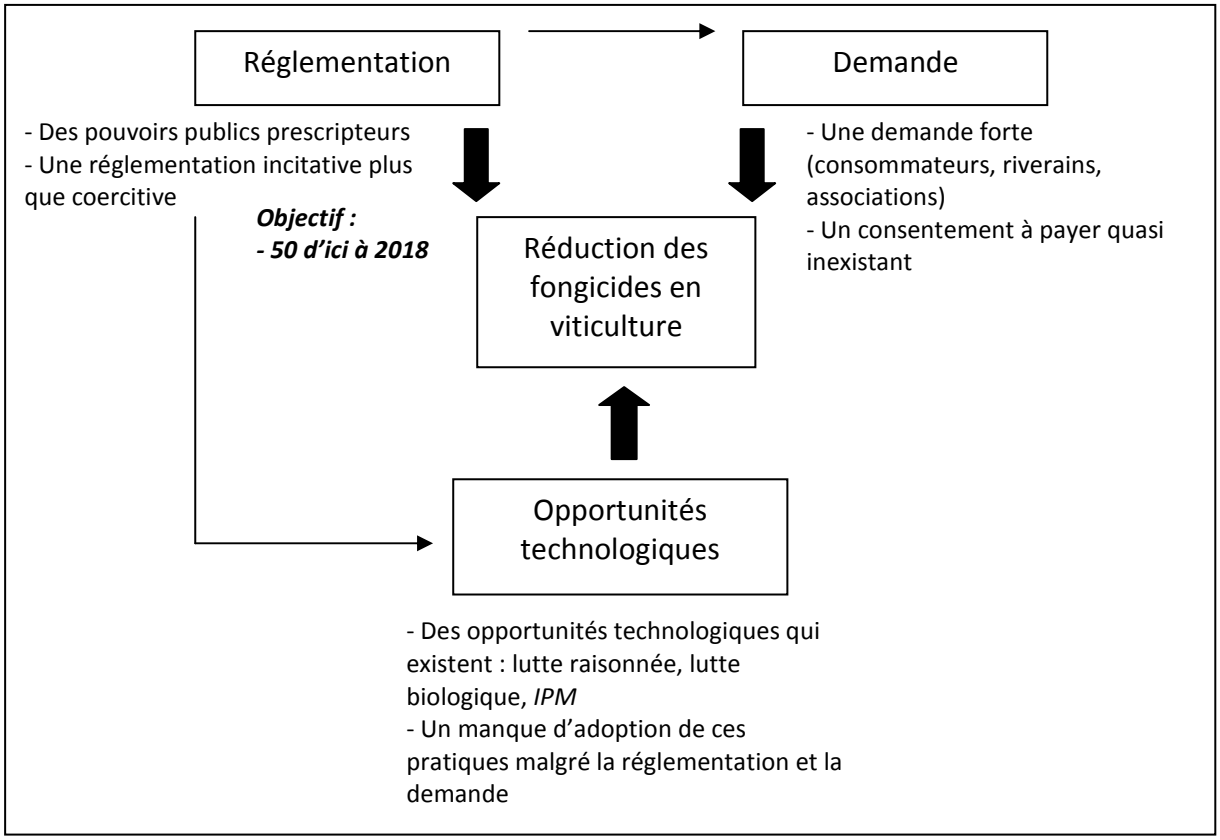


Figure 8 : Synthèse des déterminants de l'adoption de pratiques phytosanitaires économes en fongicides en viticulture (Source : auteur)

Bien que les actions publiques aient permis au secteur de bénéficier des effets positifs de certaines pratiques nouvelles prenant de plus en plus en compte les exigences environnementales, celles-ci restent aujourd'hui trop confidentielles. La relation entre les instruments publics réglementaires ou incitatifs et les réactions des acteurs économiques diffèrent tant en termes de résultats attendus que de perspectives théoriques (Saint-Gès, 2006a). Ces actions sont jugées insuffisantes pour avoir un résultat significatif sur la prise en compte et la protection de l'environnement attendues par la société (Aubertot *et al.*, 2005). **La question de l'appropriation des opportunités technologiques par les viticulteurs devient donc centrale dans la mesure où les exploitations du secteur viticole ne développent pas de R & D en interne pour la création de connaissances et compétences nouvelles**.

2. L'analyse de la réduction des fongicides en viticulture nécessite un recentrage sur la question des processus d'apprentissage dans le secteur viticole

Au regard de l'analyse des différents déterminants évolutionnistes du changement technologique, de nouvelles connaissances et compétences concernant la protection du vignoble sont nécessaires afin de lever les freins associés à la réduction des fongicides dans les exploitations. Dans ce cadre, cette section a pour objectif de montrer que l'analyse de la réduction des pesticides doit se centrer sur le processus d'apprentissage des viticulteurs. Nous montrons tout d'abord que les routines phytosanitaires des exploitations doivent être modifiées pour prendre en compte les contraintes environnementales qui vont s'imposer à elles. Entrent alors en jeu différents mécanismes d'apprentissage interne mais aussi externe, reposant notamment sur des interactions exploitations/autres firmes du secteur (2.1.). De plus, une analyse sectorielle permet de s'attacher au contexte de la dynamique de l'industrie viticole qui conditionne fortement les mécanismes de la réduction des pesticides en viticulture. Nous prenons donc en compte les caractéristiques particulières du secteur viticole pour comprendre quels sont les leviers qui peuvent être mis en œuvre pour favoriser les pratiques économes en intrants (2.2.).

2.1. Un changement de pratiques phytosanitaires qui repose sur des processus d'apprentissage

L'acquisition des nouvelles connaissances et compétences nécessaires à l'adoption d'innovations environnementales pour la réduction de l'usage des pesticides nécessite la modification des routines phytosanitaires des exploitations. Les savoir-faire et expériences qu'elles renferment et conservent doivent donc évoluer, se modifier pour intégrer de nouvelles règles de décision (2.1.1.). Il est donc important pour les exploitations viticoles de développer des processus d'apprentissage afin d'acquérir les ressources qui leur manquent. Pour cela, différents mécanismes sont mis en évidence tels que le *learning by doing* ou *by using* (2.1.2.).

2.1.1. Des routines phytosanitaires à faire évoluer

Les routines des firmes constituent une clé de voûte microéconomique de la construction du cadre évolutionniste par Nelson et Winter (1982). Elles sont un élément essentiel de l'évolution des firmes (Lazaric, 2010). Sous l'hypothèse de rationalité procédurale, les règles de décision sont propres à chaque agent, chacun d'entre eux ayant son propre seuil de satisfaction, ce qui implique un comportement spécifique et des performances (résultats) spécifiques associées. Pour Simon (1955), ce type de rationalité conduit les agents économiques à considérer des règles de décision simples (et donc décomposées pour gérer la complexité) et fixes (identiques tant que la satisfaction est présente). Ce propos a été repris par Nelson et Winter dans leur ouvrage de 1982 et décliné sous la forme de routines pour les firmes (routines de décision ou encore routines organisationnelles). Ils les définissent comme « les dispositions relativement constantes et les heuristiques stratégiques qui façonnent l'approche d'une firme en fonction des problèmes non routiniers auxquels elle fait face » [65] (Nelson et Winter, 1982, p.15). Les routines reflètent les savoirs, les compétences et les expériences d'un agent économique ou d'une organisation, mais aussi leur mise en œuvre dans des contextes précis (Lazaric, 2000, 2010 ; Nelson et Winter, 1982). Ce sont des règles utilisées tout le temps par les firmes et elles en constituent une caractéristique persistante. Les routines ne se modifient donc pas facilement (forte inertie) même si elles évoluent dans le temps. Ces règles de décision sont aveugles, dans la mesure où les agents n'ont pas la capacité d'anticiper leurs futurs résultats, ce qui peut donc les conduire à faire des choix non optimaux. Leur résultat est donc aléatoire, non seulement à cause de l'incertitude, mais également à cause de l'hypothèse de rationalité contextuelle qui suppose qu'une même règle peut générer des résultats différents selon le contexte. Enfin, les règles de décision sont adaptatives : les agents ne peuvent pas anticiper, mais ils peuvent par contre s'adapter et prendre leurs décisions en fonction de leurs performances et expériences passées (notion d'apprentissage).

Chaque firme a son propre répertoire de routines et prend ses décisions en fonction d'elles. Elles déterminent donc ses comportements possibles pour gérer la complexité, mais seulement une partie du répertoire est mise en œuvre selon les circonstances. Ces

[65] La notion de routine a donné lieu à des débats concernant son contenu. La définition générique proposée par de nombreux auteurs semble un bon compromis pour Lazaric (2010) : « la routine est une capacité exécutée lors d'une mise en œuvre répétée et dans un contexte particulier, apprise par l'organisation pour faire face à des pressions sélectives. » (Cohen *et al.*, 1996, p. 33)

routines sont en quelque sorte des règles de fonctionnement, des solutions connues à des problèmes qui peuvent se poser. Elles peuvent être statiques (dans la répétition de pratiques connues) ou dynamiques (quand il s'agit de mettre en œuvre de nouveaux apprentissages). Ce sont les routines de l'entreprise qui servent à conserver ses compétences (Nelson et Winter, 1982). Au cours des routines, les mêmes activités sont répétées régulièrement et le savoir-faire se transmet ; par contre, les compétences non utilisées se perdent. Au-delà des facteurs qui les décrivent, elles constituent un des éléments de différenciation des firmes.

La notion de routine organisationnelle renvoie à la fois à une source de stabilité et de changement (Lazaric, 2010). D'après la définition qui en est donnée, on comprend que l'idée de changement de routines phytosanitaires soit difficile à admettre puisqu'on les décrit comme des automatismes, mais en réalité, elles évoluent selon différentes pressions internes ou externes. Elles constituent d'immenses répertoires de connaissances mobilisables à tout instant pour résoudre les problèmes de pression phytosanitaire quand ils surviennent, voire pour les prévenir avant qu'ils arrivent. Mais les routines n'ont aucun caractère universel : **elles nécessitent des apprentissages spécifiques et la capacité à mettre en œuvre des réponses appropriées dans un environnement particulier.** Elles ne sont pas figées, et leur changement est possible bien que non constant.

Dans notre cas, les routines phytosanitaires (que nous avons présentées au chapitre 1) concernent à la fois les procédures opérationnelles des activités de production et la manière dont les viticulteurs gèrent et mettent en œuvre leurs procédures de recherche. Il s'agit, par exemple, des répertoires stockant comment savoir utiliser un nouveau matériel de pulvérisation de manière optimale, réaliser des observations fines et régulières au vignoble à un stade précoce des maladies, prendre des décisions basées sur de nouveaux critères, participer à des réunions « bout de champ », juger de l'opportunité et déclencher un traitement phytosanitaire, *etc.*

Les procédures liées à la réalisation des traitements phytosanitaires ont été stabilisées, presque figées, à force de répétition et pour gagner en efficacité. Il faut aujourd'hui les modifier pour répondre à la pression sociétale. Bien entendu, les routines phytosanitaires ont évolué depuis les années 1950, avec l'arrivée de nouveaux produits, de nouvelles technologies de pulvérisation, l'amélioration des capacités des viticulteurs, s'ancrant ainsi plus fortement dans les itinéraires techniques. Une fois ces mécanismes acquis, les routines ont été stabilisées, nécessitant moins d'implication et d'investissement des

utilisateurs de ces produits. Les automatismes cognitifs sont donc appris et motivés (Lazaric, 2008), ce qui est la clé de tout apprentissage. Il faut donc que les viticulteurs puissent désapprendre ces routines pour en former de nouvelles. La difficulté majeure réside dans le fait qu'à court ou moyen terme, la réduction de l'utilisation des fongicides passe par la continuité de leur utilisation : la remise en cause des routines phytosanitaires est d'autant plus difficile qu'il faut « oublier » les routines depuis longtemps créées pour les reconstruire autour de l'utilisation - bien que différente - du même intrant chimique (ce qui renvoie au processus de destruction créatrice de Schumpeter (1942)). Il est pourtant parfois difficile de se défaire de certaines compétences acquises [66] et collectives, la majorité des viticulteurs appartenant au même régime technologique.

La satisfaction des nouveaux objectifs assignés à la production viticole nécessite l'évolution des routines phytosanitaires des exploitations. Cette question renvoie donc au développement des processus d'apprentissage pour réagir au contexte productif actuel.

2.1.2. La réduction des pesticides nécessite la mise en œuvre de processus d'apprentissage

Une entreprise viticole détient rarement de manière endogène toutes les ressources (moyens, compétences) nécessaires à l'innovation et au changement technique. La diffusion des connaissances et des compétences entre les agents d'une firme ou entre firmes distinctes d'un secteur renvoie à la question de la disponibilité et à la transmissibilité des connaissances. Il faut donc aller les chercher à l'extérieur des exploitations puis les acquérir. Mais elles ne sont pas considérées comme librement disponibles pour qui désire les acquérir et les mettre en œuvre, conformément aux hypothèses de l'approche évolutionniste. Il convient alors pour les firmes de s'appuyer sur leur processus d'apprentissage pour les acquérir.

[66] À ce sujet, voir l'article de Cohen (2007) sur l'exemple d'une mission militaire américaine.

- *Les connaissances au cœur du processus d'innovation*

Kline et Rosenberg (1986) proposent une représentation assez complète du processus d'innovation où la connaissance est au cœur du modèle et qui diffère considérablement du modèle linéaire et séquentiel d'Arrow (1962). Les firmes disposent d'un stock de connaissances dans lequel elles puisent quand elles en ont besoin. Ces connaissances peuvent être mobilisées directement ou le processus peut être plus complexe. Ce stock de connaissances peut être modifié par le processus d'apprentissage de la firme. Coriat et Weinstein (1995), en s'appuyant sur Dosi, Teece et Winter (1990), définissent l'apprentissage comme un processus par lequel la répétition et l'expérimentation font que, au cours du temps, des tâches sont effectuées mieux et plus vite, et que de nouvelles opportunités dans les modes opératoires sont sans cesse expérimentées. Au cours de leur vie, les agents et les firmes acquièrent une certaine expérience par accumulation de connaissances ; ils développent ainsi des compétences particulières et un certain savoir-faire. Pour innover, les entreprises doivent combiner efficacement des ressources complémentaires diverses (connaissances, compétences, expérience, *etc.*) afin de mettre en œuvre le changement technique et de complexifier leurs savoirs et savoir-faire (Bouba Olga et Grossetti, 2007). L'application de processus de production innovants fait donc appel aux capacités qu'ont les acteurs à mettre en œuvre des processus d'apprentissage et à mobiliser des compétences acquises au cours de leur sentier aussi bien que des connaissances ou des compétences nouvelles. Le niveau d'éducation est ainsi souvent mis en avant comme facteur favorisant la capacité d'adoption de pratiques agricoles environnementales (Fernandez-Cornejo, 1996 ; Lohr *et al.*, 1999).

La problématique de la transmission et de la reproduction de la connaissance dans les processus d'innovation est contrainte par les caractéristiques des connaissances elles-mêmes : une large part des connaissances et des compétences d'une firme est en effet tacite [67], par opposition à l'existence de connaissances dites « codifiées [68] ». Le caractère tacite a trait à la transférabilité et au caractère public du savoir ; le savoir tacite (ou implicite) est enraciné dans l'action, dans les routines, dans un contexte spécifique (ce qui peut augmenter la productivité personnelle au niveau individuel et l'avantage concurrentiel au niveau de l'entreprise). Il est décrit comme plutôt difficile à transmettre,

[67] La distinction connaissances tacites/codifiées n'est pas simple et fait l'objet de nombreux débats (Autant-Bernard et Massard, 2001 ; Cowan *et al.*, 2000).

[68] Élément ou système pouvant être transmis par un signal ou une combinaison de signaux appartenant à un répertoire fini (Foray, 2007).

car non manifesté explicitement par ceux qui le détiennent ou l'utilisent. Polyani (1958) définit les connaissances tacites comme un composant de la connaissance humaine distinct (mais complémentaire) de la connaissance explicite dans le processus cognitif conscient, composant qui est acquis par la pratique et ne peut être articulée de manière explicite. L'exemple souvent pris pour illustrer ce propos est celui de l'apprentissage du vélo. Il est possible d'essayer de décrire à quelqu'un qui n'a jamais fait de vélo comment s'y prendre. Pour autant, la personne ne saura pas automatiquement en faire et la pratique nécessitera un apprentissage de ce qui n'est pas explicitable pour réussir à pédaler en équilibre sur un vélo. Ce sont ces connaissances tacites, difficilement appropriables, qui sont souvent rendues responsables de la difficulté, voire de l'impossibilité d'adoption des innovations. La distinction entre ces deux types de connaissances est donc importante par rapport à la détermination de la capacité des firmes à innover ou à adopter des innovations (Nonaka et Takeuchi, 1995). Toutefois, cela ne veut pas dire que des connaissances codifiées (ou savoirs explicites) et, *a priori*, plus facilement transférables sont facilement ou automatiquement transférées vers d'autres agents ou d'autres firmes.

En lien avec les questions de réduction des pesticides, nous faisons un parallèle entre, d'un côté, le mode d'emploi d'utilisation d'un produit qui pourrait être codifié sous la forme « pulvériser 1 fois tous les 14 jours » et, d'un autre côté, l'*IPM*, qui nécessite tout un raisonnement spécifique à chaque parcelle [69] et ne peut être écrit sur une étiquette. Le caractère majoritairement tacite de ces nouvelles pratiques à mettre en œuvre peut alors constituer une barrière à l'adoption pour des exploitations qui ne développent pas de processus de recherche de manière formalisée.

- *Les mécanismes d'apprentissage*

Depuis les travaux d'Arrow (1962) sur l'innovation, la recherche concernant la croissance économique n'a cessé de prendre en compte et de mettre l'accent sur l'importance du processus d'apprentissage. La littérature met ainsi en lumière différentes formes d'apprentissage pour l'acquisition de connaissances et compétences nouvelles parmi lesquelles l'apprentissage par la pratique, par la recherche, par l'interaction, par la production d'externalités industrielles ou régionales. Elles sont explicitées le plus souvent par les concepts de *learning by doing* (apprentissage par l'expérience) et *learning by using*

[69] Ici, il faut comprendre un ensemble de ceps de cépage particulier, planté sur un complexe argilo-humique particulier et soumis à des conditions climatiques et parasitaires particulières.

(apprentissage par l'utilisation) [70]. La majorité des travaux mettent l'accent sur le *learning by doing* (Arrow, 1962), concept issu du modèle de la croissance endogène d'Arrow. Ainsi, l'efficience d'une unité de production qui travaille sur des systèmes complexes progresse avec le nombre d'unités déjà produites, ce qui conduit à la notion d'apprentissage fondé sur l'expérience. Le concept de *learning by doing* est typiquement formulé comme le gain de productivité dû aux expériences passées de production, basé sur la répétition et le développement incrémental de l'expérience. Il fait allusion à la capacité d'améliorer leur productivité qu'ont les ouvriers en répétant régulièrement le même type d'action. L'augmentation de la productivité est obtenue par la pratique, le perfectionnement et des innovations mineures. Le système de production de Toyota est par exemple connu pour son processus d'amélioration continue, qui est explicitement construit sur les effets d'apprentissage par l'action (Lung, 2001).

Une autre forme d'apprentissage vient des connaissances que le producteur retire de sa relation avec les utilisateurs ; c'est le concept de *learning by using*. C'est Rosenberg qui a le premier développé ce processus (1982). Il introduit notamment l'idée de l'apprentissage par l'usage pour expliquer pourquoi l'utilisation des systèmes complexes gagne en efficience au fil du temps. Il donne l'exemple des machines nouvellement conçues qui présentent certaines anomalies. Celles-ci sont identifiées par les utilisateurs, ce qui entraîne des améliorations dans la qualité des machines produites. Les utilisateurs peuvent aussi être à même de suggérer de nouvelles applications pour des produits existants. L'auteur affirme notamment que dans une économie avec de nouvelles technologies complexes, il existe des aspects essentiels de l'apprentissage qui sont fonction non pas de l'expérience dans la production d'un bien mais dans son utilisation par le consommateur final, les caractéristiques d'un bien ne pouvant être bien comprises qu'après son utilisation prolongée.

Les caractéristiques de ces mécanismes nous permettent de souligner que c'est bien en développant des processus d'apprentissage dans les exploitations que celles-ci pourront acquérir les connaissances et compétences qui leur sont nécessaires, d'une part dans la mesure où les viticulteurs mettent en œuvre et s'approprient ces nouveaux processus (*learning by doing*), et d'autre part, qu'ils gardent un lien avec la source de l'innovation afin de pouvoir faire bénéficier celle-ci de leur retour d'expérience pour l'améliorer (*learning by using*).

[70] On trouve aussi dans la littérature, mais plus rarement, les concepts de *learning by sharing*, *learning by exporting.*

L'apprentissage est donc producteur de connaissances qui sont formalisées par les routines dans l'entreprise. Dans le cas de la réduction des pesticides en viticulture, bien qu'une partie des nouveaux processus puisse sans doute être formalisée et codifiée, une grande partie des connaissances et compétences demeure tacite pour les viticulteurs. C'est bien la maîtrise du processus *IPM* par l'exploitant qui conditionne l'efficacité économique et environnementale des pratiques mises en œuvre. Un processus d'apprentissage est donc en jeu pour l'acquisition de ces nouvelles compétences, qu'il soit mis en œuvre volontairement ou de manière plus informelle à l'occasion d'interactions avec d'autres acteurs.

2.2. Une conceptualisation de l'apprentissage basée sur la distinction apprentissage interne et apprentissage externe

Les processus d'apprentissage peuvent reposer, d'une part sur les connaissances et compétences propres des viticulteurs qui vont puiser dans leur base de connaissances, et d'autre part, mobiliser des ressources extérieures à l'exploitation pour acquérir des connaissances qu'ils ne peuvent produire. Si l'évolutionnisme se concentre traditionnellement sur l'observation de la capacité endogène des firmes à innover et sur la création de routines structurantes pour les entreprises, le développement des connaissances et des compétences nécessaires est largement conditionné par l'interaction et la coordination des acteurs (Cohen et Levinthal, 1990). En l'absence de R&D dans les exploitations, le changement de pratiques phytosanitaires suppose des apprentissages externes importants, qui reposent à la fois sur l'accompagnement des exploitations par des structures extérieures pour acquérir des compétences nouvelles et sur les dynamiques collectives se construisant au sein de groupes d'agriculteurs, ce qui permet notamment de réduire l'incertitude inhérente au processus d'innovation. Nous proposons donc dans cette section de montrer en quoi les processus d'apprentissage comprennent des éléments internes et des éléments externes aux firmes (2.2.1.). Puis nous insistons sur le fait que les relations inter-firmes au sein du secteur sont importantes pour arriver à dépasser le *lock-in* des viticulteurs dans l'utilisation systématique de fongicides (3.1.).

2.2.1. Des connaissances et compétences provenant de sources internes et externes

Nous envisageons alors l'adoption d'innovations pour la réduction des fongicides comme un processus cumulatif de résolution de problèmes qui implique différentes formes d'apprentissage (Dosi *et al.*, 1988). Malerba (1992) propose une différenciation des processus d'apprentissage des firmes qui repose sur deux hypothèses :

- la première stipule que les firmes apprennent de différentes manières en fonction des sources des connaissances mobilisées (sources internes ou externes) ;
- la seconde établit que cette diversité des processus d'apprentissage génère des trajectoires technologiques spécifiques.

L'acquisition de connaissances et compétences nouvelles est le fruit d'un apprentissage cumulatif qui combine, d'une part, ce que les différents acteurs tirent de leurs propres expériences et de leur propre accumulation de savoir, et d'autre part ce qu'ils apprennent en interagissant avec d'autres acteurs (Lundvall et Johnson, 1994). Malerba (1992) établit également une distinction entre l'apprentissage externe des firmes (résultant de l'exploitation de sources externes de connaissances telles que la recherche publique ou les effets de *spillovers* au sein de l'industrie) et l'apprentissage interne (fondé sur le *learning by using*, le *learning by doing* et le processus interne de recherche en R & D s'il existe). Ces différentes formes d'apprentissage conditionnent les activités d'innovation et sont donc à l'origine de la diversité des connaissances et des compétences technologiques des firmes (Malerba, 1992). Pour le cas des exploitations viticoles, deux apprentissages peuvent être retenus pour conceptualiser le processus de recherche des viticulteurs : l'apprentissage interne et l'apprentissage externe. La distinction entre ces deux formes d'apprentissage présente certaines limites dans la mesure où il n'existe pas de façon durable d'apprentissage purement externe ou interne (Le Bas et Zuscovitch, 1993). En effet, même si une firme ne collecte pas volontairement des informations externes, celle-ci exploite toujours des connaissances qui n'ont pas été développées en interne. Nous retenons toutefois cette distinction pour modéliser les différentes sources de connaissances et compétences venant impacter le processus d'apprentissage des viticulteurs et afin de faciliter la compréhension des mécanismes en jeu.

Parmi les différentes formes de coopération et de coordination dans les études sur la performance innovatrice des firmes, la majorité des travaux porte sur le processus de

R & D [71] (Griliches, 1984). Mais les exploitations viticoles sont en général de petites structures qui ne conduisent pas elles-mêmes d'activité de R & D, en tout cas pas de manière formellement identifiée comme cela peut être le cas dans d'autres industries. Cela n'empêche toutefois pas qu'elles soient capables de capitaliser et de construire leurs savoir-faire de manière cumulative. L'apprentissage n'est pour autant pas purement externe, puisque les capacités à exploiter et à assimiler des connaissances externes dépendent de la base de compétences et de connaissances internes à la firme.

Pour Malerba, les sources de l'innovation tant internes qu'externes dépendent des capacités des firmes à transformer les connaissances accumulées dans le temps, *i.e.* la capacité d'absorption des firmes (Cohen et Levinthal [72], 1989). Malerba souligne ainsi pourquoi les compétences initiales internes peuvent être consolidées par des connaissances externes et *vice versa*. C'est en effet la combinaison interne et externe qui caractérise le processus d'absorption des firmes tel que le définissent Cohen et Levinthal (1989). Dans un environnement donné, les firmes peuvent apprendre et innover de différentes manières selon leurs expériences, leur base de connaissances et leurs compétences de départ, celles venant de l'extérieur et la manière dont elles sont capables de les intégrer. Les viticulteurs n'agissent pas dans un contexte vide, et leurs comportements sont structurés par leurs expériences passées (processus cumulatif) et la structure de leur environnement (processus interactif). Ils doivent ainsi non seulement activer leur propre processus d'apprentissage, mais aussi se coordonner avec d'autres acteurs pour acquérir les ressources manquantes. Ainsi, la capacité d'innovation d'une exploitation viticole dépend du contexte dans lequel elle se trouve. Le changement de pratiques techniques sera alors le résultat de l'interaction de l'exploitation viticole avec son contexte et de la capacité d'appropriation des viticulteurs pour les ressources produites en externe (Mathé et Rivaud, 2009).

2.2.2. Un changement de pratiques qui nécessite des interactions pour acquérir de nouvelles compétences

En l'absence de R & D dans les exploitations, une partie des nouvelles connaissances et compétences nécessaires à l'adoption de nouveaux processus de protection des vignobles

[71] Pour une synthèse récente sur ce point, voir Antonelli et Fassio (2011).

[72] Les auteurs montrent que la capacité des firmes à capter des externalités de connaissances est fonction de leur niveau interne de R & D. La capacité d'absorption est mesurée à travers l'effort de R & D des firmes dans la littérature, ce qui n'est pas transposable aux exploitations viticoles.

économes en fongicides doit provenir de l'extérieur des exploitations. L'objectif est alors d'expliciter en quoi les sources externes de connaissances et les interactions des firmes avec les autres acteurs sont des éléments importants du processus d'innovation.

L'innovation est décrite comme un processus interactif complexe dans la littérature (Le Bas, 1995). Cela est particulièrement visible dans le modèle développé par Kline et Rosenberg (1986) (figure 9). L'innovation met en jeu de multiples interactions entre de multiples acteurs aux différents stades de développement de la technologie. À l'opposé du modèle linéaire et séquentiel de l'innovation qui part de la R & D vers la mise en marché d'un produit (Arrow, 1962), le modèle de liaisons en chaîne de Kline et Rosenberg (1986) met l'accent sur les rétroactions, sur les remontées des stades aval vers les stades amont et sur l'interactivité entre la recherche et les différents stades du processus d'innovation gérés par les firmes. Il y a des boucles d'interactions entre les différents compartiments du modèle et à l'intérieur de chacun d'entre eux. L'innovation y est développée par un système et non de manière individuelle. Elle est modélisée comme un processus cumulatif, interactif, systémique et présentant un degré élevé de complexité. Le processus d'apprentissage ne peut d'ailleurs se faire que s'il existe des interactions avec d'autres firmes. On peut dès lors penser que les innovations, pour être mises en œuvre à large échelle, nécessitent d'être majoritairement basées sur des relations de coopération (Gallié, 2004). Les firmes doivent se coordonner avec d'autres acteurs pour acquérir les ressources qui leur manquent (division cognitive du travail). Le transfert de connaissances est ainsi favorisé. Les sources de l'innovation se situent donc plus dans les relations entre les différents acteurs plutôt qu'intrinsèquement dans chaque sphère.

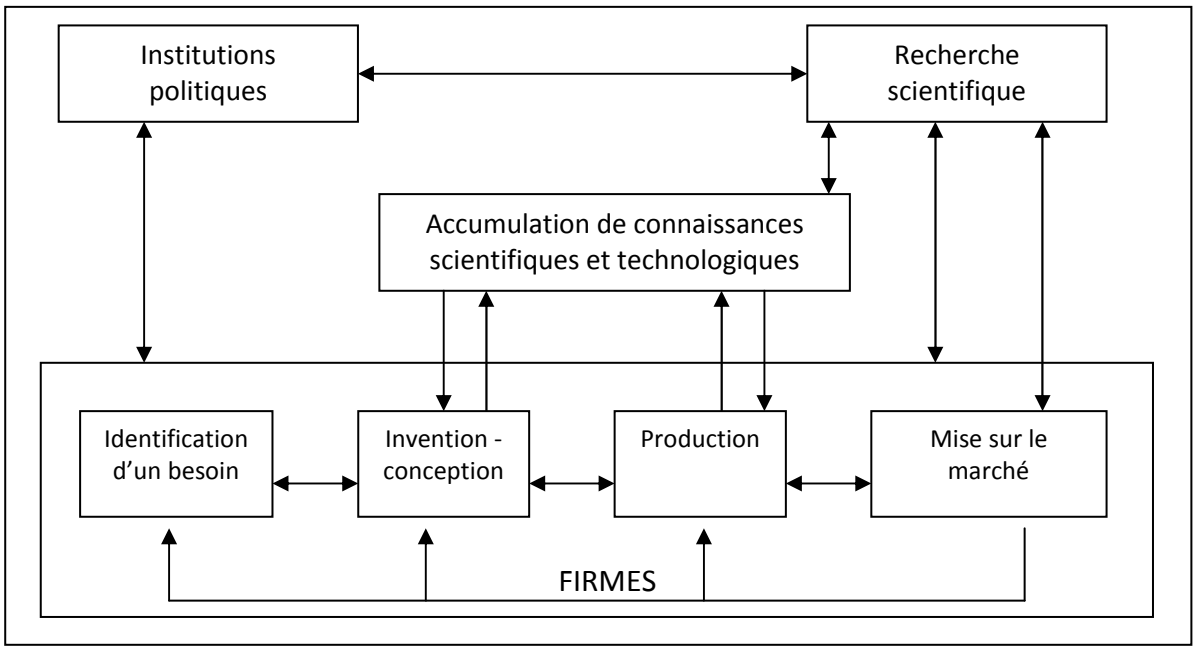


Figure 9 : Le modèle de liaison en chaîne (d'après Kline et Rosenberg, 1986)

Le processus d'apprentissage collectif est donc favorisé par des relations de coopération entre les firmes d'un même secteur, qu'elles soient horizontales ou verticales. Dans le modèle de Kline et Rosenberg (1986), l'accent est notamment mis sur les relations de la firme avec son environnement extérieur (firmes, laboratoires publics, centres de recherche, clients, fournisseurs, auxquels on pourrait rajouter les organisations professionnelles et de développement en agriculture). Les travaux d'Arthur (1990, 1994, 2009) montrent que le changement technologique peut être considéré comme un processus généralisé et collectif. Le concept de *learning by interacting* ou concept d'apprentissage par l'interaction introduit l'idée que l'interaction entre les producteurs et les utilisateurs au cours du processus d'innovation améliore les compétences des uns et des autres (Lundvall, 1988). Les agents n'agissent pas dans un contexte vide et leurs comportements sont structurés par leurs expériences passées et la structure de leur environnement. La nature tacite des connaissances implique une importance particulière de la dimension collective de l'apprentissage. Sans cela, les firmes sont enfermées dans des trajectoires spécifiques qui diminuent leur capacité à innover (Bouba Olga et Grossetti, 2007), d'autant plus qu'elle ne peuvent pas compter sur des effets internes provenant de la R & D. L'apprentissage peut donc être envisagé comme un processus d'apprentissage cumulatif dont l'agent est le support, mais qui est conditionné par la coordination et les interactions de la firme avec son environnement (Lundvall, 1992).

L'adoption d'une innovation est donc non seulement liée à l'acquisition des connaissances et compétences technologiques, mais également à la compréhension par

l'entreprise du contexte, des caractéristiques de l'environnement qui l'entoure et des autres acteurs de la filière. L'innovation est en ce sens un processus social entre différents acteurs, contraint par un environnement donné (Steyer et Zimmermann, 2004). Les acteurs prennent leurs décisions sur la base des informations et des externalités de connaissances qu'ils sont susceptibles de collecter dans leur entourage, en situation de rationalité située (Pecqueur et Zimmerman, 2004). Dans ce cadre, nous considérons dans notre travail les connaissances externes, non comme une externalité de la production de bien qui ne requiert aucune interaction dans l'industrie, mais comme un facteur indispensable pour l'adoption d'innovations dans les exploitations viticoles et qui nécessite des interactions. La coordination des acteurs du secteur viticole dans un environnement collectif est alors analysée comme un moyen de faciliter les processus d'apprentissages (externalités de connaissances) en viticulture. Elle permet d'une part de favoriser l'émergence de solutions et la diffusion de nouvelles pratiques de protection du vignoble. D'autre part, elle génère d'autres externalités positives nécessaires à la mise en œuvre d'innovations environnementales (externalités pécuniaires au sens de Griliches (1979)).

Seules, les exploitations viticoles ont une capacité d'innovation et d'apprentissage limitée. On peut dès lors considérer que les innovations pour la réduction des fongicides, pour être mises en œuvre à large échelle, doivent être majoritairement basées sur des relations de coopération et d'interactions avec d'autres acteurs de la filière. Leur capacité d'innovation dépend donc du contexte dans lequel elles se trouvent tout comme de la compréhension qu'elles ont de ce contexte.

2.3. De l'intérêt d'une étude spécifique au secteur viticole pour appréhender la dynamique du changement de pratiques phytosanitaires

De nombreuses études empiriques ont mis en évidence des différences inter-sectorielles significatives en matière de performances technologiques et de stratégies d'innovation des firmes (Cohen et Levin, 1989 ; Patel et Pavitt, 1995 ; Dosi *et al.*, 1995. Les entreprises de secteurs différents ne peuvent pas toutes incorporer et s'approprier de la même manière les bénéfices d'une innovation. Les différences observées entre les secteurs sont

liées à plusieurs facteurs (Lazaric, 2010, p. 49) : « les conditions d'opportunité, c'est-à-dire la façon dont chaque secteur produit et crée des connaissances ; les conditions d'appropriabilité, selon la capacité des firmes à protéger (faiblement ou fortement) l'innovation pour bénéficier de la rente associée à cette dernière ; les conditions d'accumulation au sein du processus d'apprentissage interne et externe des firmes ; les propriétés de la connaissance de base, c'est-à-dire son caractère tacite ou non, son caractère public ou privé, et son niveau de spécificité. » Dans cette section, nous proposons donc, au vu de l'importance de l'analyse de ces mécanismes pour comprendre le changement technologique, de mener une analyse spécifique au secteur viticole et basée sur les processus d'apprentissage que développent ou pourraient développer les exploitations viticoles dans le cadre de la réduction des fongicides en viticulture.

L'agriculture est un secteur considéré comme dominé par l'offre d'innovation de produits faite par les firmes amont (Pavitt, 1984). Jusqu'à ce jour peu d'attention a donc été portée sur les trajectoires innovatrices des exploitations viticoles (2.1.1.). Nous positionnons notre travail en complémentarité de ceux de Pavitt, dans la mesure où les innovations environnementales requise pour la réduction des fongicides en viticulture, bien que provenant au moins en partie de l'extérieur des exploitations, nécessitent un processus d'apprentissage des viticulteurs, lui-même dépendant des caractéristiques du secteur (2.2.2).

2.3.1. L'agriculture, un secteur dominé par l'offre d'innovation

Les travaux de Pavitt (1984) mettent en évidence des similitudes et des différences entre secteurs en matière de changement technologique (nature et impact des innovations, sources de connaissances, taille et activités innovantes des firmes, *etc.*). À partir d'une base de données concernant les innovations dans les entreprises de Grande-Bretagne entre 1945 et 1979, des comparaisons sont faites entre les entreprises en fonction des sources de la nouvelle technologie (générée dans le secteur ou plutôt par l'achat d'équipement de production et de matières premières), des sources institutionnelles et de la nature des technologies produites dans le secteur (sources des connaissances, notamment) et des caractéristiques des entreprises innovantes (taille, capital). Il en découle une typologie de secteurs [73]. Ainsi, certains secteurs sont identifiés comme

[73] Les moteurs de l'innovation dans différents secteurs peuvent être diamétralement opposés (Bogliacino et Pianta (2009), dans une actualisation des travaux de Pavitt).

produisant les innovations dont ils ont besoin, tandis que d'autres dépendent du progrès scientifique pour leurs technologies comme c'est le cas pour l'agriculture d'après Pavitt (1984). L'agriculture est décrite dans ses travaux comme un secteur dominé par l'offre d'innovations, tout comme l'industrie manufacturière, la construction immobilière, les services financiers et commerciaux. Les entreprises appartenant à ces secteurs ont pour caractéristiques d'avoir des tailles relativement petites avec de faibles activités de R & D et d'ingénierie, et leurs trajectoires sont le plus souvent définies en termes de réduction des coûts.

L'agriculture est un secteur évoluant dans un marché peu concentré, avec absence de structure oligopolistique, de bas niveaux de changements technologiques, ayant une capacité d'innovation limitée en propre dans les exploitations et donc une R & D insignifiante, des produits homogènes et une compétition par les prix très forte (Possas *et al.*, 1996). Cela correspond à un régime technologique dit de « Schumpeter 1 » (Schumpeter, 1934), caractérisé par de petites firmes avec des conditions d'appropriabilité et de cumulativité faibles. Pavitt (1984) considère ainsi que les exploitations elles-mêmes apportent seulement une contribution mineure au développement d'innovations dans leur propre secteur, ces dernières provenant plutôt et essentiellement des fournisseurs d'équipement et de matériel, même si la recherche publique, des clients importants ou des services de vulgarisation peuvent aussi apporter leur contribution au processus d'innovation. Cela renvoie à la notion de recherche interne ou externe au secteur étudié.

Les travaux de Pavitt (1984) et Nelson (1986) se sont efforcés de saisir, pour un secteur donné, les logiques guidant l'internalisation et l'externalisation de la recherche, *i.e.* le comportement de *search* des firmes. Ils montrent notamment que les innovations peuvent se diffuser dans un secteur sous la forme de modifications techniques incorporées aux biens d'équipement et mises au point dans un secteur externe au secteur considéré (Foray et Le Bas, 1991), comme ça a été le cas en agriculture ces dernières années. Cette tendance est d'autant plus prégnante que la concentration du secteur est faible. Les offreurs d'innovation sont alors en capacité d'avoir un comportement de domination sur les petites et moyennes entreprises. Cela éclaire le processus de modernisation agricole des années 1950, où l'agrofourniture a développé une domination de l'incorporation d'innovations aux processus de production agricole (intrants chimiques, matériel, par exemple).

Les opportunités technologiques qui existent aujourd'hui sont liées au paradigme technologique prévalent, c'est-à-dire celui des pesticides. Il est clair que la phase de modernisation de l'agriculture qui a suivi la Seconde Guerre mondiale a connu d'énormes progrès grâce à l'incorporation aux processus de production de nouveaux matériels et de nouveaux intrants (engrais, semences, produits phytosanitaires) provenant des industries du machinisme agricole et de l'industrie chimique. De nouveaux facteurs de production ont été apportés dans les processus de production sous la forme d'innovations de produits. Depuis les travaux de Pavitt (1984), peu d'attention a donc été portée aux processus d'innovation dans les exploitations agricoles en général, et viticoles en particulier. Les analyses ont plutôt porté sur l'étude des innovations dans les industries amont (Possas *et al.*, 1996) avec, par exemple, les travaux de Lemarié (1995) sur l'industrie des semences. Les autres sources d'innovation sont en fait ignorées, puisque le *lock-in* affecte l'ensemble du système. **Dans la situation actuelle, dans laquelle il est nécessaire de passer à une nouvelle norme, les viticulteurs doivent se pencher sur d'autres opportunités technologiques, *i.e.* l'adoption d'innovations de processus qui permettent d'utiliser moins de pesticides, mais qui nécessitent une appropriation de nouvelles connaissances et compétences par les viticulteurs pour les maîtriser.** Il ne s'agit alors plus d'incorporer des innovations environnementales par le biais de nouveaux intrants, mais bien de recomposer les itinéraires techniques pour assurer la protection phytosanitaire avec moins de pesticides et surtout moins de fongicides (Aubertot *et al.*, 2005). Or, la capacité de diffusion des connaissances dépend fortement du secteur considéré (Autant-Bernard, 2000). Il devient donc nécessaire de s'intéresser au processus d'innovation au niveau des exploitations viticoles en tenant compte des spécificités du secteur.

2.3.2. De la nécessité de prendre en compte les spécificités du secteur viticole pour l'analyse de la réduction des pesticides en viticulture

Une approche centrée sur l'évolution de la structure industrielle et la concurrence entre les firmes, comme c'est le cas pour d'autres secteurs, ne serait pas productive pour analyser la réduction des fongicides en viticulture. Les caractéristiques du secteur viticole ne doivent pas seulement être admises, mais doivent être à la base de l'approche de dynamique industrielle du secteur agricole et, ici, viticole (Possas *et al.*, 1996). Il ne suffit donc pas de l'analyser comme un secteur dominé par l'offre d'innovation. Il peut, comme

les autres industries, être analysé dans sa diversité, dans la mesure où les trajectoires technologiques ne sont pas uniques, sa dynamique étant un élément important pour comprendre le changement de pratiques. Il est alors possible d'utiliser un cadre commun de référence partagé avec les autres secteurs basé sur trois éléments basiques proposés par Possas *et al.* (1996). Tout d'abord, les auteurs pointent la nécessité de s'intéresser à la nature des paradigmes technologiques et aux trajectoires correspondantes, comme nous l'avons fait au chapitre 1, pour exposer la problématique de l'utilisation de fongicides en viticulture. Cela permet ainsi de distinguer le comportement global du secteur dans l'utilisation d'intrants chimiques (le paradigme des pesticides), composé de diverses trajectoires technologiques spécifiques de chaque exploitation viticole avec des degrés d'utilisation des pesticides divers. Ensuite, les auteurs proposent de prendre en compte les réponses comportementales et stratégiques des exploitations viticoles par rapport aux signaux du marché et aux opportunités de changement technologique définies par les trajectoires technologiques en cours, qui correspond à ce que nous souhaitons analyser dans notre travail. Enfin, ils suggèrent d'analyser le processus de sélection par le marché ou d'autres institutions.

Parmi les trajectoires des exploitations viticoles, on distingue de manière générale une importante hétérogénéité dans les pratiques mises en œuvre, aussi bien entre les différentes démarches associées à des signes de qualité environnementale qu'à l'intérieur de chacune d'entre elles (Bélis-Bergouignan et Cazals, 2006). Les règles de décision des viticulteurs sont en effet spécifiques, chacun ayant son propre seuil de satisfaction, ses propres objectifs de production et sa propre expérience passée. Cela implique un comportement spécifique et des performances (résultats) spécifiques associées, d'autant plus qu'une même pratique peut conduire à des résultats différents pour une même innovation selon le contexte d'exploitation où elle est mise en œuvre. Le processus de changement technique est ainsi spécifique à chaque activité et à chaque exploitation, celle-ci différant des autres par ses compétences techniques et organisationnelles et par ses capacités à cumuler de l'expérience et à capter de nouvelles informations (Dosi *et al.*, 1988 ; Nelson et Winter, 1982 ; Rosenberg, 1982). La recomposition des itinéraires de protection phytosanitaire constitue un problème complexe et spécifique à chaque exploitation, ce qui empêche de produire un itinéraire type qui pourrait être appliqué dans toutes les exploitations. L'hétérogénéité caractérise ainsi les entreprises du secteur viticole et chacune suit sa propre trajectoire dans la mesure où la recherche technologique et les choix techniques sont contraints par ce qu'elles ont appris par le

passé. La dynamique de changement technologique, *path-dépendante* comme nous l'avons vu précédemment, ne peut que renforcer ce caractère spécifique, les firmes ayant des capacités d'absorption des connaissances et compétences nouvelles différentes. Le développement de nouvelles technologies et de nouveaux processus de protection du vignoble n'est donc pas aléatoire.

Nous proposons également de prendre en compte dans une analyse dynamique du processus d'innovation en viticulture, comme le recommandent Possas *et al.* (1996), les caractéristiques spécifiques qui font la particularité du secteur viticole. Celles-ci sont de plusieurs ordres :

- les bases de la production dépendent fortement des conditions naturelles, ce qui affecte les tendances technologiques dans le temps, mais aussi dans l'espace. Ainsi, la longueur du cycle de production est assez importante et inhabituelle ;
- les sources de réduction de coût sont très limitées, tout comme la taille et la gamme des produits des entreprises. Ainsi, il manque les conditions les plus importantes pour générer de grosses unités de production et de grosses concentrations de marché, ce qui est plutôt recherché dans les autres secteurs. Cela tendrait à contredire les possibilités de développement de trajectoires gagnant-gagnant démontrées par Porter et Van der Linde (1995) si les possibilités de réduction de coût sont limitées, dans la mesure où il s'agit d'un élément de gestion important pour les exploitations viticoles (Pailler, 2004) ;
- la taille et les caractéristiques organisationnelles des entreprises et des unités de production varient largement ;
- le degré d'appropriabilité des technologies est très bas à cause du manque d'attractivité pour la R & D et les autres efforts d'innovation, ce qui confère au secteur une image de relatif retard technologique et de faibles gains de productivité. Cela tend à nous laisser penser qu'une partie de l'effort de recherche des exploitations pour l'adoption d'innovations environnementales de processus provient de l'extérieur et se fait avec l'aide d'autres acteurs du secteur.

Les producteurs ne diffèrent pas seulement par leur degré d'aversion au risque mais également par leur revenu (prix de marché), la taille de leur exploitation, les conditions financières dans lesquelles ils évoluent, la productivité de leur processus de production, leur capacité d'apprentissage et leurs compétences techniques.

Tout en nous inscrivant bien dans la description que fait Pavitt (1984) de l'agriculture et de la provenance externe des innovations, nous positionnons notre travail en complémentarité de ses résultats. En effet, compte tenu des nouveaux objectifs assignés à la production viticole et des caractéristiques des innovations concernées (innovations de processus et non de produit), nous développons ici l'idée qu'il est aujourd'hui impossible de se passer d'analyser la dynamique de leur adoption au sein même des exploitations ; les déterminants ne concernent en effet pas seulement les innovations dans les firmes amont. Telles que nous les avons décrites conceptuellement, les innovations de processus pour la réduction des fongicides en viticulture ne peuvent s'incorporer de manière simple et linéaire au processus de production du raisin : l'adoption et l'appropriation de ces innovations par les exploitations sont donc des éléments clés de leur mise en œuvre. Toutefois, l'agriculture en général et la viticulture en particulier, sont des secteurs où la R & D, très souvent mise en avant par les auteurs évolutionnistes et utilisée comme indicateur de mesure, est quasiment inexistante dans les exploitations, comme l'a décrit Pavitt (1984) ; la R&D est plutôt externe en agriculture. Le rôle croissant des *inputs* scientifiques dans les processus d'innovation (plutôt que la simple incorporation de nouveaux intrants dans les processus de production) montre l'importance de facteurs externes aux exploitations. La science est ainsi indispensable au changement technologique (Dosi, 1988a), y compris en agriculture, les producteurs devant engager des processus d'apprentissage spécifiques pour intégrer de nouvelles pratiques phytosanitaires dans leurs processus de production. Les opportunités de changement de pratiques dépendent donc fortement de la capacité des viticulteurs à maîtriser ce changement, de leur base de connaissances et de compétences propres et spécifiques à leur exploitation. Kemp (1993) note qu'il faut considérer également les effets dynamiques d'apprentissage et l'environnement sélectif des entreprises. Ce dernier est particulièrement composé par la nature des avantages et des coûts mesurés au sein des exploitations, la manière dont les préférences des pouvoirs publics orientent la rentabilité des opportunités technologiques, la relation entre le bénéfice et le changement de l'organisation productive s'il y a lieu, et les facteurs favorisant la connaissance des opportunités technologiques disponibles (Saint-Gès, 2006a). Selon Kemp (1993), la décision d'adoption d'innovations environnementales dépend alors essentiellement de trois facteurs clés : le coût et la qualité de l'innovation, la situation de l'entreprise en termes de connaissances et de compétences et le risque et l'incertitude concernant les conséquences économiques potentielles de l'innovation en question. Nous

retenons donc ces critères comme des éléments importants à analyser pour comprendre le changement technologique pour la réduction des fongicides en viticulture.

Le processus d'innovation pour la réduction des pesticides peut donc être envisagé comme un processus collectif qui comprend une part d'apprentissage interne des exploitations, et une part de connaissances externes aux exploitations qu'elles acquièrent au cours d'échanges avec d'autres acteurs. Compte-tenu de l'absence de R & D dans les exploitations, **nous retenons une conceptualisation de l'apprentissage des viticulteurs basée à la fois sur leur propre expérience dans une dynamique cumulative, et sur des sources externes qui leur apportent les connaissances et compétences nécessaires à leur comportement de recherche (*search*).** Nous proposons donc de nous intéresser maintenant aux modalités de mise en œuvre de ce processus d'apprentissage externe.

3. L'apprentissage des viticulteurs repose sur l'activation des proximités sur le territoire

Les interactions en jeu dans les processus d'apprentissage des viticulteurs questionnent l'environnement dans lequel ils évoluent et les acteurs avec lesquels les interactions peuvent se dérouler pour favoriser le processus d'innovation environnementale. Nous mobilisons la notion de proximité pour montrer l'intérêt de l'ancrage de l'activité viticole sur des territoires. Nous mettons ainsi en évidence le rôle que les proximités géographique et organisée peuvent jouer dans la réduction des pesticides en viticulture (3.1.). Il en découle que les diverses entreprises du secteur situées sur le territoire des exploitations sont les plus à même de les accompagner dans ce processus de changement. Nous terminons donc cette section par l'identification de ces acteurs et par notre conceptualisation du processus d'apprentissage des viticulteurs dans les bassins de production viticoles (3.2.).

3.1. Le rôle des proximités dans l'apprentissage pour la réduction des fongicides en viticulture

Nous mobilisons la notion de proximité afin d'expliciter l'importance de la dimension territoriale de l'activité viticole dans les interactions avec les acteurs du secteur. Dans le cadre du conflit environnemental autour de l'utilisation des pesticides que nous avons décrit au chapitre 1 (§ 2.2.2.), les proximités géographique et organisée amènent des éléments pour comprendre les modalités de résolution de celui-ci. Si la proximité géographique entre les acteurs des bassins viticoles est accusée à juste titre d'être source d'externalités négatives, elle pourrait être dans les faits un élément clé de la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement. Nous revenons tout d'abord sur les définitions des proximités géographique et organisée (3.2.1.), avant de montrer le rôle que peuvent jouer les proximités géographique et organisée pour solutionner le conflit environnemental décrit au chapitre 1 (3.2.2.). Enfin, nous expliquons en quoi la proximité géographique doit être activée par la proximité organisée pour bénéficier d'externalités favorables à la réduction des fongicides en viticulture (3.2.3.).

3.1.1. Les notions de proximités géographique et organisée

Il existe différentes formes de proximité. Nous retenons ici une approche basée sur la distinction de deux formes principales : proximité géographique et proximité organisée (Torre et Rallet, 2005). Tout d'abord, la proximité géographique fait référence à la distance spatiale entre deux endroits ou unités tout en prenant en compte la distance fonctionnelle, c'est-à-dire les éléments qui relativisent cette distance dans l'espace (Gilly et Torre, 2000). Cette proximité n'est pas « naturelle », ni strictement spatiale ou physique. Elle traduit la volonté de traiter des formes spatiales et de comprendre les interactions stratégiques des agents, notamment sur les choix de localisation (Bellet et Kirat, 1998). Deux rôles sont attribués à la proximité géographique (Pecqueur et Zimmermann, 2004) :

- d'une part, elle a un rôle structurant dans la coordination des acteurs et dans la constitution d'espaces économiques. Les aspects positifs de la proximité géographique ont été à plusieurs reprises attestés dans le cas du questionnement des modes de coordination, notamment en termes de temps d'accès et de transport entre les acteurs, d'accessibilité et de moyens financiers mis en œuvre pour se réunir,

etc. (Gilly et Torre, 2000 ; Pecqueur et Zimmermann, 2004). Elle est en effet porteuse de potentialités en termes d'organisation de la production et des échanges économiques et sociaux entre acteurs localisés sur un même territoire (Torre et Filippi, 2005), notamment pour remédier aux problèmes de marché (mutualisation des connaissances, économies d'échelle, *etc.*) ;

- d'autre part, elle joue un rôle facilitateur dans la coordination et les interactions entre les acteurs par les externalités positives qu'elle peut produire (Caron et Torre, 2006). Les acteurs situés à proximité peuvent en effet se rencontrer et établir des relations plus facilement que s'ils étaient éloignés.

La proximité géographique présente donc des avantages en facilitant les interactions entre acteurs. Cependant, peu de travaux l'ont mobilisée pour la résolution de conflits de type environnementaux (Torre et Zuindeau, 2009), ce sont plutôt ces caractéristiques négatives qui sont mises en avant dans la littérature.

Celle-ci peut également être source de conflits, dans la mesure où les acteurs en présence sur un territoire sont en désaccord sur l'utilisation des ressources communes qui se trouvent sur celui-ci. Dans notre cas d'étude, il existe une proximité géographique subie dans les bassins viticoles, entre les viticulteurs, émetteurs de la pollution, et les riverains de leurs exploitations (résidents, touristes et gestionnaires de la biodiversité particulièrement puisque les ressources naturelles sont localisées). La proximité géographique peut être choisie et/ou temporaire en ce qui concerne les nouveaux arrivants (néo-ruraux) ou les touristes de passage. Mais les paysages et le cadre de vie que recherchent les résidents en milieu rural, ainsi que les touristes qui y viennent, ne sont pas délocalisables. Un des moyens de résoudre ce type de conflit est en général de délocaliser l'activité. Ici c'est impossible, puisque la viticulture est une activité difficilement déplaçable, basée sur une culture pérenne, liée au terroir et aux droits de plantation. Le conflit prend en effet appui sur des ressources qui sont des biens physiques (eau, sol, air) localisés dans l'espace rural. De plus, les moyens financiers nécessaires à la délocalisation d'une exploitation seraient un véritable frein à son déplacement (frais de plantation, d'installation, etc.). La mise en œuvre à large échelle des innovations environnementales qui permettraient de réduire la pollution par les pesticides est le point critique de la dynamique de changement dans la mesure où la résolution du conflit passe par l'amélioration des pratiques de protection du vignoble. Le conflit qui existe entre les viticulteurs et leurs riverains directs ne peut donc trouver de solution qu'avec une modification des pratiques qui prenne en compte la qualité de l'environnement dans ses

différentes composantes, ainsi que les impératifs de qualité et de quantité des viticulteurs, tout comme l'environnement local dans lequel ils évoluent.

Ensuite, on nomme « proximité organisée » la capacité d'interaction des membres d'une même structure reposant sur deux principes (Torre, 2004) :

- *une logique d'appartenance* : les membres d'une même structure interagissent par le biais de leurs comportements et des routines propres à la structure. Cette logique est donc basée sur les interactions qui existent entre les membres d'un réseau. Elle maintient un lien qui permet aux différents acteurs d'un conflit de négocier pour trouver des solutions qui permettent de prendre en compte l'intérêt de tous les acteurs. Des acteurs partageant la même logique d'appartenance sont ainsi plus à même d'adhérer aux règles communes qui pourraient émerger du processus de négociation dans le cadre d'un conflit ;
- *une logique de similitude* : les membres d'une même structure partagent un même ensemble de représentations, de valeurs et de croyances, ce qui améliore leur capacité à interagir ensemble. Ils peuvent ainsi partager des expériences, élaborer un projet commun.

La proximité organisée est basée sur les relations entre les agents (acteurs d'une même firme ou d'une même organisation) et favorise les échanges d'informations et de connaissances. Le capital commun des firmes appartenant à une même organisation est transférable, ce qui permet l'échange de connaissances mais également de facteurs de production. La proximité organisée peut également se référer à l'ensemble des interactions qui se créent entre organisations et favoriser ainsi la diffusion d'innovations puisqu'il existe un lien préalable noué par l'appartenance à une même organisation (Pecqueur et Zimmermann, 2004). Dans tous les cas, les relations technologiques fonctionnent d'autant plus facilement que les acteurs sont insérés dans des réseaux professionnels.

3.1.2. Le rôle des proximités dans la résolution du conflit environnemental

Selon les conditions et la structure du système dans lequel évoluent les entreprises, l'accès aux externalités de connaissances diffère. Il y a en effet des contextes qui favorisent cet accès grâce à de forts niveaux de connectivité entre les firmes et des mécanismes de gouvernance des connaissances de haute qualité, aussi bien que des

contextes dans lesquels la collecte et l'utilisation de connaissances externes sont difficiles (Nelson, 1993). Dans le cas des conflits environnementaux liés à l'utilisation des pesticides, les acteurs de l'espace rural viticole se localisent déjà à proximité sans possibilité de délocalisation de l'activité. Dès lors, la proximité géographique est plus une donnée qu'un résultat à rechercher. Elle permet de valoriser des techniques de communication comme le face à face et la rencontre directe entre producteurs. Ces face-à-face, qu'ils soient temporaires ou permanents (Torre, 2008), une fois la relation établie, peuvent être valorisés et utilisés pour faire circuler des connaissances, tacites notamment (externalités de connaissances) et participer à la mise en place d'un apprentissage collectif. Une idée fortement répandue aujourd'hui est que les firmes et les systèmes productifs bénéficient de la concentration spatiale de leurs activités, notamment pour la recherche et l'innovation (Porter et Bond, 2003). Les exploitations viticoles sont souvent concentrées dans des bassins versants spécialisés. La proximité géographique subie et permanente dans laquelle se trouvent des viticulteurs confrontés au même problème peut favoriser la diffusion des pratiques plus respectueuses de l'environnement grâce au rôle facilitateur qu'elle peut avoir dans les relations de coordination. Les travaux en géographie de l'innovation confirment également que la proximité géographique a un impact significatif pour bénéficier de la R & D et des connaissances produites par d'autres (Autant-Bernard et Massard, 2001). Ainsi une localisation à proximité, notamment quand les connaissances sont peu codifiées, nécessite une proximité physique (au moins temporaire) entre les individus pour se transmettre, d'autant plus qu'on considère des relations avec la recherche appliquée (Mansfield, 1995) [74]. Lorsque les connaissances sont informelles, non codifiées et plutôt tacites, elles se transmettent le mieux grâce à des interactions personnelles avec des contacts répétés (von Hippel, 1994). Le déroulement des processus de protection phytosanitaire au cours de la campagne culturale et leur maîtrise nécessitent des interactions régulières. Cela semble alors indiquer que les relations doivent se nouer avec des acteurs implantés à proximité plutôt que temporairement.

Toutefois, il est clair que si la proximité géographique présente des avantages en termes de coordination des acteurs et de diffusion des connaissances, elle n'est qu'une condition permissive (Filippi, 2005). Elle n'est pas en elle-même génératrice de coordination. Les

[74] Ce point fait débat dans certains travaux empiriques, selon la manière de définir connaissances codifiée et tacites et le lien qui est fait entre cette définition et le type d'acteurs de la recherche concernés. Notamment, Mansfiel (1995) fait le lien entre recherche appliquée et connaissances codifiées, tandis que Maurseth et Verspagen (1998) montrent que c'est le caractère tacite des connaissances qui implique une forte localisation à proximité.

acteurs peuvent appartenir au même espace mais pas aux mêmes réseaux, n'avoir aucune interaction directe et/ou être concurrents sur un même marché, ce qui est d'ailleurs le cas des viticulteurs d'un même bassin viticole. Sans coordination, les avantages de la proximité géographique ne peuvent donc pas s'exercer. En effet, on peut observer, suite à la montée en puissance de la problématique environnementale, que la proximité géographique existante entre les différents acteurs n'a jusqu'à présent pas suffit à résoudre le conflit environnemental viticole et qu'on se trouve dans une situation de *lock-in* vis-à-vis de l'utilisation des produits phytosanitaires, comme décrit au chapitre 1. Pour pouvoir exprimer son potentiel, la proximité géographique a donc besoin d'être activée par l'existence d'un collectif ou d'une action collective. Cela fait appel à la dimension organisée de la proximité.

Si la proximité organisée des opposants à l'utilisation des pesticides a permis l'émergence du conflit sur le devant de la scène, la mobilisation des logiques d'appartenance et de similitude constitue un point intéressant pour la réduction des pesticides en viticulture. En effet, la traduction de ces logiques dans cette problématique conduit à militer pour une coordination des acteurs autour de la mise en commun des attentes de chacun en matière de préservation de l'environnement. La proximité organisée est d'ailleurs souvent celle des deux formes de proximités à laquelle est attribué un rôle de régulation des conflits générés par la proximité géographique (Torre et Zuindeau, 2009). Elle est d'autant plus prégnante dans la résolution de conflits que ses deux logiques d'appartenance et de similitude peuvent être mobilisées conjointement. Elle peut jouer son rôle lors des différentes phases d'un conflit dans les espaces ruraux, c'est-à-dire en prévention (pour éviter le conflit) ou pour le résoudre (Caron et Torre, 2005). Dans ce dernier cas, elle intervient dans les moments critiques, aussi bien dans la phase de négociation entre les différents acteurs que dans le processus juridique éventuellement mis en place (Kirat et Melot, 2006). Dans le cas de la réduction de l'utilisation des pesticides, le conflit environnemental s'est déjà développé, si bien qu'il s'agit de mobiliser la proximité organisée pour essayer de trouver une issue à cette question. Toutefois, nous notons qu'il n'existe pas de proximité organisée *a priori* entre les différents acteurs concernant les questions de réduction des pesticides.

Les proximités géographique et organisée présentent donc des avantages pour la réduction des fongicides en viticulture ; nous proposons donc de les mobiliser dans le cas particulier de la réduction des pesticides de manière conjointe en tant que porteurs

de potentialités dans le cadre de la recherche de solutions pour réduire les pesticides en viticulture. Il s'agit notamment d'analyser comment les proximités peuvent jouer l'une sur l'autre pour favoriser la diffusion des pratiques plus respectueuses de l'environnement.

3.1.3. L'activation de la proximité géographique par la proximité organisée

Prises séparément, les deux formes de proximités présentent des externalités positives potentielles. Toutefois, elles ne peuvent aller l'une sans l'autre dès lors qu'il s'agit de s'intéresser au processus de résolution du conflit environnemental viticole. Le propos n'est pas d'avancer que la proximité organisée combinée à la proximité géographique permet de tout résoudre mais d'analyser comment elles peuvent être mobilisées pour favoriser l'adoption des innovations environnementales en viticulture. La proximité géographique doit être activée par une proximité organisée pour que les viticulteurs puissent bénéficier des externalités positives de la co-localisation. La proximité géographique à la fois subie et choisie peut être une source d'amélioration des conditions productives en raison de compétences partagées et d'économies d'échelle. La proximité organisée est donc introduite ici comme un élément qui, en activant la proximité géographique, favorise les processus d'innovation environnementale. La mise en œuvre d'innovations environnementales de protection du vignoble nécessite des moyens et surtout des compétences nouvelles pour les viticulteurs. La coordination des acteurs dans un cadre collectif est alors observée comme moyen de faciliter les processus d'apprentissage locaux (externalités de connaissances).

La proximité organisée ne peut, à elle seule, assurer l'émergence de solutions et la diffusion de nouvelles pratiques de protection du vignoble. Il est en effet nécessaire de l'associer à la proximité géographique, productrice d'autres externalités positives nécessaires à la mise en œuvre d'innovations environnementales (externalités pécuniaires). Elle favorise l'existence de relations interindividuelles dans lesquelles il y a des échanges entre acteurs et organisations (Pecqueur et Zimmermann, 2004), dans la mesure où les contextes organisationnels sont adaptés (Gilly et Torre, 2000). Plusieurs intérêts découlent des relations établies avec des individus situés à proximité géographique : il est tout d'abord plus facile et moins coûteux de mutualiser avec le voisin ou une exploitation proche (dans le cas d'un achat de matériel ou de services en

commun, de mutualisation de compétences ou d'entraide, par exemple). Pour une exploitation viticole, la rationalité située des acteurs est un moyen de maîtriser l'environnement. Elle est dépendante de celle des autres exploitations, ce qui facilite par conséquent la dimension mimétique (apprentissage collectif). La résolution des tensions provoquées par la proximité géographique et atténuées par la dimension organisée à partir des logiques de similitude et d'appartenance peut trouver un support à partir des règles, des connaissances échangées et des compétences partagées entre les différentes entreprises viticoles en vue de mettre en œuvre de bonnes pratiques.

Il est donc nécessaire que les interactions nécessaires à la mise en œuvre de processus d'apprentissage externes pour la réduction des fongicides en viticulture se localisent sur les territoires viticoles et soient activées dans des organisations où la proximité organisée est présente. Nous proposons donc de voir maintenant quels sont les acteurs du secteur et du territoire les plus à même d'intervenir dans le processus d'apprentissage externe des viticulteurs.

3.2. L'implication des acteurs du territoire pour la réduction des fongicides

Compte tenu des avantages pouvant être générés par les proximités, nous faisons l'hypothèse que les innovations de processus de protection du vignoble peuvent être adoptées grâce à des processus d'apprentissage mobilisant conjointement plusieurs acteurs du secteur situés sur le même bassin de production. Même si peu d'études ont été menées à ce sujet, le réseau des exploitations semble être un élément déterminant, comme par exemple les relations directes ou indirectes qu'une exploitation peut avoir avec les organismes de recherche et de transfert (*via* une association de producteurs, des organismes de conseil ou les chambres d'agriculture, par exemple). L'insertion des exploitations dans des organisations de producteurs ou autres réseaux adéquats sont ainsi à même de favoriser le développement, l'accessibilité et l'appropriation de nouvelles pratiques phytosanitaires. La démonstration faite de l'importance des interactions implique de donner, d'une manière ou d'une autre, une place centrale à cette dimension dans l'étude de la réduction des pesticides. Nous proposons donc d'identifier les acteurs susceptibles d'avoir un rôle prépondérant en tant que sources externes de connaissances

et de compétences nouvelles pour l'accompagnement des viticulteurs (3.2.1.). Nous présentons ensuite notre conceptualisation du processus d'apprentissage des viticulteurs pour la réduction des fongicides en viticulture comme aboutissement de la construction de notre grille de lecture évolutionniste du changement de pratiques en viticulture (3.2.2.).

3.2.1. Les sources externes de connaissances et de compétences pour la réduction des fongicides en viticulture

Les échanges et interactions nécessaires à la réalisation des processus d'apprentissage dans les exploitations viticoles peuvent être envisagés avec différents acteurs : clients, fournisseurs, exploitations concurrentes, organisations de producteurs et instituts de recherche publique par exemple. D'ailleurs, si on s'intéresse à la trajectoire cognitive du secteur agricole français, on s'aperçoit que précédemment, *i.e.* avant l'avènement des pesticides dans notre cas, la production de nouvelles connaissances, compétences et le transfert de savoir-faire se réalisaient dans un cadre collectif (Darré, 1996) avec un aller-retour entre compétences tacites produites par les agriculteurs et compétences codifiables transférées par les techniciens (Labarthe, 2005). Un certain nombre de travaux sont basés sur des exemples allant dans le sens de l'importance de la dimension collective pour la diffusion du changement technique dans les exploitations (Ansaloni et Fouilleux, 2006 ; Del'homme *et al.*, 2008 ; Dupeuble, 2005 ; Rivaud et Mathé, 2009).

Notre conceptualisation de l'apprentissage des viticulteurs en apprentissage interne d'une part, et apprentissage externe d'autre part, traduit le fait que les connaissances peuvent provenir de l'intérieur (connaissances acquises, expériences passées) ou de l'extérieur de la firme (autres firmes ou secteur public) (Pavitt, 1984). Cela nous amène à identifier les sources de connaissances nouvelles pour les exploitations viticoles. Possas *et al.* (1996) proposent une taxonomie des sources d'innovation en agriculture en six grands groupes définis par rapport à leur comportement de génération et de diffusion des innovations, que nous appliquons à la viticulture :

- les sources privées d'organisations industrielles. On retrouve ici les firmes amont, comme par exemple les entreprises de l'agrofourniture qui ont permis d'incorporer les pesticides dans les processus de production par le biais de la vente d'intrants ;
- les sources publiques institutionnelles (universités, recherche publique) qui produisent de la science, avec lesquelles les producteurs ont peu de contacts directs ;

La recherche publique est souvent considérée comme libre de diffusion et source d'externalités de connaissances (Jaffe, 1989) ;

Ces deux premiers groupes sont les plus courants en matière d'offre d'innovation externe aux exploitations.

- les sources de R & D privées se rapportant aux industries de transformation qui diffusent des normes et standards de production aux exploitations ;
- les sources privées sous forme d'organisations collectives, comme les coopératives ou les associations de producteurs, qui apportent notamment du conseil aux exploitations ;
- les sources privées se rapportant à la fourniture de services, c'est-à-dire des entreprises qui vendent des services de support technique à la production (œnologue, par exemple) ;
- les unités productives, *i.e.* les exploitations viticoles qui mettent en œuvre des processus d'apprentissage en interne.

La manière dont ces sources d'innovation évoluent et interagissent est la principale force institutionnelle qui conduit aux trajectoires technologiques en agriculture, et qui donne un modèle compréhensible et cohérent au régime technologique moderne agricole. Les cinq premiers groupes font référence aux questions d'apprentissage externe, tandis que le dernier concerne l'apprentissage interne des exploitations. Du point de vue d'une exploitation particulière, les unités productives font également référence aux autres exploitations du secteur, soient les concurrents et les voisins. Pour notre cas d'étude, nous identifions six groupes d'acteurs qui proposent des innovations environnementales pour la réduction des fongicides en viticulture (tableau 5).

Tableau 5 : Diversité des sources d'innovation pour la réduction des fongicides en viticulture

Sources d'innovation		**Exemples d'innovations proposées**
Industries amont	Agro-chimie	Nouvelles molécules de synthèse Produits phytosanitaires d'origine « naturelle » Raisonnement des traitements phytosanitaires
	Agro-industrie	Produits phytosanitaires d'origine « naturelle »
	Machinisme	Buses & matériels de pulvérisation Réglages pulvérisateurs
Institutions publiques (INRA, Cemagref, etc.)		Innovations génétiques : hybrides, OGM
		Innovations de processus : nouvelles règles de décision, nouvelles associations culturales, nouveaux processus de production
Chambres d'agriculture		Mise au point de processus de protection du vignoble économes en intrants (lutte raisonnée, *IPM, etc.)* Prestations d'observation des maladies au vignoble Développement de la lutte biologique
Coopératives vitivinicoles / organismes de conseil privés		Prestations d'observation des maladies au vignoble Expérimentation de processus de protection du vignoble économes en intrants (lutte raisonnée, *IPM, etc.*) Développement de la lutte biologique
Associations de producteurs		Mise au point de processus de protection du vignoble économes en intrants Prestations d'observation des maladies au vignoble
Exploitations		Mise au point de processus de protection du vignoble économes en intrants Mise en œuvre et adaptation des innovations proposées par d'autres acteurs de l'innovation

(Source : auteur)

Compte-tenu des caractéristiques des innovations environnementales concernées par la réduction des fongicides et le caractère nécessairement local et organisé des acteurs pouvant les accompagner, nous proposons de retenir les acteurs qui s'impliquent dans la mise au point et la mise en œuvre de processus de protection du vignoble économes en intrants et qui répondent aux caractéristiques de proximité définies plus haut : les organismes de conseil privé et les coopératives, les associations de producteurs et les exploitations du bassin de production.

3.2.2. Une conceptualisation de l'apprentissage basée sur l'imitation et le conseil

Nous analysons la relation entre ces acteurs sous deux angles principaux : les interactions avec les exploitations du voisinage [75], qui renvoient à la notion d'imitation, et les interactions avec les organismes de conseil, quels qu'ils soient (chambres d'agriculture, coopératives, associations), qui sont susceptibles d'apporter un accompagnement

[75] Nous définissons le voisinage d'une exploitation viticole $_i$ comme un sous-ensemble de la population des exploitations viticoles du même territoire proches de *i* en termes de distance (expression de la proximité géographique des exploitations quel que soit leur niveau de relations). Pour une discussion sur les relations voisinage/proximité, voir Largeron et Auray (1998).

performant et régulier aux exploitations dans l'adoption d'innovations pour la réduction des fongicides.

Tout d'abord, un des canaux pour le transfert des connaissances et la modification des routines est l'imitation (Arena et Lazaric, 2003), qui « consiste à utiliser sans contrepartie des connaissances existantes ayant trait à un procédé de fabrication ou à un produit déjà sur le marché » (Richard, 1998, p. 75). L'effet d'imitation est très important en agriculture dans la mesure où les viticulteurs sont très influencés par ce qui est fait chez leurs voisins (Brun, 2006), y compris en matière de protection phytosanitaire. Nombre de modèles en économie agricole sont d'ailleurs basés sur ce processus (Mansfield, 1961). Pour les viticulteurs, les périodes de traitement sont souvent critiques et la sortie d'un pulvérisateur dans une parcelle voisine est souvent à même de provoquer le déclenchement des traitements phytosanitaires dans les exploitations alentours. Dans le cas de la réduction des fongicides, on ne peut toutefois pas parler d'imitation au sens strict donné ci-dessus dans la mesure où les nouvelles pratiques ne peuvent être assimilées à de l'information librement disponible et qu'il suffit de copier. Cela dit, le processus d'adoption d'une innovation par une entreprise dépend positivement du nombre d'entreprises l'ayant déjà adopté. Nous entendons donc l'effet d'imitation comme la tendance qu'ont les viticulteurs à s'intéresser aux pratiques mises en œuvre par leurs voisins et à essayer de faire de même dans la mesure où ils constatent leur réussite. En effet, l'incertitude sur la nouvelle technologie diminue au fur et à mesure que celle-ci est adoptée dans d'autres exploitations et que les viticulteurs se les approprient avec succès, ce qui incite les firmes n'ayant pas encore adopté l'innovation à franchir le pas (Richard, 1998, d'après les travaux de Mansfield, 1961). Nous mobilisons donc ici les externalités de réseau dont peuvent bénéficier des exploitations situées à proximité, notamment dans la mesure où les viticulteurs échangent de manière informelle sur leurs pratiques.

En plus de l'imitation, le conseil technique, quelle que soit sa provenance, peut jouer un rôle important dans l'adoption de pratiques économes en pesticides. Il permet non seulement d'assurer l'acquisition de connaissances et de compétences par les exploitations, de diminuer le risque, mais également de décharger les agriculteurs d'une partie des tâches à effectuer pour l'adoption de ces innovations environnementales de processus. Par son biais, peuvent être gérées les informations météorologiques locales, la surveillance des parcelles, et l'aide à la prise de décision (Paillotin, 2008). Concernant la relation conseil-apprentissage des agriculteurs, les travaux sont le plus souvent

concentrés dans des domaines comme la sociologie et l'ergonomie. Les travaux d'Aujas *et al.* (2011) en économie permettent de mettre l'accent sur le rôle du conseil en France dans le cas précis de la réduction des pesticides (exemple du colza [76]). Ils notent qu'en agriculture, on peut rencontrer deux types de structures de conseil (publiques ou privées [77]), avec une forte intervention du service public à cause des caractéristiques de bien public des informations produites et transmises.

Labarthe (2006) met en évidence une conception relativement linéaire de la production des connaissances : des innovations sont induites par la recherche fondamentale publique, testées par les instituts de recherche appliquée et les organismes de développement (expérimentations), et finalement adaptées aux différents contextes spécifiques des exploitations grâce à des organismes de conseil. Toutefois, nous notons qu'au cours des programmes de recherche et d'expérimentation, on observe un certain nombre d'allers-retours entre les chercheurs et les acteurs de terrain, et une participation croissante des viticulteurs aux appels à projets en matière d'innovation. Ceci tend à être renforcé par les préconisations du rapport Ecophyto 2018.

Enfin, en matière phytosanitaire, le recours à des conseillers est fréquent quel que soit le type de trajectoire technologique que suivent les exploitations (suivi des évolutions réglementaires, connaissance des produits, y compris dans le cadre d'une utilisation systématique des pesticides) ; les viticulteurs ont donc l'habitude de s'en remettre à des extérieurs pour choisir, décider, voire appliquer les produits phytosanitaires. Les interactions avec ces organismes existent donc, et peuvent être mobilisées dans le cadre de la réduction des pesticides en viticulture pour peu que ces derniers développent cette problématique dans leurs activités.

La trajectoire technologique des exploitations s'envisage alors au niveau local et collectif du groupe d'entreprises viticoles avec des organisations de producteurs, niveau pertinent au sein duquel peut émerger une réponse en réaction au conflit environnemental lié à l'utilisation de pesticides en grandes quantités. **Nous conceptualisons donc l'apprentissage externe des exploitations viticoles à travers leurs relations avec les autres exploitations du voisinage - quelles que soient leurs propres trajectoires technologiques - et avec les organismes de conseil de leur territoire** (figure 10).

[76] Cette culture ressort également comme consommatrice importante de produits phytosanitaires, et son extension, du fait des débouchés offerts par les biocarburants devrait encore accroître son poids dans la consommation française de pesticides (Aujas *et al.*, 2011).

[77] En France, l'offre de conseil phytosanitaire provient majoritairement d'acteurs privés mais moins que dans d'autres pays européens (Aujas *et al.*, 2011).

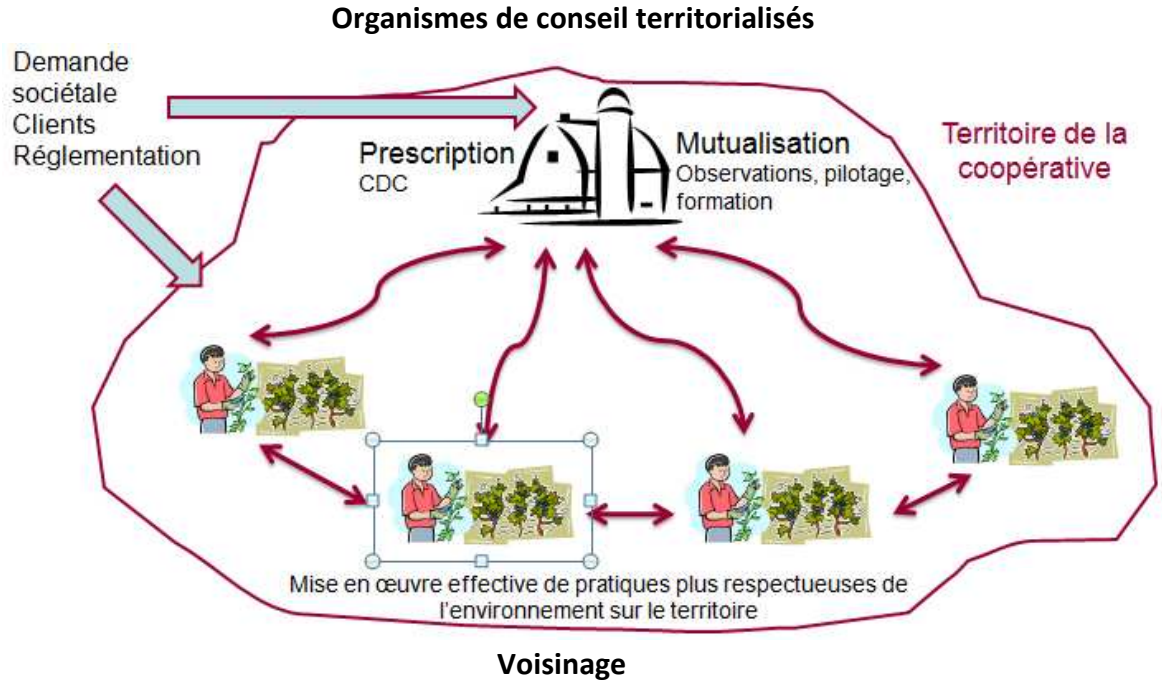


Figure 10 : Représentation stylisée des interactions pour la réduction des fongicides en viticulture (Source : auteur)

Une question reste posée : comment les viticulteurs pourraient-ils activer une forme de proximité organisée sur leur territoire afin de trouver une solution à leur problème commun alors qu'ils sont indépendants ? La logique de similitude regroupe les viticulteurs autour d'un même problème environnemental. Toutefois, ils n'appartiennent pas à une même structure, en tous les cas pas concernant le problème des pesticides. Une réaction possible est la création d'une structure spécifique pour coordonner les acteurs d'un même territoire. Mais les résultats de certaines études remettent en cause l'idée générale de l'intérêt de la création de structures de coordination pour résoudre un conflit lié aux ressources naturelles. Dans l'étude de Beaurain et Longuépée (2006) sur la gestion du risque d'inondation dans la basse vallée de la Canche, la création *ad hoc* d'un syndicat intercommunal, bien qu'ayant permis quelques améliorations, a eu une efficacité très limitée au regard de la difficulté à faire émerger des règles communes, dans la mesure où les divergences d'intérêt entre les acteurs ont persisté (pas de logique de similitude).

Une autre solution est de s'appuyer sur des structures existantes qui permettent de coordonner les acteurs du conflit afin de faire émerger des solutions. Il existe potentiellement des structures ou organisations opérationnelles dans lesquelles sont regroupés les acteurs du conflit et qui portent déjà des objectifs communs de respect de l'environnement. Par exemple, l'adoption de l'agriculture raisonnée en Champagne s'est

largement appuyée sur les structures de gouvernance existant ce territoire, en particulier l'Union des maisons de Champagne et le Syndicat général des vignerons (Menival, 2004). Saint-Gès (2006b) a également montré l'intérêt de s'appuyer sur des structures pré-existantes à la réglementation en mettant en avant les modalités de mise en œuvre du Plan Phyto en 2000. L'application de cette politique multi-niveaux s'est appuyée au niveau local sur les GRAPPP [78] pour déterminer les zones sensibles aux pesticides et mettre en place des plans d'action pour réduire la pollution. L'étude de cet exemple montre que malgré d'importantes ambitions concernant les pollutions diffuses, cette initiative s'est traduite par la diffusion de pratiques nécessitant peu de changements radicaux et de coût chez les producteurs avec une prise de risque très limitée, ainsi que d'innovations ponctuelles de bout de chaîne pour le traitement des effluents. Cela est déjà un premier point mais reste largement insuffisant en regard des quantités de pesticides qui sont encore utilisées. L'importance du nombre d'acteurs impliqués dans les négociations et coordonnés par une structure de nature publique semble avoir permis de faire avancer les choses mais de manière très consensuelle et peu efficace pour le moment concernant l'amélioration de la qualité des eaux par exemple. De plus, la forte incertitude associée aux nouveaux processus de protection du vignoble contre les pollutions diffuses proposés par les instituts techniques et les organismes de recherche n'a pas été dépassée (contrairement au cas des pollutions ponctuelles) malgré leur présence dans les GRAPPP.

[78] GRAPPP : Groupes régionaux d'action contre la pollution par les produits phytosanitaires, créés en 1997, qui regroupent des établissements publics, des administrations déconcentrées de l'État, des instituts de recherche, des instituts et centres techniques agricoles, des organisations d'usagers, des organisations professionnelles (Saint-Gès, 2006b).

Conclusion du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons montré que la réduction des pesticides pouvait être appréhendée à travers le concept d'innovation environnementale, tel que décrit dans l'approche évolutionniste et plus particulièrement dans le *MEI Report* (2008). Les caractéristiques et classifications utilisées pour distinguer les innovations nous ont permis de mettre en évidence qu'il s'agit d'une innovation de processus qualifiée d'incrémentale. Pour la réduction des fongicides, nous avons retenu trois innovations correspondant à cette définition : la lutte raisonnée, la lutte biologique et l'*IPM*. Compte tenu de leur caractérisation, l'*IPM* est mis en évidence comme le processus de protection phytosanitaire susceptible de répondre aux objectifs fixés par le Grenelle de l'environnement.

L'approche évolutionniste nous a ensuite amenés à considérer les déterminants de cette innovation. Les auteurs évolutionnistes se concentrent essentiellement sur trois facteurs principaux, et ce de manière conjointe : la réglementation, la demande et les opportunités technologiques. En les analysant dans le contexte de la réduction des pesticides en viticulture, nous mettons en évidence leurs rôles respectifs dans le processus d'innovation. Le contexte réglementaire fait pression sur les viticulteurs et alerte l'opinion publique, qui devient de plus en plus exigeante ; toutefois, cette exigence ne semble pas devoir se traduire par une valorisation par les prix. De plus, en termes d'opportunités technologiques, aucune alternative technologique aux fongicides en viticulture n'est envisageable à moyen ou court terme : il faut donc recomposer les itinéraires de protection phytosanitaire pour utiliser moins de pesticides. Ces petites entreprises ne disposent pas de toutes les ressources nécessaires, notamment en termes de connaissances et de compétences pour réduire les pesticides. Elles doivent donc mettre en œuvre des processus d'apprentissage pour acquérir les connaissances et compétences nécessaires dans les exploitations viticoles. Pour cela, elles doivent compter non seulement sur leur propre processus d'apprentissage en interne, mais également sur les connaissances qui peuvent leur être apportées par leur environnement. La mise en parallèle de ces éléments cognitifs avec les concepts de proximité nous a permis d'avancer que, compte tenu des caractéristiques de la réduction des fongicides, ces processus d'apprentissage externes doivent se faire préférentiellement en local et de manière coordonnée avec d'autres viticulteurs et les organismes de conseil du territoire,

afin d'optimiser le changement technologique et le sentiment d'incertitude lié à l'adoption d'une innovation environnementale. La figure 11 fait la synthèse de notre démarche conceptuelle.

Il convient maintenant d'appliquer notre grille de lecture théorique à un terrain expérimental afin d'illustrer notre propos et de confirmer les éléments d'analyse que nous avons mis en avant et contextualisés dans ce chapitre.

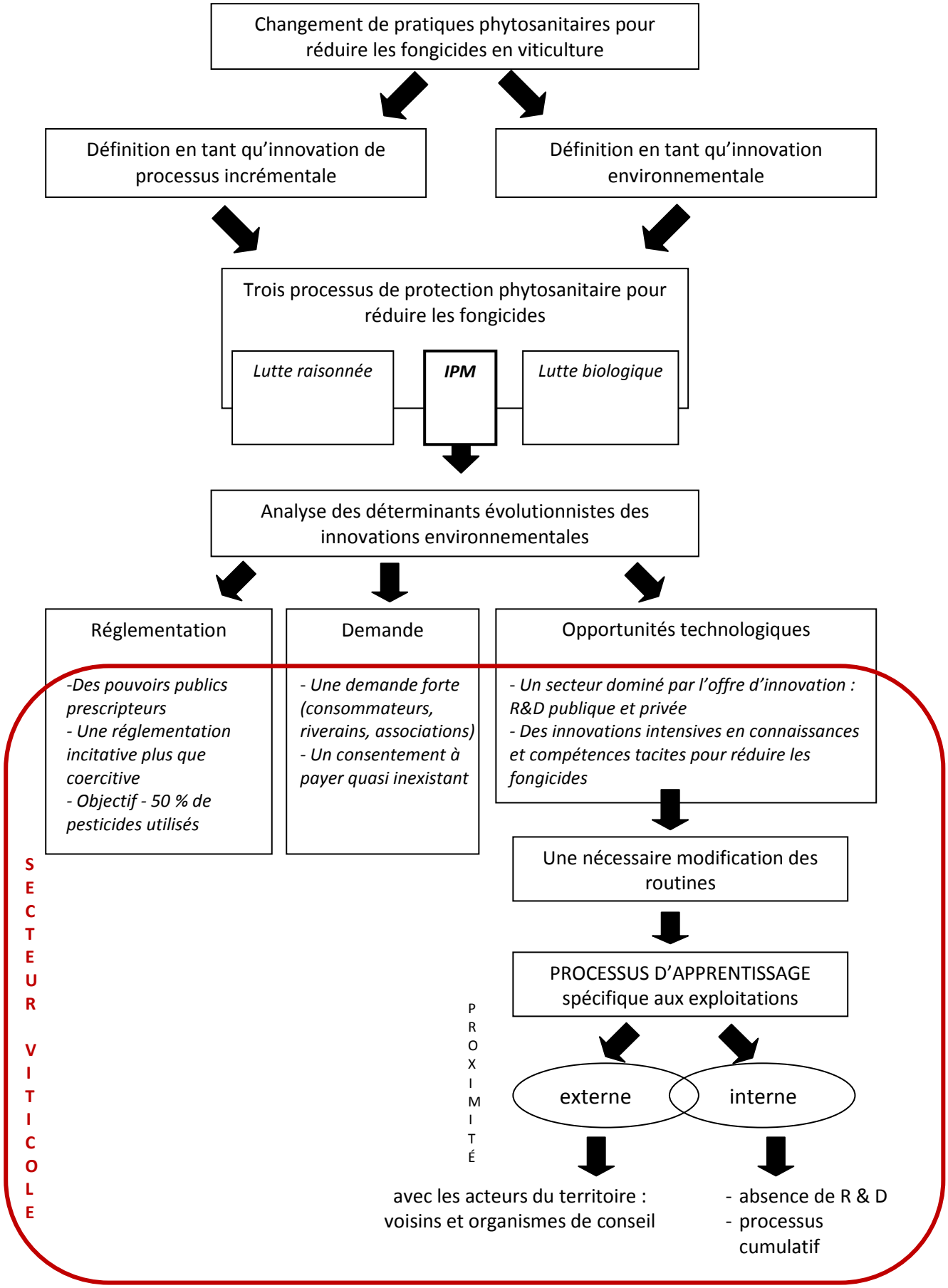


Figure 11 : Synthèse de la démarche conceptuelle de la thèse appliquée au cas d'étude

(Source : auteur)

Chapitre 3 :

L'*Integrated Pest Management*, un processus de protection phytosanitaire validé qui rencontre des freins lors de son adoption

Introduction du chapitre

Dans un contexte de demande sociétale importante, la réduction des fongicides représente un enjeu de premier ordre en viticulture d'appellation. En l'absence d'alternatives, un certain nombre de méthodes de lutte permet toutefois, grâce à une recomposition des itinéraires de protection du vignoble, de réduire de manière significative l'utilisation des intrants fongicides. Par ses caractéristiques, l'*Integrated Pest Management* (*IPM*) [79], ou lutte intégrée, présente un intérêt majeur pour répondre aux prescriptions du rapport Ecophyto 2018, notamment en termes d'objectif chiffré de réduction des pesticides et de radicalité des méthodes mises en œuvre. En ce sens, elle présente un compromis entre lutte raisonnée et lutte biologique.

Compte tenu du cadre d'analyse que nous venons de définir, nous proposons de nous intéresser à une innovation environnementale entrant dans le cadre de l'*IPM*, le Processus opérationnel de décision (POD) Mildium. Nous nous appuyons sur cet exemple d'innovation environnementale de type *IPM* dans ce chapitre. Les principes de cette innovation, mis au point par l'INRA [80] (Léger *et al.*, 2010), ont pour objet la réduction des fongicides et permettent, tout en continuant à s'appuyer sur l'efficacité des intrants chimiques, de réduire significativement leur emploi durant le processus de protection du vignoble. Deux programmes de recherche ont été consacrés à son étude et à l'analyse des conditions favorables à son adoption à large échelle dans les exploitations viticoles [81]. Afin de répondre à un certain nombre d'interrogations liées aux spécificités des problèmes posés par la réduction des fongicides en viticulture et en nous appuyant sur la grille d'analyse proposée au chapitre précédent, nous présentons dans ce chapitre les résultats empiriques des travaux que nous avons menés sur l'innovation POD Mildium. Essentiellement qualitatifs car réalisés sur la base d'enquêtes à effectif modéré (mais exhaustif), les résultats montrent que des trajectoires gagnant-gagnant sont envisageables, mais qu'elles ne sont sûrement pas suffisantes pour lever le verrouillage technologique subi par les viticulteurs. Des freins en termes d'acquisition de connaissances et compétences nouvelles semblent être la clé du changement technique

[79] Nous retiendrons le terme d'*IPM* pour faire référence à ce type générique de pratiques phytosanitaires dans la suite de notre travail.

[80] INRA : Institut national de la recherche agronomique.

[81] Programme ADD Vin et environnement (2005-2009), coord. LG SOLER ; Programme A2PV SyDéRéT (2008-2012), coord. D. THIERY.

pour la réduction des pesticides en viticulture, ce qui place les questions d'accompagnement des viticulteurs au centre de l'analyse.

La première section présente l'*IPM*, son origine et sa définition. Ce processus de protection phytosanitaire des vignobles correspond bien à la demande émanant de la société et du Grenelle de l'environnement puisqu'il permet de réduire l'utilisation des pesticides en ne s'interdisant pas les traitements chimiques si nécessaire. De plus, des travaux sur ce type de pratiques ont déjà été conduits (Fernandez-Cornejo, 1998) et l'*IPM* est plébiscité par la FAO [82] (FAO, 1967) et jusque dans le rapport Ecophyto R & D (Butault *et al.*, 2010) censé mettre en avant des solutions pour remplir les objectifs du plan Ecophyto 2018.

Parmi les processus phytosanitaires permettant de réduire les fongicides en viticulture, nous nous focalisons dans cette section sur le POD Mildium compte tenu de son efficacité en termes de réduction de l'IFT [83], par comparaison avec quelques autres processus potentiels qui suivent les principes de l'IPM, comme Optidose par exemple. Les deux programmes de recherche au sein desquels notre travail de thèse a été mené portent donc sur cet exemple en tant qu'innovation environnementale de processus permettant de réduire les fongicides en viticulture. Nous présentons ces programmes en décrivant les actions que nous y avons menées dans le cadre de la thèse et les échantillons sur lesquels nous avons mené les deux enquêtes : une sur l'existence potentielle de trajectoires gagnant-gagnant et les freins ressentis par les viticulteurs, et une seconde sur l'implication des acteurs de la filière dans leur accompagnement pour la réduction des pesticides.

Enfin, la troisième section présente les résultats et conclusions de notre étude en faisant le lien avec le cadre théorique que nous avons proposé dans le chapitre précédent.

[82] FAO : Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations-unies pour l'alimentation et l'agriculture).

[83] Pour rappel, IFT : Indice de fréquence de traitement.

1. L'*IPM*, des pratiques nouvelles et systémiques pour la réduction des pesticides en viticulture

L'*IPM* est à l'origine de principes de protection des cultures nouveaux qui permet une réduction significative des pesticides utilisés en agriculture (Ferron et Deguine, 2005). Afin d'introduire notre travail expérimental, nous commençons par présenter l'*IPM*, ses principes généraux et ses modalités d'application à la viticulture afin de poser le cadre qui a guidé notre travail expérimental (1.1.). Ensuite, nous montrons que l'*IPM* est une innovation plébiscitée sous d'autres contraintes et d'autres climats, dans un contexte différent de lutte contre les ravageurs et qu'elle est mise en avant comme solution privilégiée pour réduire les pesticides dans un rapport d'expertise ayant fait suite au Grenelle de l'environnement (Butault *et al.*, 2010) (1.2.). En ce sens, les principes de l'*IPM* ne sont pas nouveaux pour le secteur viticole au niveau mondial, mais ils semblent constituer une opportunité technologique nouvelle pour la sortie du *lock-in* des viticulteurs français.

1.1. Définition de l'*IPM*

La réduction des pollutions diffuses constitue l'objectif affiché des pouvoirs publics en termes de réduction des pesticides. Notre travail de thèse se concentre sur l'analyse des pratiques d'*IPM* en viticulture. D'un point de vue conceptuel, l'*IPM* est un processus de protection phytosanitaire qui répond aux exigences des pouvoirs publics et des consommateurs en permettant, d'une part, de réduire significativement les quantités de pesticides utilisées grâce à une re-conception des itinéraires de protection des vignobles (Deguine *et al.*, 2008), et d'autre part, de préserver le potentiel de récolte, puisque cet objectif est inscrit dans sa définition. Les lignes directrices définies par l'OILB/SROP [84] au niveau international constituent les principes de référence en la matière (1.2.1.). Elles ont ensuite été déclinées au niveau national par l'IFV [85] pour donner le référentiel national pour la production intégrée de raisins (1.2.2.).

[84] OILB/SROP : Organisation internationale de lutte biologique et intégrée contre les animaux et les plantes nuisibles/Section régionale Ouest paléarctique. En anglais : *IOBC/WPRS* (*International Organization for Biological and integrated Control of noxious animals and plants/West Palaearctic Region Section*).

[85] IFV : Institut français de la vigne et du vin.

1.1.1. Des lignes directrices pour la production intégrée de raisins édictées par l'OILB/SROP au niveau international

Après la Seconde Guerre mondiale et alors que les pesticides montaient en puissance, est apparu le concept de lutte intégrée. L'OILB/SROP, organisation internationalement reconnue, a été fondée en 1956 et regroupe des scientifiques, des associations et des gouvernements. Son activité est centrée sur la promotion de méthodes environnementalement propres, socialement acceptables et économiquement viables pour la production agricole. Elle encourage la collaboration dans le développement et la promotion de systèmes de production biologique et intégrée. Ses travaux, basés au départ sur la lutte contre les insectes et l'utilisation d'auxiliaires pour réduire le nombre d'applications d'insecticides ont ensuite abouti, suite à d'importantes et régulières réunions internationales réunissant des chercheurs et des professionnels, à la rédaction de directives pour la production intégrée des cultures [86]. Traduites en plusieurs langues et déclinées selon les cultures, ces directives sont régulièrement mises à jour. En ce qui concerne la production de raisins (de table ou pour la vinification), les directives, dans la lignée des directives générales de la production intégrée, sont parues dans le bulletin OILB/SROP, volume 46, en 2009 (3^{e} édition). Il s'agissait notamment de mettre à jour la partie sur l'utilisation des pesticides d'après un certain nombre de standards de sécurité alimentaire récents et d'incorporer des propositions émanant de l'IFV. Une large place y est réservée à la protection des vignobles (Malavolta et Boller, 2009, p.6-10).

L'objectif de l'*IPM* est de recourir à des solutions alternatives à la lutte chimique, si nécessaire en association avec elle, dans une démarche cohérente assurant l'efficacité attendue tout en réduisant les effets négatifs sur l'environnement. La conception couramment admise par la communauté scientifique aujourd'hui est celle de l'OILB, organisme de référence au niveau international (OILB, 1993). Dans le cadre général de la définition de la production intégrée posée par l'OILB, la production intégrée de raisins est définie comme **une production économiquement viable de raisins de haute qualité donnant priorité à des méthodes écologiquement plus saines, minimisant les effets non intentionnels indésirables et l'utilisation des produits phytopharmaceutiques, en vue de préserver l'environnement et la santé humaine** (OILB, 1993). Il s'agit donc d'un système

[86] Dès 1967, et compte tenu de la gravité des pollutions d'origine phytosanitaire et de l'apparition de résistances à ces produits, la FAO réunit un comité d'experts chargés de mettre au point le concept de lutte intégrée.

de gestion des populations de ravageurs qui met en œuvre, de manière contextualisée, toutes les techniques appropriées, d'une manière aussi compatible que possible, pour les maintenir à des niveaux inférieurs à ceux causant des dommages d'importance économique (FAO, 1967). Nous la considérons ici dans son sens restreint, elle concerne la gestion d'un ravageur particulier, ici le milidou et l'oïdium, dans une culture donnée (la vigne) et dans un lieu particulier (viticulture méridionale). Dans sons sens élargi, elle s'applique à une gestion harmonieuse de toutes les populations d'organismes nuisibles dans leur environnement agricole en intégrant toutes les techniques de lutte adaptées (sans les juxtaposer).

L'approche moderne de la protection intégrée des plantes peut être résumée comme toutes les mesures préventives indirectes et les observations au champ sur les ravageurs, maladies et adventices qui doivent avoir été considérées avant d'intervenir avec des méthodes directes de protection des plantes. La décision pour l'application de méthodes de lutte directe est donc basée sur des seuils économiques (niveaux de tolérance), l'estimation du risque et les informations fournies par les services officiels de prévention. La prévention prévoit le choix de cultivars résistants ou tolérants appropriés, l'utilisation de méthodes culturales adéquates, la mise en œuvre d'une fertilisation optimale en évitant les excès d'azote et d'une irrigation optimale, la protection et l'amélioration des organismes auxiliaires, l'utilisation d'infrastructures écologiques dans et hors des sites productifs pour conserver les antagonistes des ravageurs, maladies et adventices clés. Ces derniers sont définis régionalement par chaque organisation Production intégrée (PI) régionale (Malavolta et Boller, 2009). Les populations de ravageurs et les maladies doivent être surveillées et enregistrées régulièrement grâce à des méthodes scientifiques appropriées. Pour chaque ravageur, un niveau d'infestation ou le risque de dommages doit être estimé afin de baser la décision des traitements chimiques sur des niveaux scientifiquement établis, par exemple grâce à des modèles de prédiction validés. Quand ces niveaux de risque ou de dommage sont dépassés, et donc que les mesures indirectes sont insuffisantes, il est alors possible d'intervenir avec des mesures de protection directe de la vigne. Dans ce cas, il convient d'utiliser en priorité les mesures et produits chimiques ayant le minimum d'impact sur la santé humaine, les organismes non cibles et l'environnement. Les méthodes biologiques, biotechniques et physiques doivent alors être préférées aux méthodes chimiques si elles fournissent un niveau de contrôle des ravageurs suffisant.

Lorsque l'utilisation des produits phytosanitaires s'avère nécessaire, il convient de sélectionner le produit le moins dangereux et le plus efficace. Dans le cadre de la lutte intégrée, un certain nombre de produits sont non autorisés ou autorisés avec restrictions. La classification des produits chimiques de synthèse en catégories « autorisés », « autorisés avec restriction » et « non autorisés » tient compte d'un certain nombre de critères, dont la toxicité en général, la pollution des eaux, la sélectivité et la persistance. Ensuite, chaque organisation régionale PI approuvée par l'OILB/SROP se doit d'établir pour les différentes zones de production une liste des ravageurs, maladies et adventices clés qui nécessitent des mesures de protection régulièrement, ainsi qu'une liste des antagonistes de ces ravageurs (au moins deux). Ces listes sont accompagnées d'un inventaire des mesures de protection des plantes indirectes disponibles, évaluées scientifiquement et recommandées, et d'une liste sélective des mesures de contrôle des ravageurs, divisées entre celles qui sont utilisables sans restriction et celles qui font l'objet de restrictions. Une fois l'application de pesticides de synthèse décidée, les doses maximales appliquées sont les doses homologuées (OILB, 1993). Les réductions de doses, en particulier pour les herbicides, sont faites sous l'entière et unique responsabilité du producteur. Celui-ci doit s'assurer qu'elles ne posent pas de problème dans la gestion des résistances (pour les fongicides notamment). Il est également fondamental de respecter les délais avant récolte. Les dernières recommandations portent sur la manutention, la formation et le stockage concernant les pesticides, ainsi que l'équipement nécessaire à des pratiques de bonne pulvérisation, la gestion des emballages vides de produits phytosanitaires et des produits chimiques non utilisés et les résidus de pesticides sur les récoltes (Malavolta et Boller, 2009).

1.1.2. Le référentiel national pour la production intégrée de raisins

Les directives internationales de l'OILB ont été reprises au niveau français par l'IFV, afin d'établir un guide de production intégrée à destination des professionnels de la filière française. À la demande des organisations professionnelles, l'IFV a constitué un groupe de travail technique afin de rédiger pour le vignoble français, un référentiel national « Production intégrée de raisins » (IFV, 2000), basé sur les propositions de l'OILB/SROP. Chaque expert membre du groupe a été un relais par rapport aux professionnels et opérateurs techniques de sa propre région viticole. Le document, produit et publié en 2000, a pour ambition de servir de base commune aux différents cahiers des charges

régionaux et d'être un outil d'aide et de réflexion pour les viticulteurs, soucieux de promouvoir sur leurs exploitations une viticulture durable et respectueuse de l'environnement, et qui souhaitaient à l'époque souscrire des Contrats territoriaux d'exploitation (CTE). Le référentiel national de la production intégrée de raisins décrit la démarche « production intégrée » en viticulture sous forme d'objectifs à atteindre dans dix domaines qui concernent les pratiques culturales, trois d'entre eux (les trois derniers) se rapportant plus particulièrement aux pratiques phytosanitaires : (1) la qualification et la formation des viticulteurs, (2) la préservation de l'environnement viticole, (3) l'installation et la plantation du vignoble, (4) la gestion du sol et de la fertilisation, (5) l'entretien des sols viticoles, (6) l'irrigation, (7) les travaux sur souches et travaux en vert, (8) la protection intégrée avec pour objectif la réduction des intrants au strict nécessaire (annexe III-A), (9) l'efficacité et la sécurité de la pulvérisation pour optimiser la pulvérisation et éviter ou limiter la pollution de l'environnement par dérive (pollution diffuse), et enfin (10) la manipulation des produits phytosanitaires, effluents et déchets, avec pour objectif principal la limitation de la pollution ponctuelle, qu'elle intervienne par accident ou par rejet dans le milieu naturel.

Le référentiel se décline dans les régions en engagements et recommandations, après adaptation aux conditions locales de production par les opérateurs locaux. Afin de pouvoir évaluer les pratiques des exploitations par rapport aux objectifs, ces préconisations ont été traduites par le même groupe d'experts et publiées par l'IFV en indicateurs quantitatifs et qualitatifs, regroupés dans un diagnostic technique de production viticole intégrée (IFV, 2002). En lien direct avec le référentiel, un chapitre du diagnostic est consacré à l'évaluation de la protection intégrée (ch.4), un autre à l'efficacité et à la sécurité des méthodes de pulvérisation (ch.5), et un dernier chapitre aux effluents et déchets de produits phytosanitaires (ch.6). Ce document constitue un guide pour les viticulteurs souhaitant s'inscrire dans cette démarche.

1.2. Un plébiscite pour l'*IPM* au niveau international

Au-delà du fait que l'*IPM* corresponde bien aux attentes sociétales en termes de réduction des pesticides, la communauté scientifique internationale et nationale s'est beaucoup intéressée à ce processus de protection des cultures. Même si les travaux

spécifiques à la viticulture font plutôt exception, une étude américaine a caractérisé les exploitations qui ont adopté ce type de protection de leurs vignobles (Fernandez-Cornejo, 1998) (1.3.1.). Bien que le contexte soit différent aux États-Unis, il montre que les pesticides peuvent être réduits de manière efficace d'un point de vue économique grâce à l'*IPM*. Dans une perspective plus tournée vers le futur et située au niveau national, les chercheurs de l'INRA ont également réalisé des simulations encourageantes montrant que l'*IPM* offrait une voie d'avenir pour réduire les pesticides dans la viticulture française (Butault *et al.*, 2010) (1.3.2.).

1.2.1. Caractérisation des exploitations ayant adopté l'*IPM* aux *USA*

Parmi les études existantes sur la réduction des pesticides dans la littérature, de nombreux auteurs se sont penchés sur les pratiques d'*IPM*, notamment aux États-Unis (Burrows, 1983 ; Hall et Duncan, 1984 ; Fernandez-Cornejo, 1996 ; Fernandez-Cornejo, 1998 ; Fernandez-Cornejo et Jans, 1995 ; 1996 ; Fernandez-Cornejo *et al.*, 1998), mais rarement sur le cas particulier de la viticulture. Ces travaux sur l'*IPM* se situent en général dans la lignée de la théorie standard, c'est-à-dire que le modèle de l'innovation proposé est linéaire et séquentiel, guidé par l'effet de *science push* par lequel les découvertes scientifiques émergent spontanément, sont instantanément diffusées vers le marché et sont naturellement adoptées. L'*IPM* a donc été considéré comme une technologie nouvelle librement disponible et connue de tous les viticulteurs. Dans les modèles utilisés, un exploitant calcule un profit anticipé pour décider de mettre en œuvre ou non des pratiques économes en intrants ; il peut donc choisir son optimum, c'est-à-dire qu'il est libre de choisir la technologie qui maximise son profit.

Les travaux de Fernandez-Cornejo (1998) sur l'adoption de l'*IPM* dans les exploitations viticoles américaines analysent ainsi l'impact de ce processus de protection des cultures sur l'utilisation des pesticides, sur les rendements et sur les profits des exploitations. L'auteur met en évidence les facteurs augmentant la probabilité d'adoption de l'*IPM* dans les exploitations viticoles. Les résultats présentent tout d'abord les caractéristiques des exploitations ayant adopté l'*IPM* : la mise en œuvre de ces pratiques est corrélée positivement avec la disponibilité de l'opérateur au niveau du temps de travail, avec la taille de l'exploitation et avec le niveau de formation du viticulteur. Au contraire, l'expérience semble avoir un impact négatif sur la probabilité d'adopter l'*IPM*, ce qui

montrerait que les viticulteurs les plus âgés sont aussi les plus réticents aux nouvelles techniques. Par rapport au type de raisins produits, la culture des raisins de table est plus souvent associée à l'*IPM* que celle des raisins pour la vinification. L'utilisation de conseil semble par contre n'avoir aucun effet sur l'adoption. En termes de conséquences pour l'exploitation, les travaux montrent que l'adoption de l'*IPM* entraîne une diminution importante des fongicides utilisés et de la toxicité des insecticides appliqués (Fernandez-Cornejo, 1998). Les rendements, tout comme les profits, sont plus importants dans les exploitations pratiquant l'*IPM* que dans celles qui ne le mettent pas en œuvre. Enfin, d'autres facteurs sont cités comme non négligeables dans la décision d'adoption, comme le prix des pesticides, le prix du raisin et les niveaux d'infestation.

Toutefois, nous pouvons constater d'après les chiffres que nous avons présentés au chapitre 1 (§ 3.1.1.) que la même dynamique n'a pas eu lieu dans la viticulture française. Si dans d'autres pays, comme les *USA*, la viticulture a réussi à diminuer significativement l'utilisation d'intrants chimiques de synthèse, c'est d'abord parce que les pesticides les plus utilisés étaient des insecticides. Aux *USA*, l'*IPM* concerne beaucoup plus la lutte contre les ravageurs pour laquelle des alternatives existent et sont mises en œuvre dans le cadre de l'*IPM* (lutte biologique). Les cépages cultivés ne sont pas les mêmes et ont des résistances aux maladies des cépages que l'on trouve en France. Enfin, la viticulture américaine n'est pas soumise au fonctionnement en système d'appellation d'origine. Cela explique que la sortie du *lock-in* soit déjà amorcée. Par contre, en France, la lutte conte les maladies fongiques constitue le plus gros poste de pesticides utilisés et nécessite de recomposer les processus de protection du vignoble, sans autre alternative, ce qui constitue une trajectoire de changement différente de celle des *USA*, et qui doit donc avoir ses propres déterminants. De plus, les contraintes climatiques qui pèsent sur les processus de production de raisins ne sont pas les mêmes dans toutes les zones géographiques, ce qui fait que les viticulteurs ne sont pas confrontés aux mêmes problèmes parasitaires et ne doivent pas effectuer les mêmes changements. Les résultats ne peuvent donc pas s'appliquer de la même manière au changement de pratiques phytosanitaires auquel doivent faire face les viticulteurs français.

L'approche de Fernandez-Cornejo (1998) permet de relativement bien caractériser les viticulteurs ayant déjà adopté des bonnes pratiques d'*IPM* aux *USA*. Toutefois, elle présente également des limites conceptuelles concernant la manière de modéliser les pratiques de réduction des pesticides, critique précédemment adressée par Pavitt (1984) sur des travaux comparables. L'adoption d'une nouvelle technologie est résumée à un

choix entre deux alternatives exogènes et repose sur l'hypothèse que les producteurs prennent leurs décisions en fonction de l'alternative qui maximise le plus leur profit. D'une part, cette analyse suppose que les producteurs soient en mesure d'identifier l'ensemble des alternatives possibles qui sont à leur disposition ; or, l'absence d'information concernant l'ensemble des alternatives existantes et leurs incidences techniques ou économiques a été identifiée comme un des freins à la mise en œuvre de ce type de pratiques (Pailler et Corade, 2004). Ils ne peuvent donc pas anticiper leurs profits D'autre part, la maximisation du profit ne semble pas être au cœur de la décision d'adoption de ce type de pratiques, dans la mesure où, en l'absence de validation économique d'un certain nombre des nouvelles technologies proposées dans le cadre de l'*IPM*, les viticulteurs ne sont pas en mesure de calculer un profit anticipé. Leurs actions résultent d'un ensemble d'objectifs complexes que l'on peut difficilement résumer à la maximisation du profit ou à l'opposition des dimensions environnementale et économique. Enfin, les limites des hypothèses d'adoption instantanée et d'homogénéité des pratiques d'*IPM* sont notées par Fernandez-Cornejo (1998) lui-même. La mise en œuvre des techniques de lutte intégrée semble plutôt longue, difficile et dépendante du contexte de chaque exploitation, ce qui illustre la lente progression de ces pratiques alors que la FAO en a énoncé le principe il y a plus de quarante ans (Deguine *et al.*, 2008).

Pour que l'impact de la viticulture française sur l'environnement s'améliore, il convient d'étendre ce type de pratiques dans une majorité d'exploitaitons. Or, les résultats des travaux menés aux États-Unis ne sont pas transposables à la France : d'une part, à cause de la différence de contextes climatiques et parasitaires entre les deux zones, et d'autre part, dans la mesure où la manière d'appréhender le changement dans les travaux présentés ne se prête pas à l'analyse de notre problématique. Nous avons d'ailleurs montré dans le chapitre 2 que les spécificités du changement de pratiques phytosanitaires en viticulture nécessitent la prise en compte du fait que l'adoption de nouvelles pratiques n'est pas instantanée. Cela nécessite des processus d'apprentissage qui ne sont pas uniquement basés sur des calculs anticipés de profit. La compréhension plus poussée des barrières à la mise en œuvre de la réduction des fongicides en France, et donc de ses déterminants nécessite une autre analyse, en complément de celle présentée dans les travaux de Fernandez-Cornejo (1998), puisque les facteurs identifiés ici comme favorables à l'*IPM* ne suffisent pas à déclencher l'adoption de ce type de pratiques dans les vignobles français. Cela ne remet pas pour autant en cause l'intérêt de l'*IPM* dans la réduction des pesticides en viticulture, les experts scientifiques le mettant en avant dans

les différents rapports de préconisations établis à la suite du Grenelle de l'environnement (Paillotin, 2008 ; Mezière *et al.*, 2009). Le besoin d'une étude plus approfondie des déterminants de l'adoption de l'*IPM* dans notre cas d'étude s'impose donc.

1.2.2. Des *scenarii* prospectifs de réduction des pesticides en viticulture grâce à l'*IPM*

Les ministères de l'Agriculture et de l'Environnement ont commandé à l'INRA l'étude Ecophyto R & D (Butault *et al.*, 2010) suite au Grenelle de l'environnement. Il s'agit d'un travail se situant plus dans une optique d'ingénierie que le rapport Ecophyto 2018 et qui exploite l'ensemble des ressources accessibles, y compris au niveau technique et à dire d'expert, pour répondre à un double objectif. D'une part, il vise à définir le point de départ de la connaissance des pratiques alternatives par les agriculteurs ; cela permet de produire des *scenarii* nationaux de réduction des pesticides et d'analyser les stratégies des acteurs. D'autre part, il s'agit de concevoir un dispositif de production, gestion et diffusion de références expérimentales sur les systèmes de culture économes en pesticides favorisant leur adoption par les agriculteurs. Cette synthèse a notamment visé à éclairer la possibilité d'atteindre les objectifs fixés dans le plan Ecophyto 2018.

Un volet spécifique a été produit concernant les systèmes de culture viticoles (Mezière *et al.*, 2009). La première partie du rapport met en évidence le manque d'alternatives en ce qui concerne la lutte contre les maladies fongiques, soulignant que seules les stratégies fondées sur le renouvellement des règles de décision et l'amélioration de la qualité de la pulvérisation amènent des perspectives intéressantes en termes de réduction des pesticides, ce qui est caractéristique de l'*IPM*. Le rapport montre également que, dans l'échantillon des exploitations enquêtées, plusieurs niveaux de rupture avec les pratiques conventionnelles peuvent être distingués (tableau 6) : le niveau de rupture 0 qio correspond aux traitements systématiques, le niveau 1 qui correspond à la protection raisonnée des vignobles, le niveau 2 qui correspond à la mise en œuvre de l'IPM pour au moins un bio-agresseur et enfin le niveau 3 correspondant à l'agriculture biologique.

Tableau 6 : Niveaux de rupture avec l'usage intensif des pesticides en viticulture

Niveaux de rupture	**Raisonnement à l'échelle de l'exploitation agricole**	**Pourcentage d'exploitations de l'échantillon**	**IFT moyen**
Traitements systématiques	0	13%	21,3
Protection raisonnée	1	77%	13
IPM pour une catégorie de bio-agresseurs au moins	2	7%	8,4
Agriculture biologique	3	2%	9,4 [87]

(d'après Mezière et al.*, 2009)*

À l'aide de simulations, le rapport montre que l'objectif de réduire de 50 % l'emploi des pesticides est quasiment atteint si toute l'agriculture française passe en agriculture intégrée (*IPM*), avec une baisse de pression sanitaire de 37 % pour le cas de la viticulture (Butault *et al.*, 2010). Il est également stipulé que le passage au niveau 2 nécessite des changements importants dans la conduite de la protection de la culture, ce que nous avons souligné auparavant. Une des conclusions du rapport porte sur la production en termes de marge brute et de rendement. Les simulations effectuées montrent que le passage au niveau 2 impliquerait une baisse de production de 24 % en viticulture et une baisse de la marge brute de 1/3 à prix de vente constant (Mezière *et al.*, 2009). D'après ces résultats, il semblerait que l'*IPM* ne permette pas de combiner efficacité économique et efficacité environnementale. Toutefois, la majorité des méthodes *IPM* observées dans l'échantillon concerne l'utilisation des herbicides et des insecticides qui sont remplacés par des innovations de produits (alternatives), et non la réduction des pesticides qui nous intéressent ici.

Un certain nombre de questions restent alors en suspens quant à la possibilité de conjuguer efficacité économique et efficacité environnementale sur les exploitations viticoles tout en réduisant les fongicides, ce qui constitue un enjeu essentiel pour le secteur. Le manque d'informations technico-économiques concernant les innovations en général ayant été identifié comme un des freins majeurs à leur diffusion (Arundel et Kemp, 2009), il nous apparaît nécessaire de mettre en place un travail de recueil et d'analyse de ces informations à propos des innovations de processus pour la réduction des fongicides en viticulture afin de combler ce manque. Cela permettra :

[87] Les traitements à base de substances minérales sont inclus dans le calcul de l'IFT. L'utilisation importante de cuivre et de soufre en viticulture biologique explique que l'IFT soit ici plus élevé que pour l'*IPM*.

- de produire une évaluation économique de la mise en œuvre de l'*IPM*, afin d'identifier des trajectoires gagnant-gagnant si elles existent ;
- de dégager les freins qui expliquent le manque de mise en œuvre de méthodes de protection phytosanitaires économes en fongicides.

Compte tenu des éléments que nous avons dégagés dans cette sous-partie et des éléments de spécificités dégagés dans les chapitres précédents, nous proposons d'orienter notre travail de terrain sur l'analyse d'une innovation de processus pour la réduction des fongicides en viticulture mise au point par l'INRA sur la base des principes de l'*IPM*, le POD [88] Mildium (Léger *et al.*, 2010).

2. Le POD Mildium, un exemple de processus phytosanitaire *IPM* pour réduire les fongicides en viticulture

Analyser le potentiel de réduction des fongicides dans les exploitations viticoles d'ici les dix prochaines années doit conduire (i) à identifier des innovations environnementales qui répondent aux contraintes sociétales qui s'imposent aux viticulteurs, (ii) à rechercher des indicateurs pour mesurer les conséquences économiques et environnementales de la mise en œuvre de ces nouvelles pratiques, et (iii) à identifier quels sont les déterminants de leur adoption. Peu de nouvelles pratiques conçues selon les principes de l'*IPM* sont disponibles à ce jour pour les exploitations viticoles. Parmi les innovations environnementales qui permettent de réduire les fongicides en viticulture, nous identifions toutefois le POD Mildium, mis au point par l'INRA (Léger *et al.*, 2010), et Optidose®, développé par l'IFV (Davy, 2007 ; Raynal, 2004). Le POD Mildium propose de revoir complètement le processus de décision des traitements phytosanitaires fongicides pour diminuer leur nombre, tandis qu'Optidose® propose une adaptation de la dose d'un intrant chimique en fonction de la surface foliaire totale développée par la parcelle [89]. Face au défi que doivent relever les viticulteurs, nous avons choisi de nous insérer dans des programmes de recherche pluridisciplinaires permettant à la fois de travailler sur l'efficacité environnementale et sur les questions économiques liées au changement de

[88] Pour rappel, POD : Processus opérationnel de décision.

[89] Ensuite, une estimation du risque de développement d'une maladie basée sur les modèles utilisés pour la rédaction des différents bulletins de santé végétale est utilisée pour établir le programme de traitement, comme c'est déjà le cas dans la majorité des exploitations viticoles actuellement.

pratiques. De ce point de vue, le POD Mildium entrant dans une phase d'adoption à grande échelle (contrairement à Optidose® qui est encore au stade expérimental) présente un réel intérêt en tant qu'objet d'étude. Nous présentons donc ici deux programmes de recherche dans laquelle notre thèse s'est inscrite et qui se sont intéressés au POD Mildium (2.1.). Ensuite, nous présentons plus en détail la démarche de travail que nous avons suivie pour mener cette étude empirique jusqu'à la méthode d'analyse des résultats (2.2.).

2.1. Des programmes de recherche dédiés à l'analyse de la réduction des fongicides en viticulture

Notre travail de thèse s'est inscrit dans le déroulement de deux programmes de recherche portant sur le POD Mildium : ADD Vin et environnement et A2PV SyDéRéT (« Conception et transfert de systèmes décisionnels pour une réduction des traitements phytosanitaires sur vigne »). Ils nous ont donné l'opportunité, dans un travail pluridisciplinaire, d'analyser l'adoption d'une innovation environnementale de processus permettant de réduire l'utilisation des fongicides. Dans un premier temps, nous présentons ces programmes de recherche de manière générale afin de comprendre leur positionnement scientifique (2.1.1.). Dans le contexte d'une forte demande sociétale renforcée par la prise de conscience des professionnels du secteur, un travail de recherche a été initié à l'UMR Santé Végétale de l'INRA de Bordeaux dès 2005 pour élaborer et proposer des méthodes et outils innovants permettant d'exploiter la marge de manœuvre existante dans la gestion des traitements fongicides, plus particulièrement ceux destinés à protéger la vigne contre le mildiou et l'oïdium. L'objectif était de définir et de sélectionner des indicateurs pertinents et accessibles, et surtout d'élaborer, d'évaluer et de proposer des procédures de décision de traitements qui soient d'intérêt technique et économique, formelles et opérationnelles tout au long de la saison. Nous présentons donc les principes fondateurs du POD Mildium, c'est-à-dire réduire le nombre de traitements phytosanitaires en maintenant les objectifs de production des viticulteurs. (2.2.2.). Enfin, nous détaillons les objectifs et les actions que nous avons conduites au cours de la thèse et de ce travail expérimental sur le POD Mildium, c'est-à-dire la conception d'une méthode d'évaluation économique des nouvelles pratiques

phytosanitaires mises en œuvre, l'application de cette méthode, et enfin l'analyse des freins à l'adoption du POD Mildium à large échelle. En relation avec la grille de lecture des innovations construite au chapitre 2, nous formulons enfin les hypothèses auxquelles nous tentons de répondre pour analyser la réduction des pesticides en viticulture (2.2.3.).

2.1.1. Des programmes de recherche pluridisciplinaires centrés sur l'innovation POD Mildium

Les deux programmes de recherche successivement mis en œuvre pour étudier la mise en œuvre de l'innovation environnementale POD Mildium ont progressivement fédéré la collaboration de divers organismes : le Cemagref (Montpellier), l'ENITA (Bordeaux), et l'INRA (Bordeaux, Montpellier, Ivry) dans un premier temps. Puis des partenaires du développement ont rejoint les équipes de recherche au cours du deuxième projet : l'IFV, plusieurs chambres d'agriculture, principalement celles de la Gironde, de l'Aude et des Pyrénées-Orientales, et deux lycées viticoles. Nous présentons ici le cadre général dans lequel se sont déroulés ces projets.

- *ADD Vin et environnement*

Le premier projet de recherche a bénéficié d'un financement de l'Agence nationale de la recherche (ANR) (2005-2009) sur l'appel à projets Agriculture et Développement Durable (ADD). Intitulé « ADD Vin et environnement » (coord. L. G. Soler), ce projet reposait sur l'hypothèse qu'il existe probablement des marges de manœuvre au niveau cultural pour améliorer, sur des bases compatibles avec les contraintes économiques, les performances environnementales des exploitations viticoles. Pour identifier ces marges de manœuvre, il a fallu tout d'abord mieux comprendre et analyser les arbitrages entre les quantités produites, les qualités obtenues (raisin et vin) et la vulnérabilité de l'exploitation. L'adoption de pratiques respectueuses de l'environnement peut en effet modifier les équilibres technico-économiques au sein de l'exploitation, en particulier du point de vue du niveau des risques (coûts, pertes de production et chutes de qualité) auxquels le viticulteur doit faire face. Il a fallu d'autre part pouvoir raisonner en dynamique, en inscrivant l'amélioration des performances environnementales dans un schéma de remontée progressive du niveau d'exigence, compatible avec les intérêts économiques des diverses parties prenantes. Il faut enfin mieux cerner la part d'intervention qui doit

relever des pouvoirs publics et celle qui relève des stratégies des opérateurs privés. Dans cette perspective, le projet a cherché à définir :

- des niveaux d'objectifs à atteindre à moyen et long termes, significatifs du point de vue des effets sur le milieu (taux de diminution des produits phytosanitaires, par exemple) ;
- des modalités d'évolution (itinéraires pluriannuels) pour atteindre ces objectifs aux niveaux individuel (exploitation) et collectif (AOC [90]), et cela, en tenant compte des contraintes économiques de production et de marché ;
- des moyens d'action, réglementaires et/ou incitatifs, privés et/ou publics, pour accompagner ces adaptations.

Ces objectifs impliquaient, d'une part, des approfondissements disciplinaires (cinq équipes ont été impliquées dans ce projet, spécialisées en santé végétale, modélisation, agronomie-œnologie, gestion et économie), d'autre part, des confrontations pluridisciplinaires.

À travers ces différents éléments, les recherches proposées visaient à contribuer au travail de conception méthodologique rendu nécessaire par la problématique du développement durable. Elles avaient également pour objectif la mise en application des méthodologies élaborées pour formaliser des solutions applicables dans le secteur viticole, ici le POD Mildium. Les débouchés attendus étaient donc autant des connaissances nouvelles en matière de limitation des externalités induites par une activité économique, que des recommandations et des schémas d'actions impliquant les acteurs publics et privés concernés par ces questions.

- *A2PV SyDéRéT*

Le projet SyDéRéT « Conception et transfert de systèmes décisionnels pour une réduction des traitements phytosanitaires sur vigne » (2008-2012) est la suite logique du projet ADD Vin et environnement [91] et repose sur les mêmes hypothèses. Il visait à poursuivre la

[90] AOC : Appellation d'origine contrôlée

[91] Le projet s'appuie sur les résultats du projet ANR-ADD « Vin et Environnement », mais aussi sur les résultats du projet ANR ADD « GeDuQuE » (Innovations agro-écologiques et organisationnelles pour une gestion durable de la qualité de l'eau dans des régions de monoculture à forts niveaux d'intrants phytosanitaires) qui avait pour but d'identifier des innovations techniques pour réduire les flux de produits phytosanitaires (systèmes vigne et banane), à évaluer leur conditions de mise en œuvre dans les exploitations et à analyser les formes d'organisation collective permettant de préserver la ressource en eau ; et du programme « Vitidecid » de l'IFV (modélisation épidémiologique des risques pour la protection raisonnée de la vigne).

conception, l'évaluation, et à commencer le transfert des indicateurs et procédures de décision innovantes vers les acteurs du développement pour réduire fortement l'usage des pesticides concernant les deux principales maladies fongiques. Il comprend également des travaux sur les ravageurs avec une approche similaire. Dans une démarche de protection intégrée (*IPM*), ce travail est complémentaire des travaux sur les alternatives aux pesticides, et sur le matériel végétal résistant (A2PV, 2010). Pour le mildiou et l'oïdium, le POD Mildium a été expérimenté à grande échelle (France), sur un ensemble de parcelles expérimentales, parfois en comparaison avec d'autres méthodes de réduction des pesticides (lutte raisonnée et lutte biologique par exemples). La faisabilité de mise en œuvre des innovations au niveau de la totalité d'une exploitation a impliqué de nouvelles recherches liées au changement d'échelle et à l'acceptabilité socio-économique, par les viticulteurs aussi bien que par les acteurs de la filière, de l'adoption de stratégies de protection innovantes.

2.1.2. Le POD Mildium, une innovation environnementale de processus

Les études expérimentales menées au cours des deux programmes de recherche ont porté sur le POD Mildium. L'objectif environnemental visé par la conception de ce nouveau processus est une réduction significative de la quantité de traitements fongicides par la limitation du nombre de passages pour traiter les vignes contre le mildiou et l'oïdium. L'objectif agronomique du processus est fondé sur le maintien des objectifs de production définis par le viticulteur en réduisant le nombre d'interventions phytosanitaires. Ainsi, la présence de quelques symptômes de maladies sur le feuillage ou sur les grappes est tolérée, dans la mesure où ils n'impactent ni la quantité ni la qualité de la vendange récoltée par le viticulteur.

- *Des observations à la parcelle en nombre limité*

Pour rendre la procédure de décision la plus opérationnelle possible et économiquement viable, des contraintes liées à la mise en œuvre des observations par les opérateurs sont prises en compte dès la phase de conception :

- dans la pratique usuelle des viticulteurs, de nombreuses observations sont réalisées, et cela a un coût. Mais l'objectif reste souvent limité à l'évaluation des résultats de la protection. Dans le cas du mildiou et de l'oïdium, très peu d'observations

débouchent sur des décisions sauf pour la gestion des situations de crise. La stratégie a été au contraire de réaliser un nombre restreint d'observations précises, positionnées à des stades clés du développement des maladies, et dont les résultats sont intégrés à la procédure de décision. La limitation du temps passé aux observations est une caractéristique importante de cette innovation, dans la mesure où les méthodes de lutte intégrée sont généralement reconnues dans la littérature comme demandant plus de temps de suivi des cultures et dédié à la prise de décision, entraînant un accroissement indirect du temps de travail (Viaux et Le Monnier, 1994) ;

- lorsqu'elles sont nécessaires, les applications contre le mildiou et l'oïdium doivent être couplées au maximum afin de réduire le nombre de passages. Cette caractéristique de couplage du raisonnement de la lutte intégrée pour plusieurs maladies est très rare, ce qui est un progrès (la décomposition est souvent préjudiciable à l'adoption de méthodes de lutte intégrée, car elle complique le travail). Ainsi, à chaque étape de la décision, une priorité est donnée à l'un des deux agents pathogènes et la protection contre l'autre est facultative selon le risque parcellaire évalué. Aucune restriction n'est fixée *a priori* concernant le type de fongicide utilisé, mis à part quelques recommandations de choix selon les stades.

À ce stade de l'expérimentation, les observations sont réalisées par des conseillers de terrain ou par les chercheurs associés dans les programmes de recherche.

➢ *Étapes de conception*

Le processus théorique conçu a pour objectif d'adapter le nombre et le positionnement des traitements contre le mildiou et l'oïdium au développement des maladies observé à l'échelle parcellaire. Sa conception repose sur les connaissances acquises sur la biologie, l'épidémiologie et les méthodes de contrôle de ces deux bio-agresseurs ainsi que sur un certain nombre d'hypothèses qui représentent une simplification du système plante hôte/parasite/environnement (Léger *et al.*, 2010). Parmi les paramètres qui régissent ce système, seuls ceux jugés prépondérants pour la maîtrise du risque sont pris en compte. Ainsi, à partir des objectifs et du cadre de contraintes définis, la démarche de conception a nécessité :

- la définition des stades clés de protection pour atteindre les objectifs ;
- la définition d'un principe général, c'est-à-dire d'une stratégie de traitement *a priori* accompagnée des potentialités de réduction associées ;
- la définition d'une règle de gestion commune des deux bio-agresseurs ;

- l'identification et la sélection d'indicateurs pertinents ainsi que des propositions de seuillage pour la mise en œuvre expérimentale.

Il s'agissait de produire une règle de décision opérationnelle et intégrant les contraintes de gestion des exploitations viticoles.

Le concept général du POD Mildium est basé sur une séquence de périodes de traitement avec des applications dites « obligatoires », c'est-à-dire réalisées quelles que soient les conditions, et des applications optionnelles, réalisées en fonction du développement réel ou prévu des épidémies. L'objectif n'est donc pas de limiter le nombre de traitements au strict nécessaire, mais d'établir un compromis entre réduction globale de la quantité d'intrants appliqués et sécurité des performances. Le nombre de traitements « obligatoires » est restreint à quatre : deux pour le mildiou et deux pour l'oïdium, répartis en trois passages (un traitement obligatoire mixte au stade floraison). Ils ont pour objectif la maîtrise des épidémies « faibles », c'est-à-dire difficilement détectables par des observations, mais qui peuvent néanmoins engendrer des dégâts significatifs sur la récolte. Par ailleurs, ils sont appliqués à des stades précis de la culture pour lesquels les conséquences d'une mauvaise estimation des risques seraient des plus dommageables pour la quantité ou la qualité de la récolte. Les traitements optionnels sont au nombre de huit : cinq pour le mildiou et trois pour l'oïdium. Ils sont appliqués en fonction de l'état de différents indicateurs et ont pour objectif de maîtriser les épidémies sévères, c'est-à-dire à fort potentiel de destruction.

Les principaux indicateurs utilisés sont de trois types :

- le premier (i), commun aux deux bio-agresseurs, est basé sur l'observation à la parcelle des symptômes sur les feuilles ou les grappes. Trois observations sont ainsi réalisées au cours de la saison (deux en préfloraison et une en pré-fermeture des grappes). Le niveau de maladie affecté à la parcelle est une variable qualitative à deux ou trois niveaux selon le bio-agresseur et la date d'observation : (-) présence nulle à modérée, (+) présence modérée à forte, et éventuellement (++) présence très forte. Les valeurs seuils de ces différents niveaux évoluent en fonction du stade de développement de la culture, ce qui permet d'actualiser la prise en compte du risque en fonction des conséquences de la maladie sur le développement de la vigne et les pertes de récolte potentielles ;

Pour le mildiou, deux indicateurs complémentaires sont pris en compte :

- (ii) le niveau de risque local permet d'appréhender, sur une échelle géographique plus large que la parcelle, le risque de développement du mildiou. Il est évalué grâce à des réseaux d'observations et à des modèles climatiques de risque disponibles pour les viticulteurs. Ce risque est susceptible de prendre deux niveaux : (-) risque faible et (+) risque moyen à élevé ;
- (iii) les événements pluvieux annoncés par le service prévisionnel de Météo-France.

Nous pouvons donc constater que le POD Mildium donne un rôle primordial à l'information phytosanitaire (observation du vignoble), comme montré par Carpentier (1996) par ailleurs, et à son utilisation pour la prise de décision dans le cadre de la gestion de la protection phytosanitaire des vignobles. Nous notons que trois intrants sont ici nécessaires à la mise en œuvre du POD Mildium : du matériel (par exemple, des stations météorologiques), du temps de travail (surveillance des parcelles et analyse des données) et du capital humain, que nous définissons en termes de compétences, conformément à la grille d'analyse évolutionniste que nous avons produite au chapitre précédent.

Le processus est décomposé en sept étapes (figure 12). L'entrée dans une étape peut être définie par différents événements : stade phénologique, observation d'état sanitaire ou délai depuis le traitement précédent. Lors de chaque étape, les différents indicateurs sont combinés afin de décider de l'opportunité d'application d'un traitement contre l'un, l'autre ou les deux bio-agresseurs concernés.

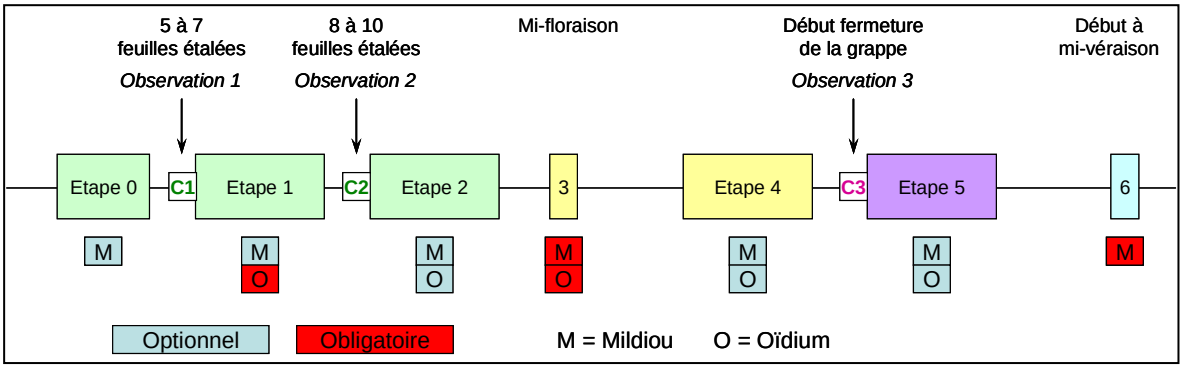


Figure 12 : Représentation temporelle simplifiée du POD Mildium (Source : Léger et al.*, 2010)*

Enfin, la formalisation du processus effectuée par le Cemagref a été une étape clé de l'élaboration du POD Mildium, permettant de rendre la totalité de la procédure intelligible et dénuée d'ambiguïté. Le formalisme et la méthodologie choisis pour le recueil de connaissances apportent une aide à la conception du processus en envisageant

la totalité des *scenarii* possibles. Cette formalisation a permis la rédaction d'un guide de procédure expérimental qui facilite et garantit la bonne conduite des expérimentations sur plusieurs sites, de façon rigoureuse et identique entre les différents intervenants (A2PV, 2010).

Le processus Mildium est nouveau pour les exploitations viticoles ; il constitue donc une innovation, notamment pour celles qui participent aux programmes de recherche, selon la définition que nous en avons retenue au chapitre précédent. Les processus de protection phytosanitaire sont donc complètement modifiés et le nombre de traitements phytosanitaires appliqués est réduit grâce au maximum fixé dans la règle de décision. Nous avons alors, dans le cadre des programmes de recherche, conduit une enquête auprès des viticulteurs concernés pour vérifier nos hypothèses concernant l'analyse de la réduction des pesticides en viticulture.

2.1.3. Description des actions conduites au cours de la thèse

Très tôt associé à ces projets, notre travail de thèse a produit une approche méthodologique et expérimentale portant sur trois points principaux pendant la totalité de la durée des projets : la conception d'une méthode d'évaluation économique des nouvelles pratiques et sa mise en œuvre, les freins à l'adoption d'innovations environnementales et enfin la capacité des acteurs du secteur à accompagner les exploitations viticoles vers la réduction des pesticides.

Tout d'abord, les résistances à l'adoption de modes de production plus respectueux de l'environnement rencontrées chez les chefs d'exploitations viticoles semblent fréquemment liées à la difficulté d'évaluer l'impact sur les coûts [92] d'un changement des modes de production (Laporte et Pichery, 1996 ; Pailler, 1998). Les travaux conduits sur ce thème sont cependant peu nombreux. D'inspiration comptable, ils ont pour point de départ l'étude des charges de l'ensemble du système de production et permettent le calcul des coûts d'activités et des coûts de revient (Pailler, 2004) mais ne concernent pas le coût des pratiques. Or, c'est dans les pratiques mises en œuvre au niveau de l'exploitation que se trouvent les capacités à limiter l'utilisation de produits

[92] Comme explicité en introduction, avec des rendements d'appellation fixés et des prix de marché sur lesquels les viticulteurs ont peu de poids, le coût constitue la variable de gestion majeure en viticulture (Samie, 1995).

phytosanitaires. Il faut donc travailler sur l'incidence des pratiques techniques sur les coûts de production. Des tentatives en ce sens existent de la part des organismes de transfert ou de développement, mais sont peu concluantes car, soit elles aboutissent à une impasse à partir des méthodes actuelles, soit la portée des résultats est limitée, car l'étude est construite sur une méthodologie de mesure des coûts beaucoup trop partielle et rudimentaire. Les résultats attendus dans le projet ADD Vin et environnement devaient permettre de combler cette insuffisance de méthodes et de données.

Nous nous sommes donc intéressés à l'impact économique du changement de pratiques phytosanitaires avec deux grands objectifs : un travail théorique sur la conception d'une méthode d'évaluation des coûts associés aux règles d'intervention phytosanitaires, puis une évaluation des conséquences économiques des différents processus de protection phytosanitaire des exploitations du réseau expérimental. Il a donc été nécessaire de déterminer, par enquête, si le coût potentiel des innovations environnementales proposées était supérieur au coût des processus conventionnels des exploitants.

La réduction des traitements phytosanitaires peut aller de pair avec la nécessité d'un suivi plus précis de l'état des parcelles et de la vigne, à des niveaux d'échelle plus fins que dans les schémas d'intervention traditionnels, ce qui est le cas pour le POD Mildium : il nécessite en effet trois observations à des moments précis du développement de la vigne. Un point clé de leur adoption repose alors sur la possibilité de mobiliser les ressources en travail et en équipements nécessaires à cette gestion plus fine des informations, ainsi que les coûts associés à cette nouvelle logique de mobilisation des ressources. Il convenait donc également de caractériser les relations entre les nouvelles pratiques de protection phytosanitaires envisageables et la gestion des ressources au sein de l'exploitation dans l'objectif d'identifier de potentielles trajectoires gagnant-gagnant.

➔ ***Nous testons donc sur ces exploitations l'hypothèse selon laquelle il existe un effet doublement gagnant dans les exploitations ayant adopté le POD Mildium.***

Par contre, si l'exploitation est bien l'unité pertinente de mise en œuvre des pratiques, elle n'est peut-être pas en capacité d'absorber d'éventuels surcoûts (non valorisables par le marché à l'heure actuelle) ou des changements organisationnels. Nous avons cherché à mettre en évidence si la dimension économique, *i.e.* l'impact du changement de pratiques phytosanitaires sur le coût, était le seul et le principal frein à la mise en œuvre de l'*IPM*, en nous intéressant notamment au processus d'apprentissage des viticulteurs. Dans la mesure où il est assez rapidement apparu dans les premières phases du projet ADD Vin et

environnement que les leviers de la décision d'adoption n'étaient pas uniquement économiques, mais relevaient de facteurs de différentes natures, nous nous sommes intéressés dans le programme A2PV SyDéRéT aux freins à la mise en œuvre des innovations ressentis par les viticulteurs ayant adopté le POD Mildium pour la protection d'une partie de leur vignoble. Nous avons ainsi essayé de mettre en lumière quels étaient les points de blocage sur lesquels il faut agir pour amener les viticulteurs à dépasser leur situation de verrouillage technologique. Enfin, à la lumière des résultats de cette enquête et pour vérifier notre hypothèse sur le besoin d'accompagnement des viticulteurs (*cf.* chapitre 2), nous avons réalisé une enquête auprès des acteurs du secteur concernant l'accompagnement des viticulteurs vers la réduction des pesticides. Dans la mesure où les structures ayant un rôle dans l'accompagnement des exploitations sont très diverses [93] en France, nous nous sommes alors interrogés sur l'implication des différents acteurs du secteur dans le processus d'innovation pour la réduction des pesticides dans les exploitations viticoles et sur la capacité des acteurs du territoire à s'investir intensément dans la mise en œuvre de telles démarches.

➔ ***Nous testons donc deux hypothèses :***

- ***la non suffisance de l'effet doublement gagnant pour l'adoption du POD Mildium et la prégnance des questions d'apprentissage ;***
- ***le rôle significatif que jouent les acteurs du secteur en termes d'accompagnement des viticulteurs.***

Les programmes de recherche ADD Vin et environnement et A2PV SyDéRéT ont donc offert un cadre pluridisciplinaire pour l'étude du POD Mildium. D'après notre lecture des innovations, celui-ci constitue une innovation environnementale à laquelle nous appliquons notre grille d'analyse évolutionniste. Ainsi, pour tester nos hypothèses sur cet exemple, nous mettons en œuvre une démarche principalement basée sur la réalisation de deux enquêtes.

[93] Nous retenons une définition large du conseil qui couvre les activités de R & D publique et privée jusqu'aux services à l'entreprise.

2.2. Démarche et méthode d'analyse des résultats

Tout d'abord, notre travail autour de l'évaluation de la performance économique du POD Mildium s'est décliné en deux parties, l'une théorique et l'autre appliquée. En l'absence de telles méthodes en gestion, nous nous sommes tout d'abord attachés à construire une méthode d'évaluation des coûts des pratiques mises en œuvre, baptisée méthode *Operation Based Costing* (*OBC*) (2.2.1.). Puis, nous avons mis en œuvre un dispositif basé sur deux enquêtes ; d'une part, afin de collecter les données nécessaires au calcul des coûts et à l'analyse des freins à la mise en œuvre du POD Mildium, et d'autre part, afin d'analyser le rôle des acteurs du secteur dans l'accompagnement des viticulteurs vers la réduction des pesticides (2.2.2.). Enfin, nous présentons les échantillons sur lesquels ces deux enquêtes ont été menées (2.2.3.).

2.2.1. Proposition d'un cadre méthodologique pour calculer le coût des processus phytosanitaires : la méthode *Operation Based Costing* (*OBC*)

Comme nous l'avons présenté précédemment, le coût est un levier de gestion majeur en viticulture. Nous souhaitons donc évaluer le coût des nouvelles pratiques phytosanitaires. En l'absence de méthode de calcul de coût à un niveau aussi précis, nous proposons une méthode de calcul des coûts associée à la description de la partie technique d'un itinéraire de production (protection de la vigne). L'élaboration du nouveau processus de protection phytosanitaire ayant été conduite comme un travail collaboratif entre agronomes et économistes, la normalisation des pratiques a donc dû répondre au double objectif suivant :

- expliciter les itinéraires techniques décrits par les agronomes ;
- servir de base au calcul du coût des pratiques.

Il n'existe pas aujourd'hui de description standardisée des pratiques culturales qui soit partagée par l'ensemble des disciplines. Les descriptions du processus de production du raisin proposées dans la littérature sont en effet diverses (Galet, 1993 ; Reynier, 2003). Partant de ce constat, nous avons initié un travail de normalisation pluridisciplinaire pour aboutir à un dictionnaire commun de description des pratiques culturales, essentiel pour décrire les stratégies phytosanitaires. Une représentation des pratiques techniques a ainsi été élaborée en s'inspirant des travaux du département INRA SAD (Brossier *et al.*, 1990 ;

Doré *et al.*, 2006) (annexe III-B). La validation de cette représentation a été effectuée conjointement par les équipes de recherche, et appuyée par des professionnels comme la chambre d'agriculture de la Gironde, par exemple.

Cette représentation des pratiques de production de raisin s'articule autour des notions d'itinéraire technique [94] et d'opération culturale [95]. Chaque exploitant choisit, en fonction de son environnement naturel, familial, social et économique, sa façon de mettre en œuvre une opération culturale en y consacrant plus ou moins de temps, de matériel, d'intrants, *etc.* L'opération culturale est donc le niveau de détail qui nous intéresse. Par extension, on pourra considérer des opérations techniques essentielles au processus de production mais ne s'appliquant pas à la vigne elle-même (par exemple : formation, observations, *etc.*). Un glossaire des pratiques culturales en viticulture a ainsi été élaboré, fondé sur les notions d'itinéraire technique et d'opération culturale (annexe III-C). C'est cette description normalisée du processus de production qui sert de base de travail commune dans les deux programmes de recherche, et plus particulièrement au calcul du coût des pratiques phytosanitaires. Toutes les opérations concernant le processus de protection phytosanitaire sont prises en compte dans le calcul de son coût (les différents traitements phytosanitaires, les observations, les formations éventuelles, *etc.*).

Certaines exploitations viticoles utilisent déjà la méthode des coûts complets à base d'activités (ABC) dans leur mode de gestion (Pailler, 2004). De manière générale, les études de coûts de revient sont connues dans la filière et régulièrement réalisées par des organismes de développement. Afin de conserver la cohérence avec la méthode existante, la représentation technico-économique de l'exploitation mise en place a la double ambition :

- de permettre de travailler au niveau des pratiques techniques ;
- de permettre de continuer à travailler à l'échelle des activités et des produits (méthode ABC).

Pour cela, nous avons construit une représentation gigogne qui permet d'articuler notre représentation des pratiques techniques avec celle des activités afin d'avoir une vision globale de l'exploitation viticole (figure 13). Le concept d'activité englobe les notions

[94] Sur une exploitation, un ou plusieurs itinéraires techniques peuvent être observés. Chaque itinéraire technique est une combinaison logique et ordonnée d'opérations culturales (la taille, par exemple) pour une période comprise entre l'après-récolte de l'année *n* et la récolte de l'année *n+1*. L'itinéraire technique permet de contrôler le milieu, la culture et d'en tirer une production donnée. C'est l'enchaînement des opérations culturales sur un cycle de production qui fait la chronologie et la spécificité d'un itinéraire technique chaque année (Etlicher, 2006).

[95] L'opération culturale est une division de l'itinéraire technique (Osty, 1990). Elle se définit comme une intervention sur la vigne. Il s'agit d'une séquence technique homogène centrée sur une finalité précise.

d'itinéraire technique et d'opération culturale. Toutes les opérations liées à la conduite du vignoble en production telles que la prétaille, la taille, l'épamprage mécanique, l'effeuillage mécanique, … sont donc regroupées dans l'activité « Vigne ».

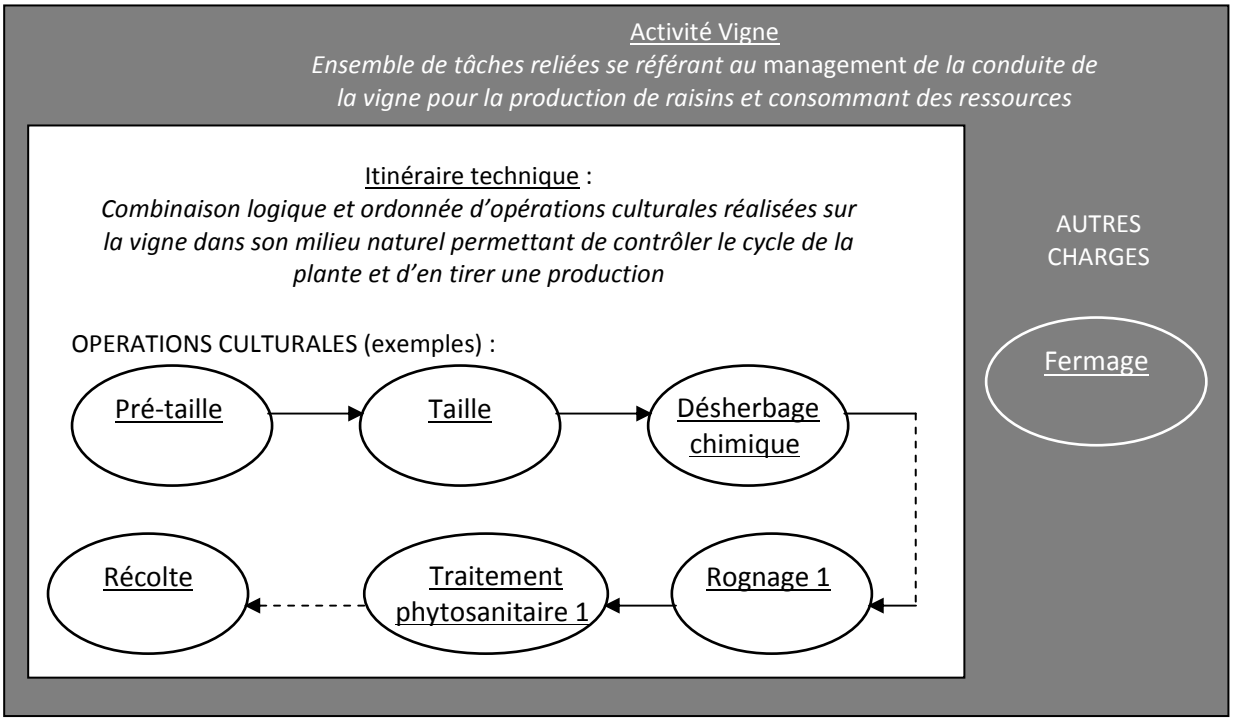


Figure 13 : Relation entre le coût de l'activité Vigne *(ABC) et des opérations culturales (OBC) (Source : Ugaglia, 2009)*

La méthode des coûts complets à base d'activités s'appuie sur la comptabilité des exploitations agricoles comme source d'information fiable. Il est donc nécessaire de mettre en relation la représentation technique des pratiques (les opérations) et la comptabilité. Dans la méthode des coûts complets à base d'activités utilisée en viticulture, le coût des activités, et donc le coût de revient des produits, prend en compte toutes les charges que l'exploitation supporte sur un exercice. Pour les opérations, et en particulier les opérations de protection du vignoble, le coût calculé n'est pas un coût complet. En effet, seules les charges liées à la consommation des facteurs de production engagés dans l'opération sont prises en compte afin d'avoir une bonne lisibilité des conséquences des choix techniques des exploitants. Les facteurs de production mis en jeu dans les opérations sont les consommations intermédiaires (et notamment les intrants et les adjuvants), la main-d'œuvre et le capital (matériel de traction et équipements) (figure 14).

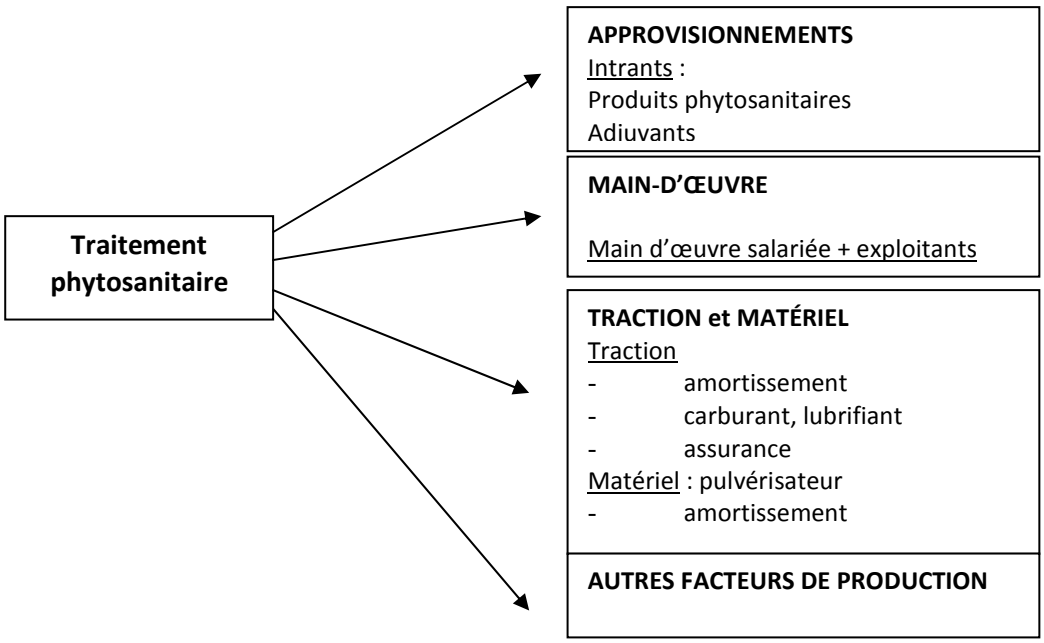


Figure 14 : Composition du coût d'un traitement phytosanitaire dans la méthode OBC *(Source : auteur)*

Le coût calculé pour les opérations culturales reflète ainsi au plus près les pratiques et les choix techniques des exploitants. Ce calcul détaillé de coûts d'opérations techniques permet d'atteindre un niveau de précision jamais obtenu auparavant en comptabilité. Il s'intéresse bien au niveau actuel de décision répondant ainsi aux nouveaux objectifs stratégiques. Le fait de scinder les activités en centres de coûts plus détaillés que sont les opérations permet de mieux visualiser la formation des coûts au sein de l'activité « Vigne » et d'en affiner la connaissance.

Grâce à cette méthode, nous comparons deux processus de protection phytosanitaire sur chaque exploitation du réseau : le processus Mildium et le processus « classique ». Les données sont recueillies à travers une fiche présentée en annexe III-D. La première alternative évaluée correspond au POD Mildium. La seconde alternative (en guise de témoin) correspond à la « stratégie conventionnelle de l'exploitant », c'est-à-dire au programme de traitement que l'exploitant a l'habitude de mettre en œuvre sur les parcelles de son exploitation. Enfin, nous envisageons, en complément de la méthode *OBC*, la mesure d'un coût fixe de transition vers les nouvelles pratiques pour les exploitations. Ce coût, s'il existe, est composé de l'ensemble des dépenses supplémentaires ponctuelles et liées directement à l'initiation du processus de changement dans les pratiques phytosanitaires de l'exploitation. Nous prendrons en

compte dans ce coût l'ensemble des charges supplémentaires inhérentes à l'adoption du POD Mildium (construction de bâtiments ou sites dédiés, investissement en matériel, par exemple).

2.2.2. Dispositifs d'enquêtes

Nous présentons ici les deux échantillons sur lesquels ont porté nos enquêtes :

- d'une part, l'échantillon des viticulteurs concernant l'analyse des coûts et des freins à l'adoption d'innovations environnementales (cf. questionnaire en annexe III-E) ;
- d'autre part, l'échantillon des acteurs du secteur que nous avons interrogés au sujet de leur rôle dans l'accompagnement des viticulteurs vers la réduction des pesticides (cf. questionnaire en annexe III-F).

➢ *Les viticulteurs*

L'évaluation expérimentale du POD est répartie sur un réseau de parcelles qui s'étend à présent sur la plupart des grandes régions du vignoble national grâce au concours des différents partenaires professionnels qui se sont progressivement associés au programme. Un premier réseau de parcelles expérimentales est établi à partir de 2008 sur les vignobles du Bordelais et du Languedoc-Roussillon, comptant respectivement 14 et 12 parcelles, soit un total de 26 parcelles réparties dans 19 exploitations. En 2009, le réseau compte 33 parcelles réparties sur un total de 30 exploitations, avec l'adjonction de parcelles situées dans les vignobles de Cognac, de Châteauneuf-du-Pape, du Beaujolais, de Bourgogne et du Jura. C'est à partir de cet échantillon de viticulteurs que l'enquête sur les freins à l'adoption du POD Mildium a été réalisée. Le réseau expérimental n'a cessé d'évoluer de manière cumulative (en nombre d'exploitations pour gagner en représentativité) et comprenait 48 parcelles réparties sur 15 départements en 3 zones en 2010 : Atlantique (A), Méridionale (B), Septentrionale (C) (figures 15 et 16). Les exploitations ont participé de manière volontaire à l'évaluation économique de leurs pratiques phytosanitaires. Nous baserons la présentation de nos résultats économiques sur la campagne avec le meilleur taux de retour (28/33), soit 2010, tout en sachant qu'ils sont en cohérence et en continuité avec ceux des années précédentes.

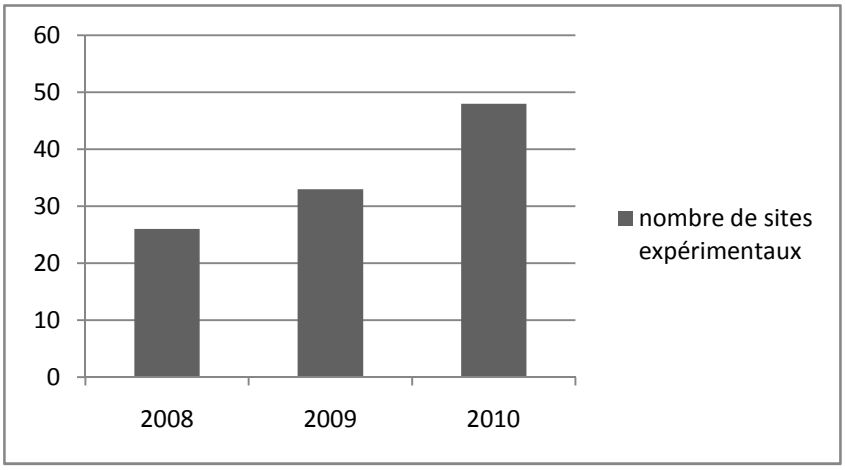


Figure 15 : Évolution de l'échantillon des exploitations viticoles au cours des programmes de recherche (Source : A2PV, 2010)

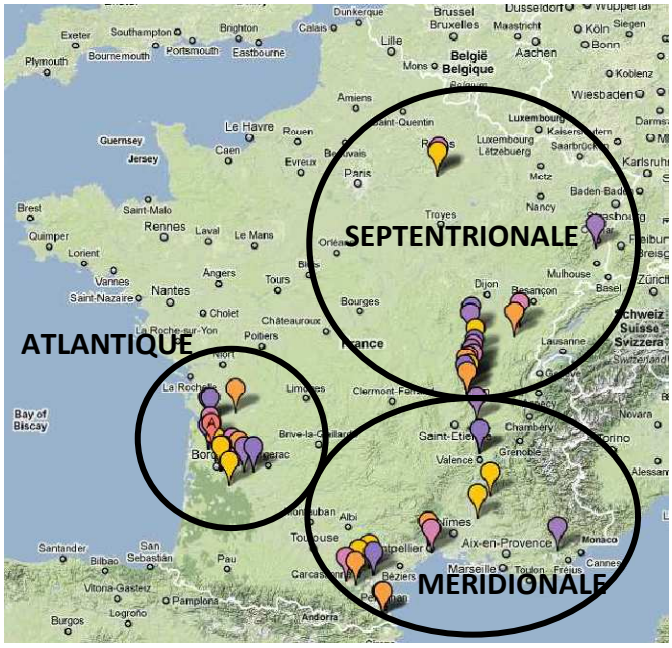


Figure 16 : Répartition géographique des différentes parcelles du réseau expérimental en 2010 (Source : A2PV, 2010)

➢ *Les acteurs de la filière pour l'accompagnement de la réduction des pesticides*

Les acteurs de la filière vitivinicole française pouvant jouer un rôle dans la réduction des pesticides sont ceux qui sont capables de donner un appui et d'aider à la mise en œuvre d'innovations environnementales. Parmi ces acteurs se trouvent ceux ayant un rôle réel

et ceux qui sont potentiellement capables d'intervenir sur le sujet. À partir d'un schéma général des acteurs de la filière vitivinicole française, nous identifions les acteurs du secteur qui présentent un intérêt et/ou sont impliqués dans l'accompagnement des pratiques phytosanitaires des viticulteurs à quelque niveau que ce soit.

Tableau 7 : Échantillon de l'enquête sur les acteurs du secteur viticole

Organisme	**Nombre de citations**
Cave coopérative	7
Cave d'approvisionnement	2
Organisme de conseil	7
Fournisseur de produits phytosanitaires	2
Organisme de recherche	1
Organisme de formation	3
Négociant	1
Centre de gestion	2
Conseiller privé	3
ODG	3
Institut technique	1
Partenaire financier	1
TOTAL	**33**

(Source : auteur)

L'objectif a été d'interroger un ensemble d'acteurs représentatifs identifiés au sein de la filière viticole comme susceptibles d'être parties prenantes dans l'accompagnement des exploitations vers la réduction des pesticides, car bénéficiant d'un savoir-faire et de routines plus ou moins importantes concernant la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. L'enquête a été menée en 2011 par le biais d'entretiens menés en face à face. Compte tenu de la problématique du travail de recherche et de nos hypothèses sur le besoin d'accompagnement des viticulteurs, les caves coopératives et les organismes de conseil représentent chacun 20 % des enquêtés. Les organismes de formation, les conseillers privés et les Organismes de défense et de gestion (ODG) représentent chacun 9 % des enquêtes menées. Parmi les 33 enquêtés (tableau 7), il y a deux caves d'approvisionnement, deux fournisseurs de produits phytosanitaires et deux centres de gestion et seulement un négociant, un organisme de recherche, un institut technique et un partenaire financier, se situant majoritairement en région Aquitaine.

2.2.3. Méthodes d'analyse des données

Afin de présenter les données collectées, nous utilisons différents types de graphiques : des diagrammes en barres, des diagrammes circulaires et des *box plots* selon les données que nous souhaitons décrire et les éléments à mettre en lumière.

- *Représentation graphique des données*

Concernant les coûts, nous disposons d'une part, du coût des processus « classiques » des exploitations, et d'autre part, du coût des processus Mildium, les deux étant issus de calculs faits à partir des données comptables et extra-comptables collectées (méthode *OBC*). Afin de présenter et résumer les données obtenues lors de notre travail expérimental sur les coûts, nous utilisons des *box plots* en tant que méthode numérique de statistiques descriptives qui donne un résumé graphique des données à partir du résumé en cinq chiffres : la plus petite valeur prise par la variable, le premier quartile [96] (Q1), la médiane [97], le troisième quartile (Q3), la valeur la plus élevée prise par la variable (Anderson *et al.*, 2000). La médiane et les quartiles Q1 et Q3 sont les valeurs clés de la construction des *box plots*, que l'on complète avec l'étendue interquartile EIQ (EIQ=Q3-Q1).

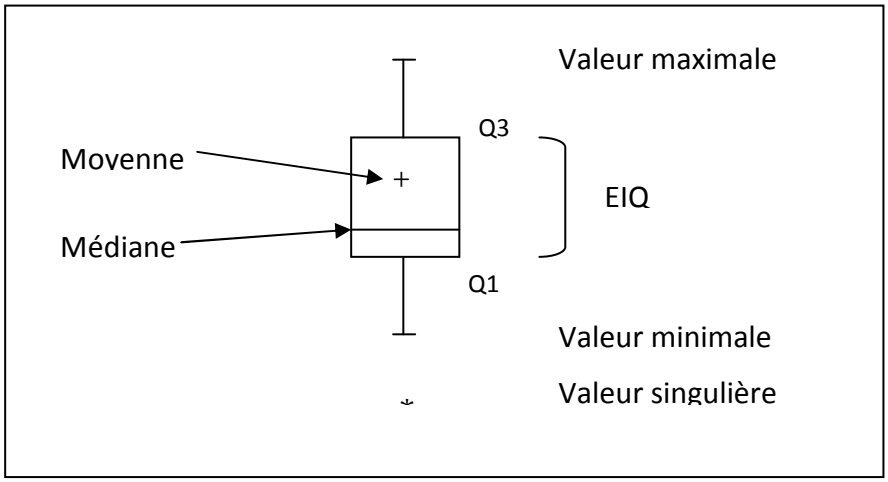


Figure 17 : Eléments composant un box plot *(Source : auteur)*

[96] Le quartile fournit des informations sur la manière dont les observations sont réparties dans quatre parts, chacune contenant 25% des effectifs (Anderson *et al.*, 2000).

[97] La médiane est une mesure de tendance centrale. Lorsque les données sont classées par ordre croissant, la médiane correspond à la valeur centrale (Anderson *et al.*, 2000), préférable à la moyenne lorsqu'il existe des valeurs extrêmes.

Cette représentation permet de comparer différentes distributions selon les cinq éléments de position, auxquels nous ajoutons la moyenne [98] (figure 14), et d'illustrer leur dispersion en mettant en évidence l'écart interquartile et l'étendue de chacune des distributions. Ainsi, nous obtenons une vision de notre population permettant d'établir des comparaisons, bien que celle-ci soit restreinte.

- *Distributions de fréquence*

Afin de décrire les résultats de notre enquête sur les freins à l'adoption de processus de protection phytosanitaire innovants, nous utilisons des distributions de fréquence. Il s'agit d'un résumé des données, parfois présenté dans un tableau, décrivant la fréquence ou le nombre des observations faites dans différentes classes de données qualitatives (Anderson *et al.*, 2000). Dans notre cas, vu la taille de l'échantillon, nous raisonnons à partir du nombre de citations. Il en est de même concernant l'enquête sur le rôle des acteurs du secteur pour l'accompagnement des exploitations viticoles.

- *Evaluation globale du POD Mildium*

Les performances agronomiques, économiques et environnementales du POD Mildium sont évaluées sur des parcelles en production variant de 0,25 à 1 hectare. Le recueil des données et les prises de décisions sont effectués par les expérimentateurs, mais les traitements sont réalisés par les viticulteurs avec leur propre matériel dans les conditions de leur exploitation. Les performances techniques sont ensuite évaluées sur des critères de niveaux de dégâts dus aux différentes maladies, de rendement, de maturité des raisins et de consommation de fongicides (tableau 8). Les résultats des essais techniques du POD Mildium menés par les équipes de recherche partenaires sont présentés en annexe III-G. Les performances économiques sont évaluées à travers le coût réel de la protection (intrants, main-d'œuvre, matériel) selon la méthode *OBC*.

[98] La moyenne est une mesure de tendance centrale primordiale pour toute variable (Anderson *et al.*, 2000). Elle se définit comme $\bar{x} = (\sum \llbracket x\ i \rrbracket)/n$.

Tableau 8 : Critères d'évaluation des résultats du POD Mildium

Performance	**Critères**	**Critères de référence pour la comparaison**
Agronomique	- rendement agronomique - maturité des raisins - niveaux de maladie	- objectifs de production fixés par le viticulteur - conduite conventionnelle sur l'exploitation
Environnementale	- nombre de traitements - IFT	- conduite conventionnelle sur l'exploitation - pratiques de protection dans la zone de production (enquête)
Economique	- coût de la protection phytosanitaire (intrants, main-d'œuvre, matériel) - gestion des observations	- conduite conventionnelle sur l'exploitation

(Sources : Bazoche et al*., 2009b et A2PV, 2010)*

La mise en œuvre des enquêtes nous a permis d'obtenir des résultats en termes de performance économique de l'innovation environnementale POD Mildium, de mettre en évidence les freins à son adoption, mais également de décrire la structuration de l'accompagnement des viticulteurs dans la modification de leurs pratiques phytosanitaires.

3. Évaluation qualitative de la performance économique et des freins à la mise en œuvre du POD Mildium

Cette sous-partie vise à présenter les résultats du travail que nous avons mené au cours des programmes de recherche décrits. Nous les présentons non pas dans un ordre chronologique, mais plutôt par rapport aux réponses qu'ils apportent en regard du cadre théorique que nous avons construit pour notre analyse. Tout d'abord, nous présentons l'évaluation économique de la mise en œuvre du POD Mildium et les économies potentielles qui y sont liées (3.1.). Ensuite, pour dépasser les considérations portant uniquement sur une analyse en termes de rentabilité de telles trajectoires, nous présentons les résultats de l'enquête que nous avons menée pour déterminer les freins ressentis par les viticulteurs à la mise en œuvre de telles pratiques (3.2.). Pour finir, nous concluons sur les possibilités d'implication des acteurs de la filière pour aider à lever ces freins grâce à un travail d'enquête auprès des acteurs du secteur (3.3.).

3.1. Évaluation de la performance économique du POD Mildium

Nous nous sommes tout d'abord intéressés à l'existence potentielle d'un effet doublement gagnant lié à l'adoption du POD Mildium. Nous avons donc mené en premier lieu une comparaison du coût des pratiques associées au processus Mildium avec celui des processus de protection conventionnels des viticulteurs (3.1.1.). Puis nous nous sommes intéressés à l'impact du changement sur la structure des coûts (3.1.2.), et enfin au poids du coût du conseil ou de l'accompagnement pour la mise en œuvre du POD sur la performance des exploitations (3.1.3.). Enfin, nous faisons la synthèse des résultats en montrant que des trajectoires gagnant-gagnant existent pour les viticulteurs qui doivent réduire leur utilisation de fongicides (3.1.4.).

3.1.1. Analyse de groupe autour de l'impact économique de l'adoption du POD Mildium dans les exploitations viticoles

Dans le cadre de notre problématique, nous nous intéresserons ici uniquement au coût des opérations concernant le ou les processus de protection du vignoble mis en œuvre sur les exploitations, toutes choses égales par ailleurs puisque nous avons pu vérifier que les autres opérations du processus de production ne sont pas impactées par l'adoption du POD Mildium. A partir des résultats, nous observons que le coût minimum pour le POD Mildium en 2010 [99] est de 153,30 €/ha contre 679,46 €/ha pour le coût maximum. On observe une certaine hétérogénéité du coût de ce processus de protection du vignoble pour l'ensemble des parcelles étudiées (contrairement aux résultats de l'année 2009 qui étaient plus homogènes) (figure 18). La répartition des coûts dans les exploitations selon le processus phytosanitaire conventionnel est beaucoup moins homogène que le coût du POD Mildium (contrairement aux résultats de l'année 2009 qui étaient hétérogènes), avec des valeurs bien réparties autour de la moyenne. Le coût minimum est de 174,58 €/ha et le coût maximum de 1450,71 €/ha. La valeur médiane est proche de la valeur moyenne puisqu'elle est égale à 490,15 €/ha.

[99] Les données présentées le sont sur l'année 2010, année pour laquelle les exploitations viticoles en test sur le POD Mildium sont les plus nombreuses, l'échantillon étant ainsi plus représentatif de la diversité des cépages, des régions et des conditions climatiques.

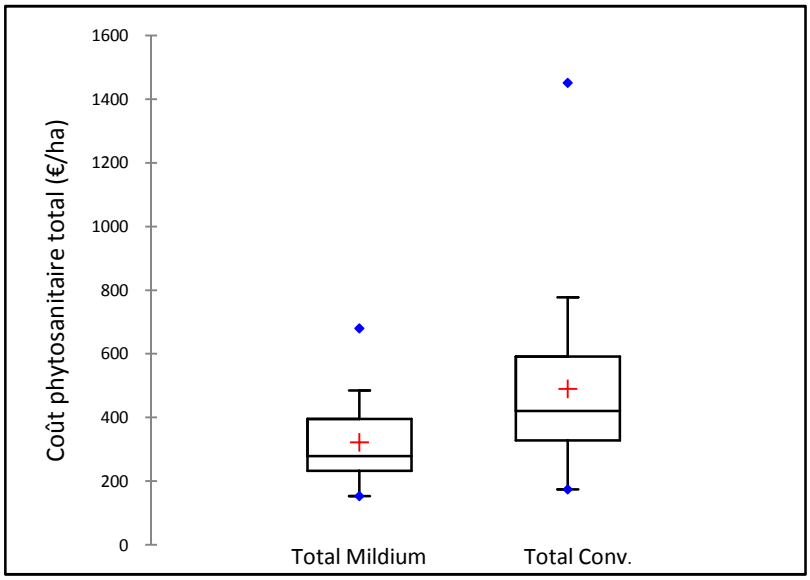


Figure 18 : Comparaison du coût total du processus de protection phytosanitaire selon les pratiques, 2010 (Source : auteur)

Le coût global du POD Mildium est inférieur au coût global du processus conventionnel, sauf pour trois parcelles (figure 19). La parcelle n°84 avec le POD Mildium a reçu un traitement anti-mildiou supplémentaire par rapport au reste de l'exploitation (soit un coût d'intrants supérieur, de l'ordre de 10 €/ha), et les parcelles n° 53 et n° 54, qui ont pourtant bénéficié de trois traitements de moins que le reste de l'exploitation, ont un coût de traitements anti-mildiou supérieur, de l'ordre de 101 €/ha en raison du prix d'achat élevé des produits phytosanitaires choisis (spécialités commerciales). On peut donc affirmer que le POD Mildium a un effet positif sur la diminution des coûts. Cette diminution est cependant d'ampleur très variable selon les parcelles (figure 20).

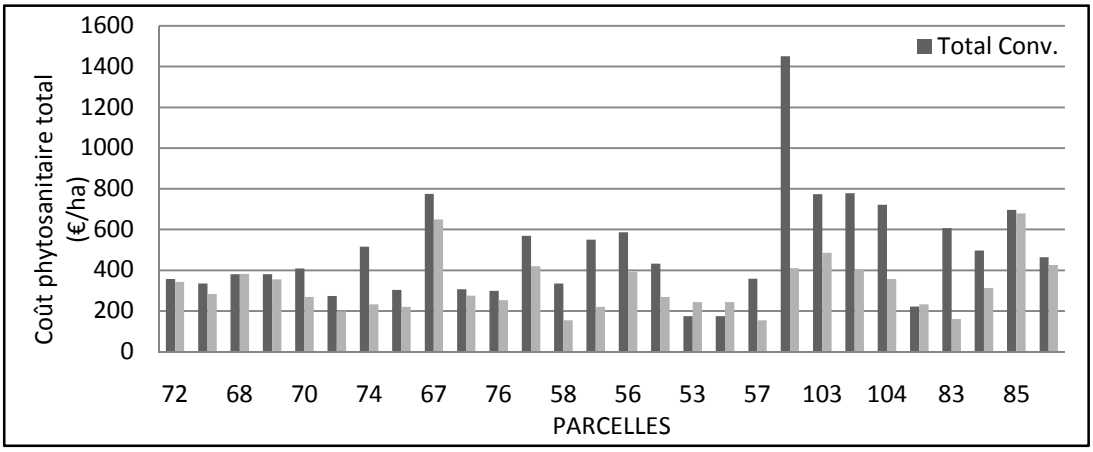


Figure 19 : Comparaison des coûts entre le POD Mildium et le processus conventionnel de l'exploitation, 2010 (Source : auteur)

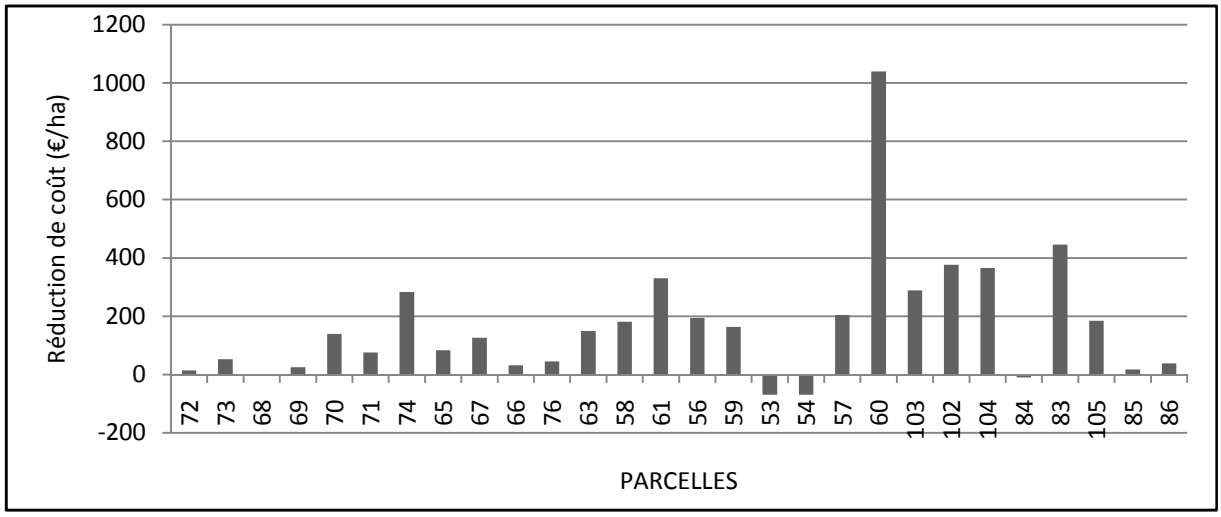


Figure 20 : Diminution des coûts de production lors de la mise en œuvre du POD Mildium, 2010 (Source : auteur)

Enfin, nous notons qu'aucun coût de transition n'est observé dans la comptabilité et les déclarations des exploitations.

<u>Résultat expérimental n° 1</u> : l'adoption du POD Mildium entraîne une diminution du coût de la protection phytosanitaire.

Le montant économisé paraît également très variable selon les régions (figure 21) et les tailles des exploitations. Les coûts moyens du POD Mildium par région sont de 304,25 €/ha pour la région Atlantique (A), 317,74 €/ha pour la région Méridionale (B) et 388,79 €/ha pour la région Septentrionale (C). Les coûts moyens du processus conventionnel conduit par les exploitants est de 501,36 €/ha pour la région Atlantique (A), 411,52 €/ha pour la région Méridionale (B) et 692,42 €/ha pour la région Septentrionale (C).

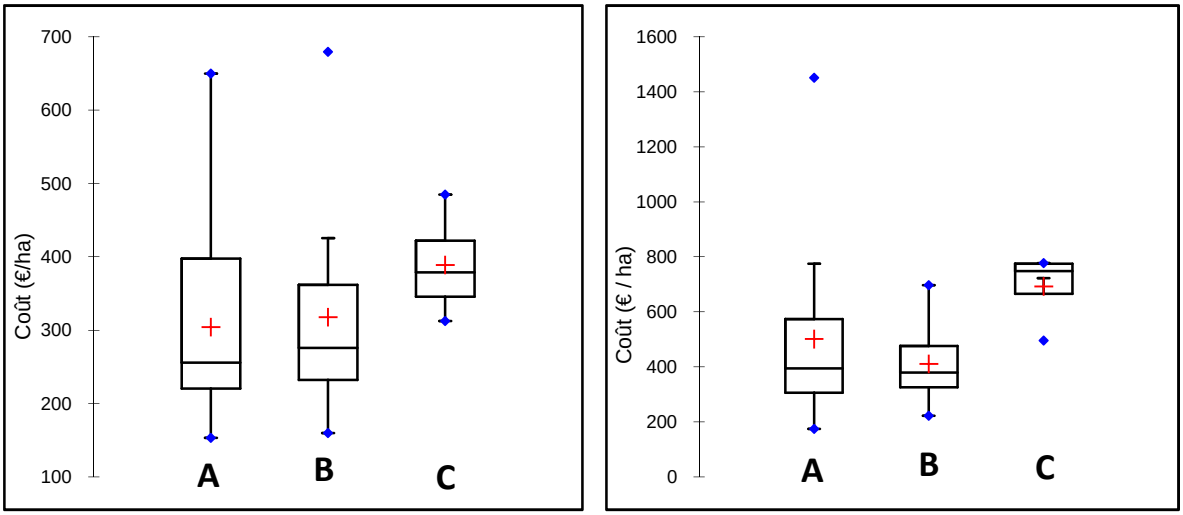


Figure 21 : Coût par région du POD Mildium (à gauche) et de la stratégie conventionnelle (à droite), 2010 (Source : auteur)

Ainsi, en région Septentrionale (C), l'économie est la plus forte (303,63 €/ha en moyenne) alors qu'en région Méridionale (B), l'économie est la plus faible (93,78 €/ha en moyenne). Le coût du POD Mildium est relativement semblable pour les régions Atlantique (A) et Méridionale (B) et assez hétérogène au sein de chacune de ces régions, tandis qu'en région Septentrionale (C), le coût du POD Mildium est sensiblement plus élevé avec une certaine homogénéité entre les exploitations. Nous pouvons faire les mêmes remarques pour le coût conventionnel (figure 21). De même, pour les exploitations de petite taille l'économie est la plus forte (370,43 €/ha en moyenne contre 89,42 €/ha pour les exploitations de taille moyenne, qui enregistrent l'économie la plus modérée).

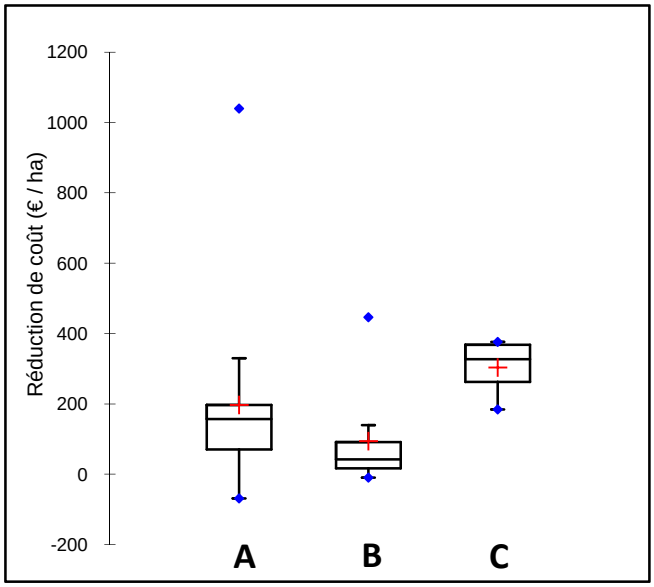


Figure 22 : Réductions de coûts observées avec le POD Mildium selon la région, 2010 (Source : auteur)

C'est en région Septentrionale (C) qu'est réalisé en moyenne le montant d'économie le plus important (303,63 €/ha) ; notons cependant une variabilité importante des résultats (figure 22). La région Méridionale (B) connaît le montant moyen économisé le plus faible (93,78 €/ha), avec une très forte dispersion des valeurs. Quant à la région Atlantique (A), elle se situe à un niveau plus intermédiaire avec des valeurs plus ramassées autour du montant moyen (197,11 €/ha), c'est-à-dire une plus grande homogénéité entre les exploitations. Pour l'ensemble des parcelles étudiées, l'économie moyenne réalisée est de 26 % avec un minimum de - 39 % et un maximum de 74 %. Le nombre de passages économisés, en 2010, est de 1,9, soit 1 heure de temps de travail en moins par hectare pour les traitements phytosanitaires.

Nous venons d'observer que le POD Mildium permet de réaliser une économie en termes de coût de la protection phytosanitaire dans la quasi-totalité des parcelles (à trois exceptions près). Lorsque nous comparons les régions entre-elles ou bien les tailles d'exploitations entre elles, nous notons que les économies réalisées sont plus ou moins importantes. Nous testons donc la significativité des différences observées pour un certain nombre d'hypothèses à l'aide d'un test d'hypothèse Student [100] (détail des statistiques en annexe III-H) afin de déterminer si certaines variables influencent les résultats. Il ressort de notre analyse :

- qu'**il n'y a pas d'effet cépage,** car il n'y aucune différence de nombre de traitements économisés entre les cépages sensibles et les cépages non sensibles au mildiou et/ou à l'oïdium. Ce déterminant, mis en avant comme facteur potentiel d'explication de différences de pratiques par Mezière *et al.* (2009), ne semble pas ici confirmé ;
- qu'**il n'y a pas d'effet taille de l'exploitation,** car on n'observe pas de différence significative de coût économisé en fonction de la taille des exploitations. Nous faisons la même remarque à propos de la conclusion de Mezière *et al.* (2009), qui semblerait montrer que la taille a un impact sur la capacité à adopter et mettre en œuvre des innovations pour réduire les pesticides. Cela ne se vérifie pas sur notre échantillon ;

[100] Test de Student : test utilisé pour déterminer dans quelle mesure deux échantillons sont susceptibles de provenir de deux populations sous-jacentes ayant la même moyenne. Destiné à la comparaison de deux échantillons à travers leurs moyennes, il est basé sur la distribution *t*. L'hypothèse testée, appelée « hypothèse nulle » *H0*, déclare que les deux échantillons sont issus de la même population et ont donc une moyenne égale. Si *H0* n'est pas vérifiée, l'hypothèse alternative, notée *Ha*, est validée, c'est-à-dire que la moyenne du premier échantillon est différente de celle du deuxième. Nous retenons un niveau de signification seuil α égal à 0,05. Cela revient à dire que nous rejetons l'hypothèse nulle *H0* dès que la *p-value* du test est inférieure à 0,05. Ainsi, le risque de rejeter l'hypothèse nulle *H0* alors qu'elle est vraie est de *p-value**100%. Dans le cas contraire, il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

- qu'**il semble ne pas y avoir d'effet régional pour l'oïdium**. Il n'y a pas de différence de montant d'anti-oïdium économisé entre les trois régions. En revanche, il y a une différence significative entre les régions A et B, et même très significative entre C et B, pour ce qui concerne le montant d'anti-mildiou économisé. La région du Sud-Est se distingue donc très nettement des deux autres par son faible montant d'économie en matière d'intrants anti-mildiou ;
- qu'**il y a un effet millésime** même si les différences d'échantillons entre les années sont à prendre avec précaution. On observe une différence du nombre de traitements économisés en fonction de l'année. Nous pouvons ainsi mettre en évidence un effet millésime pour les années 2008-2009. En revanche, si l'on prend les deux maladies séparément, on constate qu'il n'y a pas de différence d'économie de traitement selon les années. Cette observation renforce l'idée qu'il était nécessaire et judicieux de gérer le mildiou et l'oïdium au sein d'un même processus opérationnel. Cela a rendu possible de découpler les traitements pour les deux maladies. Globalement, les résultats dégagés par cette étude économique qualitative sont semblables sur les trois années.

Nous analysons maintenant l'impact du changement de pratiques phytosanitaires sur la structure des coûts pour savoir quels sont les facteurs de production qui expliquent les économies réalisées.

3.1.2. Structuration des coûts et des économies réalisées : intrants et matériels sont majoritaires

Le changement de pratiques entraîne un changement de structure des coûts avec la majeure partie des économies réalisées portant sur les intrants. Nous observons que le poids des intrants (produits phytosanitaires) dans le coût global est prépondérant quelle que soit la stratégie de traitements adoptée, puisqu'ils représentent le principal poste de dépense (plus de la moitié du coût global). Cependant, on peut noter que la part des intrants dans le coût global du POD Mildium est légèrement moins importante que dans le coût global du processus conventionnel. D'autre part, la place du matériel est un peu supérieure dans le cas du POD Mildium. En effet, le nombre de passages pour les traitements étant moins élevé dans le cadre du processus Mildium, de fait, la part des intrants diminue légèrement et celle du matériel augmente légèrement de façon

mécanique. Mais ces écarts entre les deux processus ne semblent pas être très significatifs. On note également la part importante des traitements anti-mildiou, qui à eux seuls représentent 138,63 €/ha pour le POD Mildium (soit 43 % du coût total) et 189,23 €/ha en processus conventionnel (soit 38,6 % du coût total). La structure des coûts est identique pour les deux stratégies de traitements. Le bloc « intrants-matériels » représente environ 82 % du coût global des traitements dans les deux cas (figure 23).

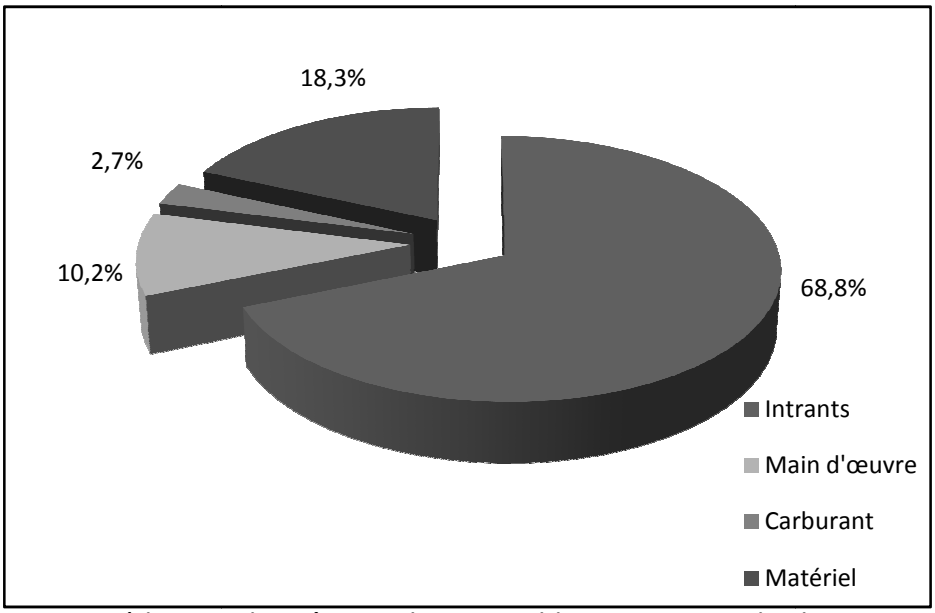


Figure 23 : Réduction de coût avec le POD Mildium par poste de charges, 2010 (Source : auteur)

La réduction du coût global est expliquée à 68,8 % par la diminution du coût des intrants. Ceci est logique puisque ces derniers représentent près de 55 % des coûts. Plus le montant des économies est élevé et plus la part liée aux intrants dans la réduction est importante. Ce sont donc bien les charges les plus lourdes financièrement (intrants + matériel) qui diminuent le plus en raison de la baisse du nombre de passages pour les traitements. Les montants de main-d'œuvre et de carburant diminuent de façon assez marginale. Cependant, la variabilité au sein de l'échantillon est très importante puisque l'économie d'intrants va de - 42 % à 215 % ; l'économie en matériel va de - 74 % à 100 %. Toutefois, la part des intrants dans le coût de revient des produits (méthode ABC) ne représente pas plus de 5 % (Pailler, 2004), donc même si cette réduction de coût est réelle, elle est à pondérer par rapport à son impact sur le profit des exploitations.

<u>Résultat expérimental n° 2</u> : la réduction de coût phytosanitaire provient majoritairement de l'économie d'intrants chimiques, mais concerne aussi les autres facteurs de production.

Cependant, les résultats que nous venons de présenter ne tiennent pas compte du coût des observations au vignoble. Pourtant, un certain nombre d'observations doit être obligatoirement conduit dans le cadre du POD Mildium. Ces observations, réalisées jusqu'à présent par du personnel qui dépend des organismes partenaires des programmes de recherche, permettent de décider de traiter ou de ne pas traiter en cas de risque de contamination sévère. Elles constituent en quelque sorte une part immatérielle du coût des traitements. À ce titre, nous avons tenu à intégrer par simulation ces coûts d'observations dans le but de déterminer quel serait leur impact sur le coût de revient des producteurs de raisin.

3.1.3. L'intégration du coût des observations à l'évaluation économique du POD Mildium

Le POD Mildium prévoit un nombre défini d'observations à réaliser dans les parcelles participant chaque année au dispositif expérimental. Ce type de charge n'a jamais été pris en compte dans les calculs et simulations effectués dans le rapport Ecophyto R & D qui ne s'intéresse ni aux charges de main-d'œuvre ni aux charges de suivi parcellaire (Mezière et *al.*, 2009). Ce détail d'information n'est en fait recensé nulle part dans les bases de données existantes, que ce soit en termes comptables ou extracomptables. Trois comptages sont réalisés à trois stades clés du développement de la vigne sur une période où les grappes et les feuilles doivent être protégées de toute attaque importante de mildiou et d'oïdium. Le protocole associé au POD Mildium décrit très précisément le nombre de ceps à examiner pendant les comptages, pour lesquels il faut noter le pourcentage de grappes et de feuilles atteintes par des symptômes de mildiou et d'oïdium (en fréquence d'attaque et en sévérité). La fréquence des attaques et leur sévérité participent, au même titre que les pluies annoncées – marquant la fin de rémanence du dernier traitement – ou l'information locale mildiou, à la prise de décision pour un éventuel traitement optionnel. Il existe également un bilan grappes réalisé avant récolte, dont le but est d'estimer le taux d'atteinte des grappes par les deux maladies.

Mais, à ce stade il n'est plus possible d'intervenir avec des traitements chimiques. Il s'agit donc de faire le bilan de la campagne et de constater si le POD Mildium semble avoir donné les résultats attendus sur le plan sanitaire (d'après un constat visuel). Cette dernière observation n'ayant pas de lien direct avec les traitements phytosanitaires, nous ne la prendrons pas en compte dans le calcul du coût des observations.

Deux possibilités sont ici testées pour la réalisation des observations. Les viticulteurs pourraient avoir à assurer cette mission par eux-mêmes ou bien faire appel à un salarié. C'est pourquoi, nous avons souhaité compléter notre étude principale par une étude complémentaire en tenant compte des coûts liés aux observations sur le terrain qui sont directement en rapport avec les traitements. Pour effectuer les simulations, nous imaginons deux hypothèses. Dans la première, le temps passé aux observations est consacré par le viticulteur lui-même et est rémunéré en fonction du salaire qu'il se verse. Dans la seconde, les observations sont réalisées par un organisme de développement avec une rémunération du temps de travail sur le barème cadre de la convention collective (Samie et Del'homme, 2011) d'après les déclarations des partenaires des programmes de recherche. Durant la phase de test du POD Mildium (2008 – 2010), les observations ont été réalisées par les personnes relais appartenant aux différents organismes partenaires (INRA, CEMAGREF, chambres départementales d'agricultures, lycées agricoles, IFV, CIVC [101]). En 2010, le temps d'observation passé dans chaque parcelle sur la durée de la campagne était en moyenne de 6 heures et 11 minutes.

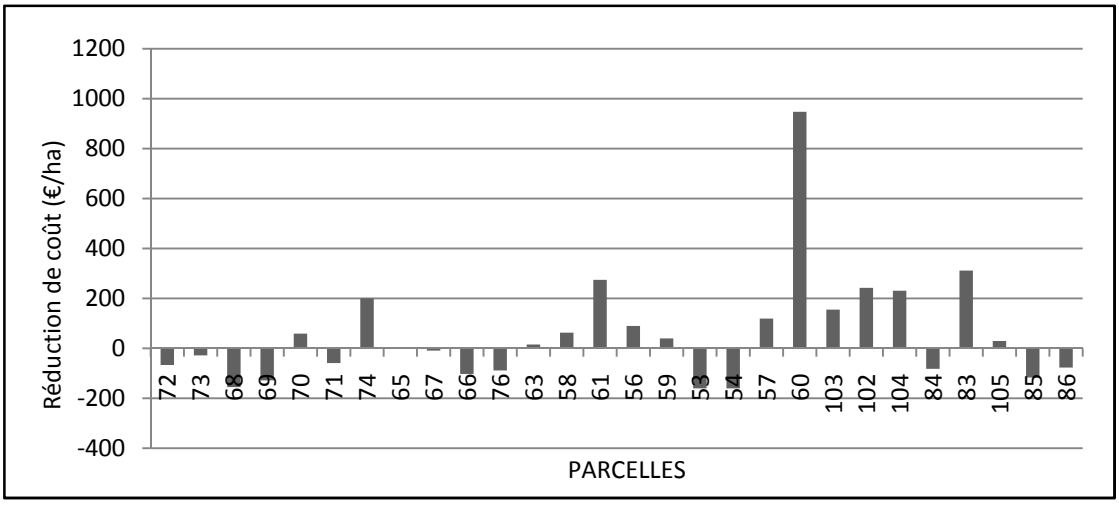


Figure 24 : Réduction des coûts avec le POD Mildium après déduction du coût des observations au tarif viticulteur, 2010 (Source : auteur)

[101] CICV : Comité interprofessionnel des vins de Champagne.

La figure 24 montre pour chacune des parcelles le montant économisé grâce au POD Mildium une fois le coût des observations déduit. Le coût des observations a été calculé en multipliant le nombre moyen d'heures passées dans les parcelles pour les trois comptages par le coût horaire de la main-d'œuvre du viticulteur. Dans cette hypothèse, ce sont les viticulteurs eux-mêmes qui prennent en charge les observations. Nous constatons d'après ce graphique que 16/28 exploitations continuent à réaliser une économie en dépit de l'ajout d'un coût des observations. Le POD Mildium reste donc efficace et pertinent dans la majorité des cas.

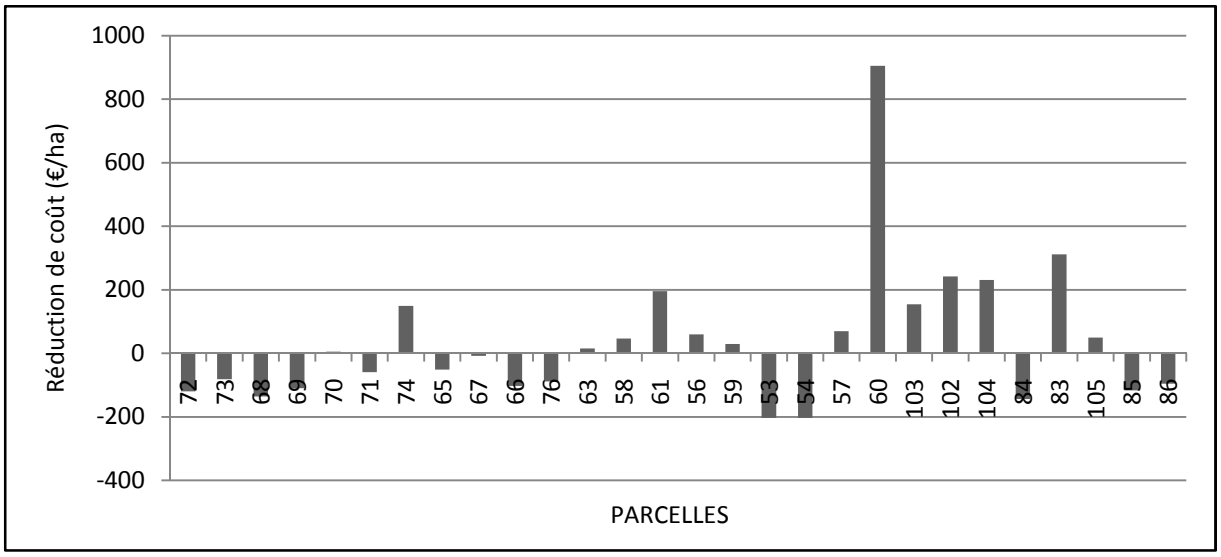


Figure 25 : Réduction des coûts avec le POD Mildium après déduction du coût des observations au tarif conseiller-cadre, 2010 (Source : auteur)

Nous observons d'après la figure 25 que 13 exploitations, soit près de la moitié, réalisent toujours une économie en dépit du coût des observations au tarif cadre.

<u>Résultat expérimental n° 3</u> : la prise en compte du coût des observations à réaliser pour le POD Mildium n'est pas rédhibitoire, que ces observations soient rémunérées par rapport au travail du viticulteur ou à l'intervention d'organismes de conseil. Même dans ce dernier cas, la moitié des exploitations continuent à bénéficier d'une réduction du coût phytosanitaire en adoptant le POD Mildium.

3.1.4. Des trajectoires gagnant-gagnant possibles avec l'adoption du POD Mildium

D'après Porter et Van der Linde (1995), le seul avantage environnemental des innovations environnementales ne constitue pas une condition suffisante pour inciter les firmes à les mettre en œuvre. Leur développement et leur adoption reposent en effet en grande partie sur la survenance d'un résultat « doublement gagnant » permettant de coupler gains environnementaux et économiques. Il était ici question de vérifier si l'adoption d'innovations environnementales pour réduire l'utilisation des fongicides pouvait procurer un avantage compétitif aux exploitations viticoles. Nous avons ainsi montré qu'il existe des économies potentielles à réaliser sur les coûts de production. Mais quand on les ramène au coût de revient des produits, cette réduction de coût n'est que peu importante (5 % maximum).

S'il semble que les opportunités commerciales soient très limitées en termes de valorisation par les prix, produire des vins « environnementaux » semble être devenu une nécessité. Si des vins à contenu environnemental sont dès aujourd'hui identifiables en France, la perception du potentiel commercial de ces vins n'est pas explicite. Une enquête périphérique que nous avons menée auprès d'opérateurs de la filière des vins de Bordeaux (Ugaglia et Del'homme, 2009) a cherché à montrer la connaissance et la perception de ces acteurs sur les vins environnementaux (échantillon, questionnaire et résultats sont présentés en annexe III-I). Sans avoir de caractère strictement représentatif, cette enquête fait ressortir qualitativement plusieurs points illustrant la tendance actuelle du marché. Les vins environnementaux sont connus de la plupart des acteurs de la filière, d'après leur identification officielle ou commerciale. Sans en partager totalement la notion, les opérateurs enquêtés soulignent à la fois le grand intérêt que les consommateurs ont et auront vis-à-vis de ces produits et la trop grande confusion dans les signes et labels environnementaux existants, et demandent la création d'un label « environnemental » unique pour éviter toute confusion. L'environnement n'est pas seulement une opportunité commerciale pour les opérateurs, mais bien une dimension nouvelle de leur activité, qui se traduit par une intégration de cette dimension dans leur activité d'entreprise, au-delà de l'affichage des vins. Mais la réalité actuelle du marché ne facilite pas la diffusion de ces vins, car le critère de choix prioritaire des consommateurs reste le prix. Pas de valorisation environnementale à envisager, donc, si de tels vins ont un coût de production plus élevé. De quoi relancer la question du soutien public à un mode de production que le marché semble avoir du mal à reconnaître pour le moment.

L'innovation environnementale étudiée ici s'attaque directement à l'impact environnemental en améliorant simultanément le produit et/ou les processus de protection du vignoble (*cf.* résultats techniques en annexe III-G). Des externalités de produit sont notamment constatées puisqu'en plus de réduire la pollution, l'innovation d'aboutir à un produit plus performant, de meilleure qualité environnementale et de réduire les coûts de production. Cela constitue un avantage pour son adoption, dans la mesure où certains conseillers d'exploitation affichent la réduction des charges comme un des objectifs de gestion principaux des viticulteurs, compte tenu de l'importance des coûts dans ce domaine (Aujas *et al.*, 2011). Il y a donc possibilité de maintenir, voire d'augmenter, la marge des exploitations tout en améliorant l'impact des pratiques phytosanitaires. En tous les cas, ces innovations n'engendrent pas de surcoût significatif *a priori*, comme semblaient le suggérer d'autres travaux par rapport au ressenti des viticulteurs (Saint-Gès, 2006a). Les exploitations maintiennent, voire améliorent, leur performance économique d'après les indicateurs analysés.

<u>Résultat expérimental n° 4</u> : il semble donc que l'adoption du POD Mildium permette de combiner performance environnementale (diminution du nombre de traitements fongicides) et performance économique (réduction des coûts permettant de couvrir le coût de l'accompagnement dans la majorité des cas).

Nous souhaitons maintenant savoir si les externalités de l'innovation sont assez importantes pour agir comme un moteur de l'adoption de pratiques de type POD Mildium. En effet, les économies potentielles à réaliser ne semblent pas majeures par rapport à la totalité du coût de production. Afin de définir dans quelle mesure l'adoption d'innovations environnementales pour la protection des vignobles peut aboutir à des trajectoires gagnant-gagnant incitatives telles que définies par Porter et Van der Linde (1995), il s'agit donc d'interroger les viticulteurs concernés afin de déterminer :

- d'une part, si les économies réalisées sont perçues comme incitatrices à l'adoption par les viticulteurs qui testent le POD Mildium ;
- d'autre part, s'il existe d'autres freins qui dépassent les questions de rentabilité des exploitations dans l'explication du verrouillage technologique que continuent de subir les viticulteurs.

De plus, les viticulteurs participant aux programmes de recherche n'ont adopté le POD Mildium que sur une partie de leur exploitation. Se pose alors la question de sa mise en œuvre à l'échelle d'un domaine entier pour la gestion des observations, dans la mesure où sur une exploitation toutes les parcelles ont leurs spécificités et ne peuvent se raisonner de la même manière. On présage donc déjà qu'une seule parcelle de référence par exploitation ne sera pas suffisante pour gérer les décisions de traiter sur toute l'exploitation et qu'il faudra constituer des îlots. Il convient finalement de déterminer si le manque d'adoption de pratiques environnementales par les viticulteurs est seulement dû à un manque de perception des gains potentiels associés à l'innovation ou si d'autres freins existent. Les actions menées dans le cadre de la thèse au sein du second programme de recherche (A2PV SyDéRéT) ont été orientées en ce sens.

3.2. Des freins identifiés par les viticulteurs pour la réduction des pesticides

L'enquête que nous avons menée auprès des viticulteurs qui font partie du réseau expérimental des programmes de recherche permet de mettre en évidence plusieurs points concernant la mise en œuvre du POD Mildium et les difficultés qui y sont liées et exprimées par les viticulteurs (*cf.* questionnaire en annexe III-E). Nous avons tout d'abord essayé de mettre en évidence les pratiques phytosanitaires de routine des viticulteurs par rapport à celles associées au POD Mildium (3.3.1.). Puis nous avons comparé avec ce qu'il faudrait modifier pour adopter le POD Mildium et nous avons identifié les points du POD qui sont le moins maîtrisés par les viticulteurs et posent problème lors de son adoption (3.3.2.). Enfin, nous analysons les difficultés liées à la mise en œuvre du POD qu'ont rencontrées les exploitants en termes de résultat (3.3.3.).

3.2.1. Identification des pratiques phytosanitaires conventionnelles dans les exploitations enquêtées

Dans la mesure où les trois observations réalisées pour déclencher les traitements constituent des étapes importantes du processus de décision de Mildium, nous nous sommes tout d'abord intéressés à la manière dont les viticulteurs les réalisent en routine

dans leurs exploitations. Les observations sont réalisées par les viticulteurs eux-mêmes mais le sont selon un protocole différent de celui du POD Mildium et dans un objectif différent. Ils ne les utilisent pas forcément pour déclencher les traitements, mais tous en réalisent. Ces observations sont réalisées par le chef d'exploitation ou de culture, accompagné parfois d'un technicien. Les pratiques majoritaires sont d'observer 1 fois par semaine pour 11 domaines et plus d'une fois par semaine pour 11 autres domaines. Une minorité de viticulteurs réalise des observations moins d'une fois par semaine, avec 6 domaines concernés (tableau 9). Les observations sont réalisées en majorité « partout », c'est-à-dire que les viticulteurs observent toutes les parcelles de l'exploitation (24). Seuls 9 viticulteurs observent exclusivement des « parcelles de référence » ou des « témoins ». Les observations peuvent aussi se faire en fonction des parcelles sur lesquelles les viticulteurs sont en train de réaliser d'autres travaux. Ces observations sont réalisées pour 27 cas, soit plus de 80 % de la population, à pied. 24 viticulteurs les réalisent uniquement à pied ; les 6 autres les réalisent parfois à l'aide de tracteurs ou véhicules (quad, voiture) ce qui les rend beaucoup moins précises et spécifiques. Enfin, dans 20 cas sur 30, l'observateur prend lui-même la décision des traitements, mais pas forcément en tenant compte des observations. Les décisions de traitement, suite aux observations, sont effectuées par les viticulteurs seuls ou, le plus souvent, accompagnés d'un technicien.

Tableau 9 *: Rythme de réalisation des observations au cours du processus conventionnel dans les exploitations viticoles de l'échantillon, 2010*

Fréquence d'observation	**Nb individus**	**%**
Non réponse	2	6,60 %
1 fois/semaine	11	36,7 %
Moins de 1 fois/semaine	6	20 %
Plus de 1 fois/semaine	11	36,7 %
TOTAL	30	100 %

(Source : auteur)

Dans 26 cas, la compétence nécessaire aux observations sur le domaine est déclarée présente par les viticulteurs. Parmi deux des domaines où elle n'est pas présente, il s'agit pour l'un d'un manque de compétence pour reconnaître de manière précoce l'oïdium, et pour l'autre, de la même lacune pour le mildiou, les deux exploitations étant situées dans

la région bordelaise. On remarque toutefois sur le terrain que, de manière générale, les viticulteurs ont du mal à identifier l'oïdium précoce. Pour un autre domaine, il ne s'agit pas d'un problème de compétence pour les observations, mais de manque de disponibilité pour les réaliser sur une période très chargée. Cela a été constaté dans toutes les exploitations, car les viticulteurs ont du mal à se libérer pour réaliser les observations avec le personnel des programmes de recherche. Le temps moyen nécessaire aux observations est estimé entre 6 et 30 minutes par les viticulteurs, pour une moyenne d'environ 19 minutes par hectare. 22 cas sur 30 déclarent trouver cela suffisant.

Les autres sources d'informations qui peuvent servir à la prise de décision pour les traitements sont essentiellement constituées par les bulletins techniques et les conseillers techniques de divers organismes. Les moyens d'information sur l'évolution des risques des maladies de la vigne les plus utilisés sont les bulletins techniques d'information (des chambres d'agriculture le plus souvent), les conseillers techniques, et les résultats de modèles de prévision des risques (tableau 10). Les conseils techniques proviennent en majorité des chambres d'agriculture et des fournisseurs phytosanitaires ; quelques-uns proviennent de caves coopératives ou sont donnés par des consultants privés. Même si les bulletins techniques et les conseillers représentent des sources majeures d'information pour les viticulteurs, leurs préconisations ne sont pas suivies dans plus de la moitié des cas : 18 exploitants sur 30 déclarent ne pas suivre tout le temps les préconisations. Ils déclarent adapter les décisions à leur situation locale (11 sur 18 réponses), leur organisation de travail (5 sur 18) et leurs observations (3 sur 18). 19 cas sur 30 déclarent savoir qu'il existe un groupe de lutte raisonnée dans leur secteur auquel ils peuvent participer.

Tableau 10 : Sources d'information utilisées par les viticulteurs enquêtés, 2010

Moyens d'information sur les risques	Cité en rang 1		Cité en rang 2		Cité en rang 3		Cité en rang 4		Cité en rang 5		Cité en rang 6	
Bulletin technique d'information	15	50%	10	33,3%	1	3,3%	2	6,6%	0	0%	0	0%
Conseillers techniques	8	26,7%	8	26,7%	8	26,7%	0	0%	0	0%	0	0%
Résultats de modèles de prévision des risques	5	16,6%	4	13,3%	9	30%	0	0%	0	0%	0	0%
Presse agricole spécialisée	0	0%	0	0%	4	13,3%	3	10%	5	16,6%	0	0%
Internet	0	0%	1	3,4%	0	0%	7	23,4%	0	0%	0	0%
Autres	1	3,3%	4	13,3%	0	0%	0	0%	1	3,3%	1	3,3%

(Source : auteur)

Les approvisionnements en intrants et matériel sont satisfaisants pour l'application du POD Mildium. Les approvisionnements en intrants se réalisent dans 50 % des cas avant ou en début de saison et sont faits au fur et à mesure de la campagne pour l'autre moitié. Tous sauf deux viticulteurs ont un moyen de stocker les produits phytosanitaires (ce qui est pourtant réglementaire). Ces deux exploitants sont prêts à réaliser un investissement pour y remédier. La qualité de pulvérisation est dans l'ensemble satisfaisante ; d'ailleurs, le matériel est étalonné dans 29 cas sur 30. L'étalonnage a lieu pour 19 domaines chaque année ; pour les autres, au plus tous les 5 ans. Le débit des buses et la vitesse d'avancement sont les deux critères les plus contrôlés. Ces pratiques concernant l'approvisionnement en intrants et leur application semblent donc compatibles avec celles liées au POD Mildium, dans la mesure où un approvisionnement trop tardif en cours de saison ou des conditions d'application inefficaces auraient constitué des handicaps pour les exploitations.

Le découplage des traitements est peu fréquent. À la question de savoir si les traitements anti-mildiou et anti-oïdium sont découplés fréquemment ou pas, 14 domaines attestent découpler rarement ou jamais les traitements faits pour les deux maladies. 14 autres domaines découplent parfois et seulement deux découplent souvent ; il s'agit d'ailleurs de deux coopérateurs. Les raisons avancées de ce non-découplage sont principalement : un problème de temps de travail (13 sur 14 réponses), une volonté de contrôler les risques au maximum (5 sur 14), un parcellaire trop contraignant (5 sur 14), et une volonté

de limiter le nombre de passages (3 sur 14). Les traitements anti-mildiou et oïdium sont donc associés systématiquement, quitte à ce qu'un des deux ne soit pas bien positionné ou non nécessaire. Apparemment, il ne s'agit pas d'un problème de matériel de pulvérisation mais plutôt d'organisation du travail. Le POD Mildium conduit donc les viticulteurs à modifier leurs pratiques et l'organisation de leur processus de production.

3.2.2. Analyse des points critiques en vue de l'adoption du POD Mildium à l'échelle des exploitations

Il s'agit ici de faire une comparaison des pratiques habituelles avec les pratiques liées au POD Mildium. Il s'agit d'appréhender les points qui sont maîtrisés et ceux qui posent des difficultés dans l'éventualité d'un passage au POD Mildium. Il ressort de l'enquête trois points importants. Nous mettons surtout en évidence des points critiques concernant le processus de décision et l'organisation de la protection phytosanitaire qui vont avec l'adoption du POD Mildium. Après comparaison des points majeurs entre les pratiques habituelles des viticulteurs de notre échantillon et l'expérimentation du POD Mildium, on remarque que **les modalités de réalisation des observations** apparaissent comme le point le moins bien maîtrisé aujourd'hui. *A priori*, seulement 30 % de notre échantillon met déjà en œuvre des observations qui regroupent plusieurs caractéristiques de celles réalisées dans le cadre du POD Mildium. Ceci signifie que les 70 % ont des routines différentes de celles nécessaires pour la mise en œuvre du POD et que leurs habitudes devraient changer. Ces 70 % n'observent pas de parcelles de référence, le font en tracteur au cours d'autres travaux et/ou observent de manière assez intensive (plus d'une fois par semaine) sans que cela leur serve forcément à déclencher les traitements. Ce point serait donc critique dans l'adoption du POD Mildium sur la totalité d'une exploitation si l'accompagnement devait cesser lors de sa mise en œuvre.

En termes de compétences dans l'identification des maladies (mildiou et oïdium), les viticulteurs déclarent maîtriser l'exercice. Toutefois, on constate sur le terrain que des problèmes de compétences se posent pour identifier les maladies à des stades précoces aux moments prévus par la règle de décision. De plus, reste posé le problème de la gestion et de l'organisation de ces observations. Le temps qui serait nécessaire aux viticulteurs pour les réaliser eux-mêmes est difficile à estimer pour le POD Mildium. En effet, il s'agirait d'observer une heure voire une heure et demie environ par parcelle de référence dans le cas d'un passage au processus Mildium sur toute l'exploitation, mais la

taille et le nombre des parcelles de référence n'étant pas fixé sur les exploitations [102], il est difficile d'apprécier ce point de façon correcte. On peut cependant estimer que la moyenne pratiquée de 7 à 19 minutes d'observation par hectare et par semaine dans les processus conventionnels est trop faible par rapport à ce qui est nécessaire pour le POD Mildium.

Ensuite, le second point le moins maîtrisé concerne **la prise d'information sur les épidémies de mildiou et d'oïdium**. Tous les viticulteurs interrogés utilisent des moyens d'information tels que les bulletins d'informations techniques et/ou les conseils des conseillers viticoles, mais 60 % ne suivent pas forcément les préconisations de ces moyens d'informations. Ils adaptent à leur situation locale, à leur organisation de travail, mais peu à leurs propres observations. Or, avec le POD Mildium, les observations sont des indicateurs majeurs et il est nécessaire de combiner plusieurs critères de manière simultanée pour déclencher un traitement phytosanitaire**.**

Enfin, le troisième point le moins maîtrisé est **le découplage des traitements anti-mildiou et anti-oïdium**. Seuls 50 % des viticulteurs interrogés découplent ces traitements « parfois ou souvent ». Or, le découplage est un des principes à la base du POD Mildium. De plus, on remarque que parmi les 8 exploitants qui déclarent découpler les traitements rarement ou jamais, 7 ont plus de 50 ans. Cela semblerait indiquer que la simplification du processus de protection conventionnel du vignoble est plus forte chez les viticulteurs les plus âgés, ce qui ressort également des travaux de Fernandez-Cornejo (1998). Enfin, les viticulteurs exploitant des surfaces moyennes sont ceux qui découplent le moins les traitements, tandis que ceux qui ont de petites surfaces découplent le plus.

[102] Même s'il est clair que la cohérence agronomique et phytopathologique des îlots homogènes à définir pour l'application du POD Mildium au niveau de l'exploitation est importante, le seuil économique en termes d'organisation du travail sera déterminé au préalable pour connaître le nombre d'îlots maximum à définir sur les exploitations pour ne pas perturber le résultat économique.

<u>Résultat expérimental n° 5</u> : les exploitations ont des savoir-faire et des pratiques en cohérence avec le POD Mildium, mais également des points faibles et des compétences à acquérir :

- des observations sont réalisées régulièrement, mais sans protocole et sur la totalité du vignoble ;
- les sources d'information des viticulteurs sur les questions phytosanitaires sont très diversifiées ;
- les observations et informations collectées ne sont pas utilisées dans le processus de déclenchement des traitements phytosanitaires ;
- contrairement à ce qu'ils déclarent, les viticulteurs ont des difficultés à réaliser les observations et identifier les maladies ;
- le découplage des traitements est peu fréquent.

Pour conclure, les pratiques habituelles des viticulteurs de l'échantillon ne correspondent pas forcément aux pratiques nécessaires pour l'adoption du POD Mildium. Parmi les points majeurs comparés, les observations, le découplage des traitements, et la prise d'information mêlée à la planification du travail sont ceux qui sont le moins en correspondance avec les pratiques liées au processus Mildium pour la majeure partie de l'échantillon. Il s'agira donc pour les viticulteurs de mettre en place de nouvelles routines avec acquisition de nouvelles connaissances et compétences pour répondre aux problèmes épidémiologiques qui se posent à eux.

3.2.3. Acceptabilité et modalités de mise en œuvre du POD Mildium

Il s'agit de s'intéresser dans cette sous-partie aux facteurs qui peuvent influencer l'extension du POD Mildium à la totalité de la surface d'une exploitation. Nous avons interrogé les viticulteurs vis-à-vis de l'évaluation de la mise en œuvre du POD Mildium sur le millésime de l'année *n-1* (pour avoir une campagne complète avec un raisin récolté et vinifié), en l'occurrence le millésime 2009 [103], au sujet des difficultés qu'ils ont pu rencontrer avec ses nouvelles pratiques.

[103] Quand on compare les résultats à ceux d'une étude menée en 2008 dans le même projet mais sur un échantillon restreint (Aubry, 2008), il apparaît clairement des similitudes, sauf que pour l'enquête de 2009 le matériel n'est pas apparu comme une limite.

- *Tolérance de pertes*

Du point de vue des résultats techniques, les objectifs en termes de rendements sont atteints pour 22 cas sur 26 (4 non réponses). Les pertes quantitatives des 4 domaines concernés s'élèvent de 10 à 15 %. Les objectifs en termes de qualité sont atteints pour 23 cas sur 25 (5 non réponses). Les viticulteurs concernés estiment qu'au moins une partie des pertes est due à la mise en œuvre du POD Mildium. Pour l'un d'entre eux, elle est la cause de 100 % des pertes et pour un autre de 50 %. Toutefois, les experts en agronomie précisent que nombre d'autres facteurs peuvent être et sont sûrement à l'origine de ces pertes. Il faut aussi souligner que la tolérance en termes de pertes diffère suivant le potentiel qualitatif d'une parcelle : pour une parcelle à haut potentiel qualitatif, la tolérance de perte des viticulteurs est principalement inférieure à 5 % (16 cas) et 10 % (10 cas). Pour une parcelle à potentiel moyen, la tolérance est principalement inférieure à 5 % (10 cas) et 10 % (10 cas). Néanmoins, quelques viticulteurs tolèrent plus de pertes (5 cas tolèrent 15 % de pertes et 3 cas 20 %). Pour une parcelle à faible potentiel, la tolérance est principalement de 10 % (10 cas), mais pour 8 cas elle est inférieure à 5 %, pour 2 à 15 %, pour 5 à 20 %, pour 1 à 30 % et pour 1 à 50 %. Les viticulteurs semblent moins exigeants pour les parcelles les moins qualitatives, pour lesquelles ils sont plus prêts à prendre ce qu'ils estiment être des risques en changeant de pratiques phytosanitaires.

- *Efficacité économique*

D'un point de vue économique, si le POD Mildium revenait plus cher qu'une campagne traditionnelle, 14 exploitations déclarent qu'elles pourraient quand même l'adopter, pour limiter l'impact sur l'environnement dû à l'utilisation des produits phytosanitaires. Il semblerait donc que le levier majeur ne soit pas économique, ou en tout cas que l'établissement de trajectoires gagnant-gagnant ne suffise pas à l'adoption du POD Mildium à large échelle. Toutefois, les exploitations qui sont réfractaires à son adoption avancent des limites liées à la situation économique ne permettant pas un surcoût, et à l'aberration que constitue pour eux une prise de risque combinée à un surcoût ; ceci revient à dire que le POD Mildium serait de leur point de vue un échec s'il coûtait plus cher que les pratiques conventionnelles. En cela, ils revendiquent au minimum une trajectoire gagnant-gagnant, au sens de Porter et Van der Linde (1995).

➢ *Organisation du travail et accompagnement*

11 domaines ont rencontré des difficultés opérationnelles, portant principalement sur l'organisation du travail. Plus précisément, ces difficultés proviennent d'une concurrence avec d'autres travaux du processus de production sur l'exploitation (autres opérations culturales qui se réalisent au même moment que les traitements ou les observations), ce qui engendre des problèmes de réactivité et d'organisation du personnel. En général, la priorité n'est pas donnée aux observations. On note également un souci de positionnement des traitements dû à des contraintes liées à des conditions pédoclimatiques difficiles (pluies, sols lourds, vents), un suivi du processus Mildium un peu délicat par rapport à la disponibilité des viticulteurs, et enfin des soucis d'organisation liés à la taille de la parcelle conduite avec le POD Mildium.
Les suggestions proposées par les viticulteurs portent sur la mise en place d'un modèle informatique pour cette innovation - qui permettrait de gérer la règle de décision, de simplifier la lecture du document expliquant le processus Mildium, de former le personnel des exploitations aux observations pour être plus autonome (ce qui fait courir le risque des problèmes d'organisation à cause de la concurrence des travaux si les observations sont gérées en interne) - et sur l'augmentation de la taille de la parcelle expérimentale.
Un changement d'organisation lors de l'extension du POD Mildium sur l'exploitation est accepté par 14 domaines (46,7 %), contre 8 qui refusent. Néanmoins, pour 7 cas (dont la réponse était « cela dépend »), l'hésitation serait levée sous réserve d'une nécessaire validation du protocole Mildium, d'une garantie de pertes inférieures à un seuil acceptable (10 % pour un domaine), d'un changement concernant la gestion du personnel, voire de l'embauche.

Concernant la prise en charge des observations par des organismes extérieurs à l'exploitation dans le cadre du POD Mildium, 22 viticulteurs sur 30 déclarent pouvoir les réaliser eux-mêmes, 5 affirment pouvoir les réaliser pour le mildiou seulement et 2 pour aucune des 2 maladies. Dans le cas d'une non prise en charge des observations, c'est-à-dire de leur réalisation de manière autonome, 8 domaines sont prêts à adopter le POD Mildium sur la totalité de leur exploitation. Pour les autres, il s'agit soit d'une extension partielle (14 cas), soit d'un refus (8 cas). Pour les domaines refusant l'idée d'étendre le POD Mlidium, les raisons viennent de la concurrence avec d'autres travaux, d'un manque de temps, d'un manque d'accès aux données (météo, modèles des maladies), du temps à consacrer aux observations (jugé trop long bien qu'elles soient limitées à trois), d'un

manque d'assurance et d'un souhait de se reposer sur une tierce personne. Pour un domaine, le manque de compétences est reprécisé. Pour les domaines déclarant souhaiter continuer à mettre en œuvre partiellement le POD, les raisons données pour cette réserve viennent du besoin d'un appui, d'un soutien technique, car il y a un manque d'assurance, mais aussi d'un problème de temps pour les observations, qui apparaît comme un frein. Il s'agit soit d'un souci de gestion du temps, soit d'un manque de main-d'œuvre. Parmi les caractéristiques des individus, on remarque que ceux qui refusent catégoriquement l'adoption du POD Mildium sans prise en charge des observations par l'extérieur disposent de moins de 3 personnes par domaine, qu'ils n'expérimentent le POD Mildium que depuis 1 ou 2 ans, et qu'ils proviennent majoritairement de la zone Septentrionale (C), soit la Champagne, le Jura, le Beaujolais et la Bourgogne. Par contre, ceux qui déclarent être prêts à adopter le POD Mildium sur tout leur domaine ont généralement plus de 14 personnes dans leurs équipes, et ils sont majoritairement situés dans la zone A, soit l'Aquitaine. Il semblerait donc que certaines caractéristiques, telles la quantité de main-d'œuvre et la localisation géographique des exploitations (lien climat/pression parasitaire), influencent l'adoption du POD Mildium. Toutefois, les viticulteurs s'appuient toujours sur un accompagnement extérieur pour sa mise en œuvre.

À la question de savoir s'ils feraient appel aux services de la chambre d'agriculture pour réaliser les trois observations spécifiques, 22 seraient d'accord et 8 non. En revanche, 9 pourraient faire appel à quelqu'un d'autre, par exemple un technicien de coopérative, un technicien de distributeur ou un consultant privé. Concernant la formation du personnel de leur domaine, 20 viticulteurs y consentiraient ; en revanche, aucun viticulteur ne souhaite embaucher de nouveau personnel pour réaliser ces observations. Dans le cas de l'adoption du POD Mildium avec une prise en charge des observations par une chambre d'agriculture, l'INRA ou un organisme technique comme c'est le cas dans le protocole expérimental, seuls 7 domaines seraient prêts à s'engager dans le changement de pratiques. Ces domaines déclarent apprécier le suivi technique d'un organisme extérieur et le fait de pouvoir économiser des intrants. Pour certains, le concept du POD Mildium est très proche de ce qu'ils réalisent déjà, donc cela ne leur pose aucun problème, surtout si les observations sont réalisées par des extérieurs. Concernant les 6 domaines qui ont répondu « non » à l'extension même s'ils étaient accompagnés, il s'agit essentiellement d'un problème de perception de risque trop important par rapport à un fort potentiel qualitatif des parcelles, et d'une difficulté de réactivité pour les traitements avant chaque

pluie [104]. 11 domaines déclarent être prêts à étendre le POD Mildium « partiellement » sur leur exploitation. Les raisons invoquées sont une méfiance vis-à-vis du protocole, un manque de recul, un souhait de plus de tests et d'une validation sur plusieurs années, car la perception du risque est trop importante. Cela entre en cohérence avec les travaux de Mezière *et al.* (2009), qui montrent que seules les techniques éprouvées depuis longtemps arrivent à diffuser de manière large en termes de réduction des pesticides. Pour les 5 domaines ayant répondu « cela dépend », l'un émet une réserve quant à la validation par la direction car cette dernière estime que d'importants risques de pertes existent [105] ; un autre viticulteur souhaite une efficacité technico-économique supérieure au processus conventionnel pour être convaincu, car les gains démontrés en termes de coût de production ne sont pas suffisants à ses yeux ; deux sont réservés quant à leur réactivité d'intervention ; et un est réservé quant au risque de pertes qu'il perçoit et pourrait lui faire perdre un marché.

<u>Résultat expérimental n° 6</u> : les freins liés à l'adoption du POD Mildium concernent les pertes et l'accompagnement :

- les viticulteurs ont une tolérance de pertes faible, mais qui dépend des parcelles ;
- l'incertitude liée à la maîtrise du POD Mildium (observations, prise de décision, organisation) fait de l'accompagnement des viticulteurs un point majeur du processus d'innovation.

<u>Résultat expérimental n° 7</u> : le levier économique n'est pas suffisant pour déclencher la décision d'adoption des viticulteurs.

[104] L'organisation des différents travaux dans un processus de protection du vignoble conventionnel est en effet critique dans la mesure où il faut traiter toutes les parcelles avant une pluie annoncée en tenant compte des autres opérations culturales et de la disponibilité du matériel notamment.

[105] Nous sommes ici dans le cas d'un château prestigieux où le responsable technique du vignoble est différent du chef d'exploitation. La prise de décision est alors déconnectée du terrain, ce qui peut créer une difficulté supplémentaire.

3.2.4. L'adoption du POD Mildium repose sur des questions d'apprentissage

Les pratiques habituelles et conventionnelles des viticulteurs de l'échantillon ne sont pas en adéquation avec celles du POD Mildium, notamment en termes d'organisation du travail. D'ailleurs, les observations, le découplage des traitements anti-oïdium et anti-mildiou, la prise d'informations et la planification des traitements sont les points les moins maîtrisés et qui posent le plus problème dans l'adoption du POD Mildium. Les freins rencontrés lors de sa mise en œuvre sont issus de cet écart important entre les pratiques usuelles et celles générées par le processus en lui-même. Par ordre d'importance, *a priori*, les contraintes et difficultés rencontrées sont les suivantes :

- une perception des risques très importante vis-à-vis des pertes perçues comme possibles avec l'adoption d'un processus que l'on ne maîtrise pas (identification des maladies, raisonnement et positionnement des traitements, déclenchement des traitements, combinaison des indicateurs). Cette non-acceptabilité de pertes est le point critique lorsqu'il s'agit d'adopter et de gérer le POD Mildium sur l'ensemble de l'exploitation ;
- les observations jugées longues puisque les viticulteurs ne les réalisent pas de manière adaptée au POD Mildium à ce jour. Il leur faudrait organiser leur travail en ce sens et acquérir les compétences nécessaires à la maîtrise du processus - se pose alors la question de l'apprentissage de ces compétences - ;
- l'organisation du travail : les viticulteurs manquent de temps, donc ne découplent pas ou peu les traitements ; de plus, les observations viennent en concurrence avec les autres travaux. Il semble que l'adoption du POD souligne un manque de main-d'œuvre, ce qui renvoie à la question de l'accompagnement des viticulteurs ;
- une méfiance vis-à-vis du protocole qui régit le POD Mildium malgré sa validation technique et économique par la recherche. Cependant, cette méfiance semble diminuer avec le nombre d'années de pratique du POD Mildium et son appropriation ;
- les conditions climatiques, qui peuvent engendrer des problèmes de réactivité pour les traitements avec la gestion de plusieurs îlots plutôt que de l'exploitation comme un seul ensemble.

Il semble donc que pour rendre crédible le POD Mildium et favoriser l'adoption de telles pratiques, le frein soit moins économique que cognitif.

<u>Résultat expérimental n° 8</u> : les contraintes et difficultés exprimées par les viticulteurs renvoient à des questions d'apprentissage et d'accompagnement dans l'adoption de nouvelles pratiques.

C'est sur les processus d'apprentissage et de maîtrise des innovations environnementales qu'il semble ainsi convenir de travailler, tout en associant des acteurs extérieurs à l'exploitation pour acquérir les ressources manquantes à ce jour en interne (notamment pour réaliser les observations et améliorer le seuil de tolérance aux symptômes sur les vignes). On se pose donc la question d'un apprentissage local, accompagné, pour que ce genre d'innovation puisse être validé sur le marché.

3.3. Quel accompagnement pour la mise en œuvre du POD Mildium ?

Dans la mesure où la prise de décision, l'organisation du travail et la réalisation des observations semblent être des points critiques dans l'adoption du POD Mildium et qu'une grande partie des viticulteurs interrogés semblent exprimer un besoin d'accompagnement dans le changement de pratiques, nous nous sommes intéressés à l'implication potentielle des acteurs de la filière vitivinicole vers la diminution de l'utilisation des pesticides. Après avoir identifié la manière dont interviennent les différents organismes auprès des exploitations, nous les avons interrogés sur leur connaissance du contexte réglementaire, et notamment du plan Ecophyto 2018 (3.4.1.). Ensuite, nous faisons le point sur les méthodes de réduction des pesticides que ces organismes prônent (3.4.2.). Il semble ressortir notamment que le rôle des acteurs, ainsi que leur coordination, sont à revoir pour combler les manques qui expliquent le peu de diffusion d'innovations environnementales pour réduire les pesticides dans ce secteur (3.4.3.). Nous concluons enfin cette sous-partie par mettre en lumière les possibilités qui existent en termes d'accompagnement des viticulteurs sur cette problématique (3.4.4.).

3.3.1. Connaissance du plan Ecophyto 2018 et de son impact sur les activités des organismes du secteur

Dans un premier temps, une question relative aux relations entre les organismes et les viticulteurs (*cf.* questionnaire en annexe III-F) nous a permis de mettre en évidence deux groupes d'organismes :

- *les organismes spécialisés* : ils regroupent les partenaires financiers, les organismes de recherche et les instituts techniques. Les prestations de ces organismes sont spécifiques et souvent uniques (formation, expérimentation, financement et rédaction de cahiers des charges) ;
- *les organismes polyvalents* : ils regroupent les caves coopératives, les conseillers privés, les organismes de conseil et les fournisseurs de produits phytosanitaires. Ces organismes interviennent à plusieurs niveaux (collecte du raisin et vente de vin, rédaction de cahiers des charges, suivi économique, suivi technique, conseil, formation). On constate que ce groupe est hétérogène. Tous les organismes n'exercent pas toutes les activités citées, mais en pratiquent forcément plusieurs qui concernent différents domaines.

En plus des missions identifiées ci-dessus, certains organismes polyvalents nous ont indiqué qu'ils exerçaient d'autres missions, à savoir l'accompagnement pour le montage de projets (3 réponses/33), le soutien psychologique (4/33), le financement (4/33), le suivi des démarches, la veille réglementaire, le contrôle des vins, les relations avec les pépiniéristes.

Parmi les 33 organismes interrogés, un seul déclare ne pas connaître et ne pas être concerné par le plan Ecophyto 2018 (organisme financeur) ; pour tous les autres, ce plan a un impact au quotidien sur leurs activités. Il se traduit essentiellement par la mise en place de nouvelles expérimentations (7/33), l'accompagnement de projets (6/33), des actions de sensibilisation (6/33), le développement de nouvelles formations (5/33) et la diffusion d'informations (4/33). Deux acteurs estiment que le plan Ecophyto 2018 se traduit par une prise de conscience des risques pour la santé, et seulement une personne estime qu'il se traduit par le développement de la certification des exploitations. Parmi les personnes interrogées qui connaissent le plan Ecophyto 2018, 26 estiment que le plan est avant tout « une question d'éthique », 22 estiment qu'il s'agit de la réglementation à respecter et plus du tiers des interrogés estiment que les changements impliqués par le

plan apporteront une plus-value économique sans donner plus de détails. 8 des personnes interrogées pensent qu'elles auront un manque à gagner à cause du plan Ecophyto2018 (ce qui est contradictoire avec l'effet de plus-value économique cité précédemment), et 9 pensent qu'il s'agit tout simplement d'un effet de mode. Il y a donc là des avis contradictoires parmi les différents acteurs de la filière.

Concernant le degré de connaissance du plan Ecophyto 2018, plus de la moitié des personnes enquêtées ont cité la réduction de 50 % des pesticides avant 2018 comme mesure phare du plan et 13 l'amélioration des connaissances sur les méthodes de réduction des pesticides (le Certiphyto [106] a été cité comme exemple). La réduction des produits phytosanitaires en général ainsi que l'expérimentation ont été citées fréquemment (11 enquêtés) comme faisant partie de ce plan. 6 personnes interrogées pensent que le développement du réseau de fermes de référence, la sécurité des utilisateurs et la formation font également partie des mesures du plan. La séparation entre la vente et le conseil a été cité par 4 personnes interrogées, alors que les questions de conseils vont faire l'objet d'une réglementation spécifique. Le retrait des molécules les plus dangereuses a été cité par 5 des personnes interrogées. On peut alors se demander pourquoi ces aspects réglementaires n'ont pas été plus mis en avant par les enquêtés. Il s'agit peut-être d'une méconnaissance des actualités réglementaires ayant trait à leur profession. Quant à l'incidence du plan Ecophyto 2018 sur l'évolution des activités des organismes, 25 personnes interrogées pensent que son application va entraîner effectivement des changements au niveau de leurs activités. Même si la nature des évolutions attendues et citées diffère en fonction des organismes, on peut considérer que les acteurs interrogés ont une bonne connaissance du plan Ecophyto 2018 et qu'ils sont globalement conscients de ses impacts par rapport à leurs activités.

<u>Résultat expérimental n° 9</u> : les acteurs du secteur ont une bonne connaissance des enjeux de la réduction des pesticides, contexte dans lequel s'inscrit leur activité.

[106] À partir de 2014, dans les domaines professionnels agricoles et non agricoles, la préconisation, la vente, l'achat et l'application de produits phytopharmaceutiques ne pourront se faire sans le certificat Certiphyto (Directive 2009/128/CE) qui peut être obtenu auprès des organismes agréés par la DGER.

3.3.2. Des méthodes de réduction des pesticides pour l'application du plan Ecophyto 2018

Dans cette partie, nous cherchons à savoir, d'une part, si des méthodes de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont connues par les acteurs, et d'autre part, si les acteurs sont susceptibles d'accompagner les viticulteurs dans la mise en œuvre d'innovations environnementale de type POD Mildium. Concernant la première question, posée de manière ouverte, plus de 9 personnes sur 10 connaissent des méthodes de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. À ce titre, 13 catégories de méthodes ont été citées, de niveaux très différents (figure 26). Dans tous les cas, les personnels des divers organismes interrogés, notamment les techniciens, soulignent les progrès déjà réalisés en matière de réduction des pesticides, malgré le flou qui règne encore autour de la réglementation actuelle et la difficulté d'adaptation de l'aide et de l'accompagnement en fonction des moyens et capacités très divers des exploitations viticoles. On constate donc que toute une série de pratiques économes en pesticides sont connues mais plutôt rarement conseillées auprès des viticulteurs, comme le montrent aussi Aujas *et al.* (2011) dans le cas du colza.

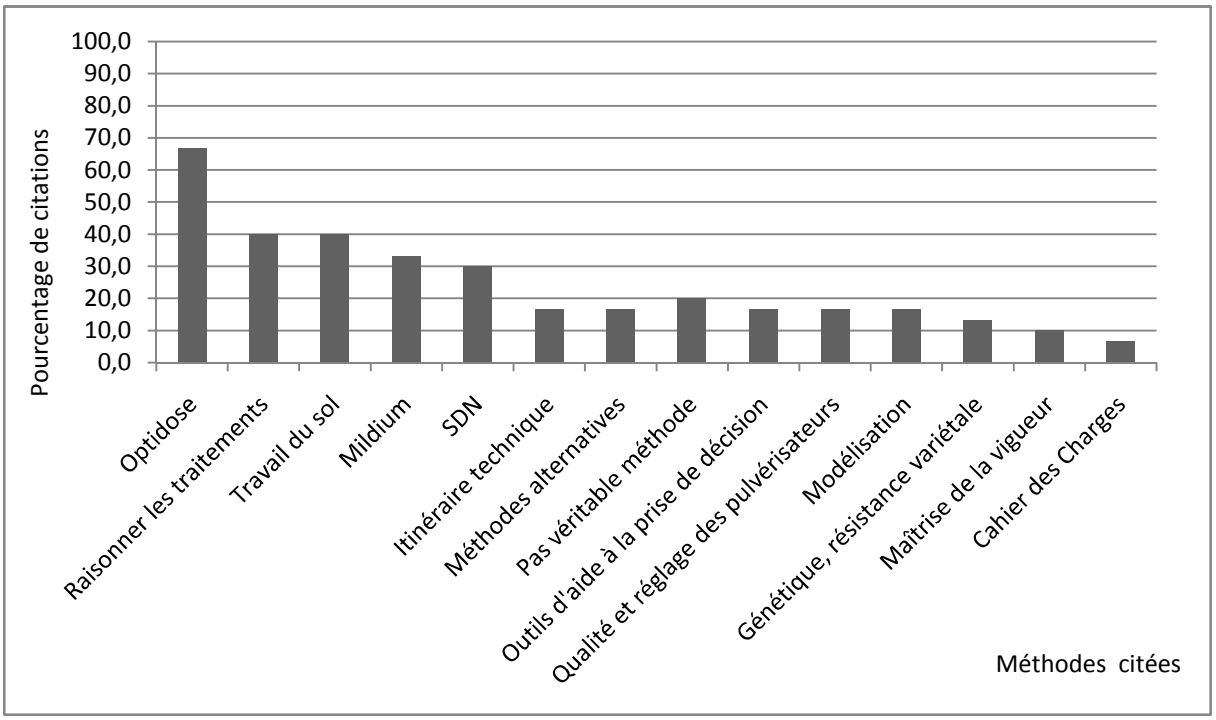


Figure 26 : Les différentes méthodes de réduction des pesticides citées par les acteurs interrogés, 2011 (Source : auteur)

Légende :

- « Raisonner les traitements » regroupe les notions de meilleur ciblage des volumes utilisés, des doses et des produits choisis ;
- « Travail du sol » regroupe le travail et le désherbage mécanique du sol, son entretien et l'enherbement ;
- « Itinéraire technique » regroupe biovigilance, épamprage mécanique, et le fait de travailler sur de nouveaux systèmes de culture ;
- « Méthodes alternatives » regroupe le piégeage-comptage, l'utilisation de matériel thermique, la confusion sexuelle, l'utilisation d'auxiliaires, la lutte biologique, la lutte biotechnique, et la prophylaxie ;
- « Outils d'aide à la décision » comprend entre autres Zero Herbi Viti : évaluation de la faisabilité d'un itinéraire technique d'entretien des sols basé sur une stratégie 100 % enherbement, sans utilisation d'herbicide ;
- « Pas de véritable méthode » regroupe plus d'observations, utilisation des doses homologuées, connaissance des matières actives, bulletins de santé végétale, procédé de traitement d'effluents, confinement des pulvérisateurs.

Pour répondre à la deuxième question, nous avons défini 7 étapes de la réduction des pesticides au cours desquelles les acteurs sont susceptibles d'intervenir. Il s'agit de l'aide à la décision, la réalisation d'observations, les incitations financières, la diffusion d'informations épidémiologiques, la formation continue, la formation initiale, l'expérimentation. Les réponses montrent que la majorité de ces étapes sont couvertes par les acteurs, mais avec des degrés d'implication et de spécialisation très différents : on distingue ainsi des organismes qui interviennent à de multiples étapes alors que les partenaires financiers ne se concentrent que sur les incitations financières (même s'ils ne sont pas les seuls à intervenir sur ce sujet) ; les organismes de recherche se concentrent sur l'expérimentation et la formation continue. On note également des divergences au sein de chaque catégorie d'acteurs : par exemple, les caves coopératives. Bien qu'elles soient unanimes quant à leur participation aux étapes de réalisation d'observations sur le terrain et de diffusion d'informations, seule la moitié d'entre elles effectue de la formation continue relative à la protection phytosanitaire. En ce qui concerne les étapes d'intervention, les réponses ont donc permis de classer les acteurs en trois groupes :

- des acteurs relativement absents sur le terrain et qui interviennent plutôt en amont : ODG [107], organismes de recherche, instituts techniques ;
- des acteurs qui interviennent pratiquement à toutes les étapes : les caves coopératives, les organismes de conseil, les organismes de formation et les conseillers privés ;
- des acteurs qui sont impliqués à des étapes spécifiques : les fournisseurs de produits phytosanitaires, les partenaires financiers, les négociants et les centres de gestion.

[107] ODG : Organisme de défense et de gestion (des appellations).

<u>Résultat expérimental n° 10</u> : les acteurs connaissent plusieurs méthodes permettant de réduire les pesticides et sont impliqués de manière hétérogène dans l'accompagnement des viticulteurs pour adopter ces nouvelles méthodes.

Nous avons ensuite interrogé les acteurs pour quantifier l'échelle d'application de ces méthodes et les moyens humains mis en œuvre. L'échelle d'application varie de moins de 1 000 hectares (petite échelle) jusqu'au niveau départemental (grande échelle), mais elle a un caractère plutôt local (dans plus de la moitié des cas, elle ne dépasse pas 5 000 hectares). Certains organismes, tels que les caves coopératives, les organismes de conseil et les organismes de formation, interviennent majoritairement à petite échelle puisque leurs interventions se situent au niveau parcellaire et local. Ces organismes ont donc une bonne connaissance du terrain et des problématiques épidémiologiques à l'échelle très locale, ce qui est un avantage pour un éventuel accompagnement dans la mise en œuvre d'innovations environnementales de processus nécessitant du suivi en micro-parcelles. Les organismes de conseil privé et les partenaires financiers ont un rôle qui se situe plutôt au niveau départemental. Quant aux moyens humains mis à disposition, dans plus de deux tiers des cas, ils restent inférieurs à 10 unités de travail humain (UTH). Cependant, on note que les fournisseurs de produits phytosanitaires, les organismes de recherche et les partenaires financiers ont des moyens humains plus importants par rapport aux autres acteurs.

3.3.3. L'organisation de l'accompagnement vers la réduction des pesticides dans le secteur viticole, des rôles à repréciser et des manques à combler

Dans cette partie, nous avons souhaité connaître le rôle que chaque organisme attribue aux autres acteurs du secteur vitivinicole. La question exacte était : « Selon vous, à quelle(s) étape(s) verriez-vous intervenir d'autres acteurs de la filière dans l'accompagnement des viticulteurs ? » Les résultats obtenus montrent un net décalage entre les rôles qu'assument les organismes et ceux que les autres acteurs du secteur leur attribuent. Par exemple, 7 interrogés pensent que l'étape de la diffusion de l'information revient aux organismes de recherche, alors que les organismes de recherche ne s'attribuent pas cette mission. Inversement, nous avons constaté qu'il y a un grand

nombre d'étapes que les organismes prétendent réaliser et que les autres acteurs ne pensent pas faire partie de leurs missions. D'autre part, on remarque que les actions de certains organismes sont inconnues des autres. Il semble donc qu'il règne une certaine confusion dans le rôle que doit remplir chacun des organismes de la filière dans l'accompagnement des viticulteurs pour la réduction des pesticides, et il est certainement nécessaire de définir et repréciser le rôle de chaque acteur au sein du secteur, notamment dans le cadre de l'aide aux viticulteurs dans la diminution des pesticides. Notons enfin que les collectivités territoriales ont souvent été citées comme organismes pouvant jouer un rôle important dans la réduction des traitements phytosanitaires, notamment au niveau des incitations financières. C'est en ce sens qu'elles sont interpelées par les professionnels de la filière vitivinicole.

<u>Résultat expérimental n° 11</u> : les rôles et la coordination des acteurs du secteur pour l'accompagnement des viticulteurs vers la réduction des pesticides ne sont pas clairs et sont à redéfinir pour une meilleure efficacité.

Afin de déterminer les principales défaillances de l'accompagnement, nous avons posé la question suivante aux différents acteurs : « Que manque-t-il selon vous dans l'aide et l'accompagnement aux viticulteurs ? » Les réponses obtenues nous ont permis de distinguer :

- l'absence de méthodes simples applicables à l'échelle d'une exploitation, éprouvées avec une réelle évaluation de risques (13 réponses). Il apparaît donc que même les organismes de la filière sont très incertains vis-à-vis de la réduction des pesticides bien que des méthodes éprouvées existent, ce qui fait référence au *lock-in* de l'ensemble du système tel que montré au chapitre 1. Les acteurs du secteur partagent cette réticence avec les viticulteurs et nous pouvons y voir un phénomène d'auto-renforcement ;
- l'absence de communication et de cohérence entre les acteurs et les organismes (10 réponses) ce qui tend à laisser penser que le système de conseil est à redéfinir complètement afin de répondre aux nouveaux enjeux sociétaux en termes de réduction des pesticides. Nous en concluons qu'il y a une nécessité de repréciser le

rôle de chaque acteur de la filière pour faire passer un message cohérent aux viticulteurs ;

- l'absence de moyens financiers appropriés dans les organismes enquêtés (9 réponses), ce qui peut traduire soit le manque d'intérêt des organismes pour ces questions, soit le manque de moyens qui leur sont alloués au regard des missions diverses qu'ils ont à assurer.

Ensuite, les organismes interrogés citent le manque de formations destinées aux viticulteurs ainsi que l'absence de documents d'information clairs. Les comités de pilotage prévus dans l'axe 8 du plan Ecophyto 2018 peuvent jouer un rôle décisif. En Gironde, un CROS (Comité régional d'orientation et de suivi du plan Ecophyto 2018) piloté par la Direction régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt a déjà été créé. En prenant de l'ampleur grâce à l'implication de tous les acteurs de la filière, ce CROS peut être un outil clé pour améliorer la communication et la coordination interprofessionnelle au sein de la filière.

3.3.4. Un accompagnement des viticulteurs possible mais à organiser

Les résultats obtenus au cours de cette enquête montrent que la majorité des acteurs du secteur viticole, à l'exception de certains organismes spécialisés (partenaires financiers, organismes de recherche et instituts techniques), interviennent dans plusieurs étapes de l'accompagnement dans le cadre de la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires (et notamment dans les programmes de recherche pour l'expérimentation du POD Mildium). **Il existe donc bien un potentiel pour accompagner les viticulteurs sur cette thématique**. De plus, tous les acteurs s'entendent sur la nécessité de réduire l'utilisation des intrants chimiques de synthèse, comme cela a été montré pour d'autres cultures (Aujas *et al.*, 2011). Les structures existent et sont prêtes à jouer un rôle. Ces organismes connaissent bien le plan Ecophyto 2018, estiment qu'il s'agit d'une « question d'éthique » avant tout et que sa mise en place a des impacts sur leurs activités, notamment dans le domaine de l'expérimentation, de l'accompagnement de projets, de la sensibilisation des viticulteurs, de la mise en place de nouvelles formations et de la diffusion d'information. Les différents acteurs interrogés connaissent des méthodes agronomiques qui permettent de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires en viticulture : Optidose®, Mildium, lutte raisonnée, *etc.* La méthode du POD Mildium a été citée 11 fois, ce qui signifie qu'elle est déjà connue au moins de nom

par ces acteurs. On note ainsi que les solutions connues et proposées sont plus ou moins radicales et mises en œuvre à plus ou moins grande échelle. Quant aux étapes d'intervention des acteurs et aux rôles des différents organismes, les résultats montrent que la majorité des étapes est couverte par ces divers acteurs. **Si les compétences nécessaires à l'accompagnement des viticulteurs semblent présentes, les moyens, humains notamment, et l'organisation du conseil et des organismes entre eux semblent toutefois poser quelques soucis d'efficacité**. Un décalage apparaît clairement lorsqu'on demande aux interrogés de définir les étapes qu'ils attribueraient aux autres acteurs. On peut donc dire qu'il est nécessaire de repréciser le rôle de chaque acteur de la filière pour véhiculer un message cohérent aux viticulteurs. Les acteurs estiment que l'accompagnement de la mise en place du plan Ecophyto 2018 rencontre plusieurs difficultés qui sont, notamment, liées à l'absence de méthodes simples, au manque de communication et de cohérence entre les acteurs et à l'absence de moyens financiers. Cette étude a permis de montrer que les acteurs de la filière s'intéressent au plan Ecophyto 2018, sont conscients de ses impacts sur l'évolution de leurs activités et du progrès réalisé en matière de réduction de l'utilisation de pesticides malgré la complexité de la réglementation.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre nous a permis de mettre en évidence l'intérêt de l'*IPM*, et plus particulièrement du POD Mildium, pour la réduction des fongicides en viticulture d'appellation. Ce processus permet de combiner à la fois performance environnementale (réduction significative des IFT), performance agronomique et performance économique avec la possibilité d'envisager des trajectoires gagnant-gagnant. En effet, des réductions de coût peuvent être envisagées dans les exploitations en fonction du contexte de départ dans lequel elles se trouvent, y compris quand on intègre le coût des observations. Même si aucune valorisation potentielle ne semble à attendre pour le moment, une amélioration du résultat est probable dans le cadre de l'adoption du POD Mildium sur toute l'exploitation. Toutefois, quand on interroge les viticulteurs, il semble clair que le levier économique n'est pas au centre de leur décision d'adoption. La nouvelle règle pour décider du déclenchement et du positionnement des traitements phytosanitaires est assez éloignée des routines qui existent sur leurs exploitations ; ainsi, ils éprouvent des difficultés à maîtriser ce processus, ce qui renforce le sentiment d'incertitude inhérent aux innovations environnementales. De ce fait, il leur faut acquérir de nouvelles connaissances et compétences afin de développer leur capacité à intégrer et à s'approprier cette nouvelle règle de décision.

Un autre élément fort des résultats présentés ici réside dans le besoin d'accompagnement des exploitations lors de l'adoption de ce genre de processus intensif en connaissances, tacites pour la plupart. Mais l'accompagnement des exploitations reporte le problème des ressources, humaines notamment, sur les autres acteurs du secteur vitivinicole. À ce jour, l'organisation de l'accompagnement tel qu'il existe constitue, au-delà du travail de thèse, une des limites à nos résultats dans la mesure où une adoption du POD Mildium dans la majorité des exploitations nécessiterait des moyens humains qui ne sont pas disponibles. Toutefois, compte tenu des résultats, nous nous posons la question suivante : comment cela se passerait-il si les exploitations pouvaient être accompagnées dans leur démarche de réduction des pesticides ? En l'absence de possibilité de tester cela sur un terrain expérimental à cause de la significativité et de la taille de notre échantillon, et afin de se dégager de ses spécificités, nous proposons de retenir comme fait marquant l'importance du processus

d'apprentissage dans l'adoption des innovations pour la réduction des pesticides et de mettre cette place prépondérante en lumière à l'aide d'un modèle de simulation évolutionniste dans le chapitre suivant.

Chapitre 4 :

PEST, un modèle évolutionniste de l'apprentissage des viticulteurs pour la réduction des pesticides

Introduction du chapitre

Les viticulteurs, bien que se trouvant en situation de *lock-in* vis-à-vis de la réduction des pesticides, sont soumis à de fortes pressions pour changer de pratiques. Une phase d'expérimentation pour analyser de nouvelles stratégies de traitement phytosanitaire permettant de réduire les fongicides nous a permis de montrer l'existence de trajectoires gagnant-gagnant, ainsi que la prégnance de l'apprentissage des viticulteurs dans le processus de changement (chapitre précédent). Cependant, l'expérimentation ne permet ni d'appréhender la diversité des situations auxquelles peuvent être confrontés les viticulteurs, ni de tester des configurations inexistantes dans l'échantillon. Le groupe d'exploitations viticoles ayant adopté le POD Mildium sont en nombre trop limité pour mener une enquête plus aboutie. Il est donc difficile de valider les résultats expérimentaux mis en évidence par notre travail de terrain. Attendre que de nouvelles pratiques soient adoptées à plus large échelle pour pouvoir analyser leurs déterminants *a posteriori* constitue une possibilité pour approfondir les résultats. Cela permettrait d'analyser d'une part, la diversité des innovations qui dominent le marché, et d'autre part, les mécanismes qui auront permis leur développement [108]. Toutefois, la compréhension des mécanismes d'adoption des innovations environnementales dans les exploitations ne peut pas reposer uniquement sur la survenance de ces événements.

Dans ce chapitre, la construction d'un modèle évolutionniste nous permet de confirmer les résultats expérimentaux, de tester différentes hypothèses de manière théorique et de donner du poids aux résultats présentés dans le chapitre 3 grâce à la robustesse d'un nombre important de simulations. La modélisation par simulations permet en effet de gérer un nombre important de configurations de marché et de faire émerger des propriétés, en tendant vers des analyses fréquentielles et en estimant les distributions de performances des exploitations selon un certain nombre de critères (coût des produits phytosanitaires, de la main d'œuvre, prix du marché, *etc.).* Le recours à une modélisation simple et à la simulation constitue un support permettant de formaliser les stratégies phytosanitaires à évaluer, d'en mesurer les impacts technico-économiques et de confirmer théoriquement les résultats obtenus sur notre échantillon au chapitre 3.

[108] Cela suppose toutefois que des bases de données collectant les informations nécessaires à de tels travaux soient mises en place au niveau national, travail encours avec la DRAAF Aquitaine sur le RICA, dans la mesure où les dispositifs actuels recensant des données sur les exploitations agricoles ne prévoient pas d'enregistrer d'information sur les pratiques environnementales.

Nous proposons ainsi un modèle évolutionniste, baptisé PEST, qui prend en compte sur les particularités du secteur vitivinicole. Il s'agit d'évaluer les effets de l'adoption de l'*IPM*, notamment vis-à-vis des enjeux sectoriels, et d'identifier quels sont les déterminants de l'adoption de cette innovation par les viticulteurs. Ce chapitre est donc construit en résonnance avec le chapitre 3 et les résultats expérimentaux qui y sont présentés. Dans le modèle, le processus de changement de pratiques est basé sur des phénomènes d'apprentissage interne et externe afin d'analyser les processus et les déterminants qui guident l'adoption d'innovations environnementales *IPM* de type POD Mildium.

Dans une première section, nous présentons les apports de la modélisation évolutionniste pour notre travail. En permettant de formaliser les routines phytosanitaires des viticulteurs, elle donne accès aux processus d'apprentissage mis en œuvre dans les exploitations viticoles, que nous décomposons en apprentissages interne et externe. Elle prend également en compte l'hétérogénéité des firmes pour analyser différentes configurations d'apprentissage. Nous présentons donc la structure et les équations du modèle basées sur ces principes.
La deuxième section présente tout d'abord la méthode et les modalités de la technique de simulation utilisée avant de s'intéresser au cœur des résultats en quatre points : la performance économique des exploitations, l'importance de l'accompagnement en termes d'apprentissage pour la mise en œuvre du processus d'innovation, les résultats technologiques en termes de diminution des pesticides, et enfin les déterminants du processus d'innovation.
La troisième et dernière section du chapitre nous permet de mettre en perspective les résultats des enquêtes et du modèle afin de prolonger notre analyse. Cela nous permet de mettre en évidence d'une part, les apports majeurs et les approfondissements possibles de la thèse, et d'autre part, deux points méritant une attention particulière pour la réduction des pesticides : la nécessité de réussir l'adéquation pratiques phytosanitaires / politiques publiques et l'identification des coopératives viticoles comme acteur prépondérant de l'adoption de pratiques phytosanitaires en viticulture.

1. Un modèle évolutionniste pour analyser la réduction des pesticides en viticulture

Cette section vise à présenter les principes de la modélisation évolutionniste sur lesquels nous construisons notre modèle. Nous exposons dans un premier temps les fondements microéconomiques d'une approche de l'industrie par la modélisation (1.1.). Dans un deuxième temps, nous présentons le modèle de dynamique industrielle (PEST) que nous avons construit pour analyser le changement lié à la réduction de l'utilisation des pesticides en viticulture (1.2.).

1.1. De l'intérêt de la modélisation évolutionniste pour notre cas d'étude

La modélisation évolutionniste est basée sur deux principes essentiels : l'hétérogénéité des firmes et les routines décisionnelles (Safarzynska et Van der Bergh, 2008), qui nous permettent de lever les limites du travail expérimental soulevées dans le chapitre 3. D'une part, nous avons souligné auparavant que notre terrain expérimental était assez limité en termes de significativité des résultats à cause de la taille et des caractéristiques de notre échantillon : la construction d'un modèle nous donne un outil qui nous permet de nous dégager de ces contraintes. D'autre part, le changement de pratiques phytosanitaires nécessite la modification des routines des viticulteurs par le biais de processus d'apprentissage ; dans la mesure où un modèle évolutionniste est basé sur les routines décisionnelles des firmes, nous mobilisons cet outil pour accéder à ces processus d'apprentissage et les analyser dans leur diversité (1.1.1.). Nous montrons ensuite en quoi la simulation évolutionniste est utile pour analyser la réduction des pesticides en viticulture : si plusieurs utilisations peuvent être envisagées pour un tel modèle, celui que nous construisons a pour but de simuler un processus d'innovation théorique à l'issue duquel nous pouvons analyser les résultats aussi bien que la dynamique qui les a générés. Cela permet ainsi d'envisager la modélisation de plusieurs configurations d'exploitations, que ce soit au sujet de leurs sources de connaissances internes ou de leur environnement technologique (1.1.2.). Les résultats seront d'autant plus pertinents que les paramètres sont calibrés sur des données expérimentales du secteur. Enfin, nous présentons les principes du modèle qui nous a servi de référence pour bâtir notre modélisation de

l'apprentissage des viticulteurs pour la réduction des pesticides à travers la distinction apprentissages interne et externe (1.1.3.).

1.1.1. Les principes généraux de la modélisation évolutionniste : hétérogénéité des firmes et des routines décisionnelles

Deux éléments principaux caractérisent les modèles évolutionnistes : d'une part, la prise en compte de l'hétérogénéité des firmes, et d'autre part, leurs routines décisionnelles. L'hétérogénéité [109] des firmes est portée au cœur de l'analyse en tant que moteur de la dynamique industrielle par les auteurs évolutionnistes (Yildizoglu, 2011). Selon ses performances et ses connaissances, chaque agent et chaque firme ont leurs propres règles de décision et leurs propres routines, qui conditionnent les résultats de l'entreprise ; l'hétérogénéité des firmes et des routines est donc à l'origine des variations et des disparités à l'intérieur d'une industrie. L'évolutionnisme, centré sur cette dynamique, adopte donc une approche en termes de population d'agents hétérogènes et analyse l'évolution des industries comme l'évolution des populations en biologie. Les modèles permettent d'étudier cette hétérogénéité des comportements et des performances des firmes en distinguant une diversité de trajectoires possibles. La diversité apparaît alors à la fois comme une condition et comme un résultat du processus de changement technologique (Llerena et Oltra, 2002a).

Iwaï (1984a, 1984b) montre que la diversité résulte du processus de changement technologique, mais d'autres modèles mettent également en évidence que la diversité est une condition nécessaire au changement technologique. Silverberg *et al.* (1988) modélisent l'adoption d'une nouvelle technologie caractérisée par des rendements incertains et montrent que la diversité des décisions et des informations sur la nouvelle technologie est nécessaire à son adoption. Dans le modèle de Chiaromonte et Dosi (1993), qui porte sur deux secteurs, l'hétérogénéité des firmes au niveau des caractéristiques microéconomiques accroît le taux d'innovation et les performances à long terme. Enfin, Llerena et Oltra (2002b) modélisent les interactions entre deux types de firmes selon leurs modalités d'apprentissage (interne ou externe) et mettent en

[109] L'hétérogénéité des firmes est un concept reconnu et utilisé par d'autres approches en économie. Si les économistes néoclassiques ne nient pas qu'il existe des différences entre les firmes, celles-ci ne les intéressent pas directement dans la perspective de leur analyse. Ils proposent une approche de l'industrie basée sur une firme représentative de la moyenne et où la maximisation du profit constitue l'objectif qui guide le comportement de la firme.

évidence que la diversité des comportements d'innovation des firmes accroît leur efficacité dynamique à long terme.

Les routines qui décrivent les règles de comportement des agents constituent un des éléments importants de différenciation des firmes et donc des exploitations viticoles, au-delà de la qualité ou du prix des produits qu'elles proposent. En effet, les règles de décision sont propres à chaque viticulteur, chacun d'entre eux ayant son propre seuil de satisfaction impliquant un comportement et des performances économiques et technologiques associées qui sont spécifiques. De plus, les chefs d'entreprise n'ont pas de capacité à anticiper les résultats de leurs actions, ce qui ne les guide pas toujours vers le meilleur choix possible, d'autant qu'une même règle de décision peut générer des résultats différents selon l'exploitation et l'environnement dans lequel elle se situe. La spécificité des expériences passées des firmes les conduit à faire des choix différents face à une situation identique, voire à s'adapter en fonction de leur expérience. Ainsi, toutes les firmes sont différentes.

L'hétérogénéité des règles de décision entre différentes firmes conduit à une hétérogénéité des choix, et donc à une hétérogénéité des performances des entreprises. La modélisation évolutionniste tient compte de cette hétérogénéité, en ce sens qu'elle comprend des firmes hétérogènes qui, bien qu'en interaction, fondent leurs actions sur des procédures stables et spécifiques de chacune d'elle. Ainsi, nous pouvons explorer des situations comportementales inédites dans nos enquêtes expérimentales en nous basant sur une population hétérogène d'exploitations viticoles plutôt que sur un agent représentatif. Dans cette perspective, les performances économiques et environnementales de chaque exploitation changent continuellement et à chaque période. Cela peut être dû à des erreurs technologiques, à des échecs, à des innovations imprévisibles, ou à une prise de risque, par exemple, et font que leurs pratiques peuvent changer à chaque période tout comme les résultats qui y sont liés. Le comportement hétérogène des firmes donne donc lieu à des déséquilibres et à des changements de pratiques à cause de leurs comportements et de leurs capacités d'adaptation différentes.

Les exploitations viticoles créent elles-mêmes peu de diversité ou d'opportunités technologiques si ce n'est dans les modalités d'application et d'appropriation des nouveaux processus de protection du vignoble, puisqu'elles ne formalisent pas de R & D en interne (Pavitt, 1984). Nous retenons l'importance de l'hétérogénéité pour notre cas d'étude non pas en tant que résultat du comportement des exploitations, mais en tant que caractéristique des entreprises du secteur, dans la mesure où cette hétérogénéité est

centrale pour l'analyse du comportement d'adoption (*cf.* chapitre 2). Ainsi, dans la lignée des évolutionnistes, la modélisation nous permet d'analyser la variété comportementale des viticulteurs. Celle-ci entraîne une évolution différenciée de leurs connaissances et de leurs compétences technologiques, ce qui conditionne l'exploitation des opportunités technologiques disponibles sur le marché. Les asymétries technologiques entre les viticulteurs sont alors endogènes, en ce sens que la diversité des techniques de production mises en œuvre pour protéger les vignobles provient de la dynamique technologique interne du modèle. Les performances économiques et environnementales des différentes exploitations dépendent alors de l'adoption et du succès de l'innovation de chacune de ces firmes.

Les modèles évolutionnistes abandonnent la référence à l'équilibre comme concept d'organisation en insistant sur la coordination du comportement des agents (Metcalfe, 1995). La coordination permet la cohérence du système, mais le processus de développement reste sans point d'arrivée. En effet, les principes de la théorie évolutionniste permettent de suivre une distribution évolutive de firmes hétérogènes en matière de performances économiques et technologiques ; les sources et les conséquences des innovations des entreprises dépendent alors de la façon dont leurs activités se coordonnent. De ce fait, les modèles évolutionnistes de dynamique industrielle se concentrent sur l'étude des propriétés de l'évolution du système et non sur la convergence vers un équilibre. L'important dans ces modèles est donc, non pas d'établir les conditions permettant l'obtention d'un équilibre, mais plutôt de déterminer la direction et l'intensité de l'évolution du système et les facteurs qui participent à ce processus. Nous proposons donc de nous intéresser non seulement aux résultats produits par le modèle, mais également à sa dynamique interne.

1.1.2. Des simulations en grand nombre pour explorer la dynamique de changement de pratiques phytosanitaires

Des simulations basées sur des modèles évolutionnistes peuvent avoir différents objectifs, que l'on peut regrouper en trois catégories (Valente, 2008) :

- tout d'abord, le travail peut être orienté vers la simulation pour des problèmes bien spécifiés qui ne peuvent pas être facilement résolus (problèmes complexes). On utilise alors la simulation pour tester le plus grand nombre de solutions potentielles

afin d'identifier les propriétés des systèmes complexes. Les solutions sont hiérarchisées et on peut déterminer la meilleure d'entre elles ;

- une autre possibilité consiste à rendre explicites les propriétés d'un système en termes génératifs. Par exemple, un système stochastique dans lequel interagissent plusieurs variables peut ne pas avoir de solution analytique. La réplication d'un grand nombre de tirages aléatoires à partir de fonctions stochastiques peut fournir des réponses intéressantes sur les propriétés du système ;
- dans certains cas, on ne peut se passer d'ignorer la façon dont les calculs se font à l'intérieur du modèle. Il s'agit de comprendre des événements réels, en fournissant des explications des phénomènes observés. Grâce à une représentation très simplifiée d'un système générant l'événement étudié et à la réplication par simulation, on effectue des simulations dites « de recherche ». Elles consistent à montrer que le modèle peut reproduire les propriétés globales d'un système et surtout la manière dont elles sont générées. Il faut ici avoir accès aux étapes intermédiaires et pouvoir accéder aux états du modèle à certaines étapes. La simulation est alors utilisée comme un outil d'exploration qui permet de suivre pas à pas la dynamique complexe résultant de multiples interactions entre les entités du modèle. Il est possible d'identifier et d'examiner dans leur complexité les mécanismes qui mènent à l'apparition du phénomène observé ainsi que les facteurs qui guident ces mécanismes.

Dans les deux premiers cas présentés ci-dessus, les utilisateurs s'intéressent spécifiquement aux résultats du modèle, tandis que dans le troisième, c'est la compréhension de la dynamique du modèle qui guide l'utilisateur. Compte tenu de notre problématique et des résultats expérimentaux présentés au chapitre 3, il s'agit pour nous de produire un modèle simple qui nous permette de répondre à plusieurs objectifs, aussi bien en termes de résultats que de compréhension de la dynamique qui les a générés. Celui-ci doit permettre de simuler une dynamique indépendamment des comportements réels qu'ont effectivement les viticulteurs dans l'industrie [110], c'est-à-dire un phénomène potentiellement purement théorique. Toutefois, nous le calibrons sur des données empiriques élaborées lors de la phase d'expérimentation du POD Mildium (conformément aux résultats présentés au chapitre 3 [111]) ou à dire d'experts du secteur

[110] Contrairement aux modèles qui retracent l'histoire de certains secteurs dont on connaît la dynamique par avance. C'est le cas des modèles de Malerba *et al.* (1999) et Malerba et Orsenigo (2002) qui ont pour but de simuler l'évolution de l'industrie informatique aux États-Unis et de l'industrie pharmaceutique et des biotechnologies.

[111] Les résultats sont transposables à d'autres bassins de production sous réserve d'adapter les données empiriques.

vitivinicole (afin de refléter les règles de marché propres au secteur). Nous analyserons donc les résultats en sortie du modèle (performances économique, environnementale, voire agronomique des exploitations viticoles) et les déterminants qui ont conduit au choix des pratiques phytosanitaires des viticulteurs.

Le modèle, bien que calibré empiriquement autant que possible - ce qui constitue une originalité - comporte des paramètres ; les valeurs de ces paramètres seront balayées aléatoirement. Selon cette logique exploratoire, la complexité et la multiplicité des relations existant entre les différents acteurs du marché (avec un nombre encore important de paramètres non calibrés empiriquement) nous ont amenés à effectuer un grand nombre de simulations. Nous adoptons une méthode de Monte Carlo pour valider les résultats des simulations. La méthode de Monte Carlo repose sur la loi des grands nombres. Ce terme désigne toute méthode visant à calculer une valeur numérique en utilisant des procédés aléatoires, c'est-à-dire des techniques probabilistes. En répétant un grand nombre de fois une expérience de façon théoriquement indépendante, on obtient une approximation de plus en plus fiable de la vraie valeur de l'espérance du phénomène observé. Ainsi, on réalise un grand nombre de simulations en établissant initialement pour chacune d'entre elles les valeurs des paramètres du modèle de manière aléatoire.
Cette méthode permet ainsi de rendre compte de la variété des résultats possibles de manière à donner de la robustesse aux propriétés qui émergeront du modèle. Afin de vérifier l'existence potentielle de trajectoires gagnant-gagnant lors de l'adoption d'une innovation environnementale et de mettre en évidence les facteurs déterminants dans le processus d'apprentissage des viticulteurs, nous avons donc réalisé une batterie de 10 000 simulations avec des paramétrages initiaux aléatoires et différents, ce qui nous offre un vaste échantillon d'observations permettant de s'affranchir des problèmes d'échantillonnage et de diversité des exploitations enquêtées ; nous pouvons ainsi relativiser ou renforcer les résultats présentés au chapitre 3. Une exploration systématique des paramètres du modèle s'avère donc nécessaire afin de passer en revue le plus largement possible l'étendue des configurations potentielles.

1.1.3. Une conceptualisation de l'apprentissage basée sur la distinction apprentissage interne et apprentissage externe

Les travaux sur l'apprentissage des agents sont nombreux dans la littérature évolutionniste (Winter, 1984 ; Jonard et Yildizoglu, 1998, 1999 ; Yildizoglu 2001a, 2001b, 2002), dans la mesure où celui-ci est considéré comme central pour l'innovation, source principale de la dynamique industrielle. Par exemple, dans le modèle de Winter (1984), toute la dynamique dépend de l'apprentissage des entreprises pour assurer le principe de *satisficing* des firmes, d'où l'importance de la représentation utilisée pour modéliser cet apprentissage. Pourtant, il n'y a pas de consensus global quant à la nature de l'apprentissage en sciences humaines et sociales, et on peut trouver plusieurs stratégies de modélisation dans la littérature (Dosi *et al.*, 2005). Dans la mesure où nous nous intéressons à l'accompagnement des viticulteurs dans leur adoption d'innovation pour réduire les pesticides, nous choisissons de baser notre modélisation du processus d'apprentissage des viticulteurs sur un modèle qui reflète la grille d'analyse que nous avons construite au chapitre 2. Ainsi, nous nous basons sur la distinction apprentissages interne et externe pour la construction de notre modèle.

Notre modèle s'inspire de celui de Llerena et Oltra (2002b). Leur modèle d'exploration du rôle de la diversité des processus d'apprentissage et d'innovation des firmes repose sur les travaux de Malerba (2002). Malerba (1992) propose une différenciation des processus d'apprentissage des firmes qui repose sur deux hypothèses : la première stipule que les firmes apprennent de différentes manières en fonction des sources des connaissances mobilisées (sources internes ou externes) ; la seconde établit que cette diversité des processus d'apprentissage génère des trajectoires technologiques spécifiques. Llerena et Oltra (2002b) explorent la diversité technologique interfirmes dans une industrie donnée en se concentrant sur la diversité des processus d'apprentissage et des stratégies d'innovation des firmes. Les auteurs reprennent l'hypothèse de Malerba pour modéliser les processus d'apprentissage, découpés en deux composantes (interne et externe), en intégrant le rôle de la capacité d'absorption des firmes et la dynamique d'accumulation de connaissances technologiques. L'objectif est au final de dégager l'impact potentiel de la coexistence de processus d'apprentissage et d'innovation différenciés sur l'évolution des structures industrielles et des technologies des firmes.

Les résultats montrent notamment que la structure industrielle est différente selon le type d'apprentissage privilégié par les firmes et que la diversité des processus d'apprentissage et d'innovation des firmes accroît l'efficacité dynamique des structures industrielles. Combiné à l'apprentissage interne, le processus d'apprentissage externe agit comme un facteur de diffusion technologique qui limite la tendance à la concentration et les asymétries technologiques entre les firmes. L'efficacité dynamique de cette configuration résulte essentiellement de ce que Cohen et Malerba (2001) appellent l'« effet de complémentarité ». La diversité des processus d'apprentissage et d'innovation des firmes favorise l'émergence de connaissances et de compétences technologiques complémentaires qui permettent, à long terme, d'augmenter le rendement des activités de recherche (Cohen et Malerba, 2001). Le modèle permet donc d'illustrer l'effet positif de la diversité des processus d'apprentissage et d'innovation des firmes sur l'efficacité statique et dynamique des structures industrielles grâce à l'exploitation des effets de complémentarité technologique.

La contribution des auteurs qui nous intéresse ici consiste à modéliser les processus d'apprentissage en différenciant apprentissage interne et apprentissage externe des firmes.

- *L'apprentissage interne*

  Dans ce modèle, les firmes INTRA correspondent aux firmes qui investissent en R & D dans le but de développer en interne des connaissances technologiques leur permettant d'innover. Les firmes, dotées d'une rationalité procédurale, décident de leurs investissements selon des règles de décision simples et fixes. Les auteurs supposent que les firmes INTRA investissent en R & D dans le but de maintenir un niveau efficace de performances technologique par rapport à leurs concurrents. Les firmes construisent ainsi leur base spécifique de connaissances technologiques, ce qui détermine ensuite leur capacité à innover. Seule une partie de cette base de connaissances est pertinente et exploitable par l'entreprise dans le cadre de ses activités d'innovation. Les auteurs ont donc défini un stock de connaissances technologiques effectivement exploitables par la firme ($\overline{Z}\,it$). Ce stock de

connaissances exploitables détermine la probabilité d'innover de chaque firme qui suit une fonction logistique [112] :

$$Pit = \frac{P1}{P2 + P3.\exp\ (-\alpha n.\bar{Z}\ it)}$$

avec *Pit* la probabilité de la firme *i* d'innover à la période *t ; P1,P2,P3* des paramètres bornant la fonction logistique, et *αn* un paramètre représentant la « vitesse » à laquelle la probabilité maximale d'innover est atteinte.

Cette fonction logistique implique des rendements croissants puis décroissants au cours du temps dans le processus d'accumulation de connaissances et d'innovation. L'hypothèse selon laquelle les tirages innovants sont centrés autour de la productivité courante de la firme qui innove reflète le caractère cumulatif du processus interne d'apprentissage et d'innovation. Cela implique que le résultat de l'innovation est entièrement déterminé par les performances technologiques passées de la firme innovante. Nous retenons pour notre modèle la possibilité de représenter ainsi l'apprentissage interne des exploitations viticoles dans le cadre de l'adoption d'une innovation environnementale de type *IPM*. En d'autres termes et en l'absence de R & D dans les exploitations, cela signifie que chacune d'elles suit sa propre trajectoire technologique en fonction de ses pratiques phytosanitaires passées ; en ce sens, le processus d'innovation est cumulatif au niveau de chaque exploitation. En résumé, les stratégies d'innovation développées par les exploitations reposent en partie sur un processus d'apprentissage interne par leurs pratiques selon le principe de *learning by doing* d'Arrow (1962), qui leur permet de suivre une trajectoire technologique spécifique.

- *L'apprentissage externe*

Llerena et Oltra (2002b) modélisent une deuxième catégorie de firmes, dont le processus d'apprentissage repose sur des connaissances technologiques provenant de sources externes. Plus précisément, les firmes EXTRA sont supposées exploiter des connaissances provenant de la recherche publique et des *spillovers* intra-industrie. Le

[112] Cette fonction logarithmique des connaissances accumulées implique que l'impact marginal d'un accroissement de la R & D ou du stock de connaissances accumulées est décroissant dans le temps.

stock de connaissances exploitables détermine la probabilité d'innover selon la même fonction logistique de probabilité que celle utilisée pour les firmes INTRA. Cependant, les firmes EXTRA ne suivent pas leur propre trajectoire technologique, mais celle de l'industrie et le processus d'innovation n'est pas cumulatif au niveau des firmes, mais au niveau de l'industrie. Nous retenons également le principe d'apprentissage externe pour les exploitations viticoles en complément de l'apprentissage interne : d'une part, les viticulteurs apprennent par rapport aux autres exploitations, non pas de l'industrie mais de leur entourage (voisinage), compte tenu de l'ancrage de ces entreprises à leur territoire comme montré au chapitre 2 ; d'autre part, nous introduisons la possibilité d'apprendre d'autres sources externes appartenant au secteur : les organismes de conseil.

Pour notre modèle, nous retenons particulièrement la technique de modélisation distinguant apprentissages interne et externe dans notre analyse de la réduction des pesticides en viticulture (au-delà des résultats de Llerena et Oltra (2002a), qui portent plus sur l'intérêt de la diversité du comportement des firmes que sur l'apprentissage). Cette représentation est une simplification des phénomènes en jeu dans les processus d'apprentissage, mais nous la mobilisons pour cerner les éléments qui influencent les processus d'adoption de nouvelles pratiques chez les viticulteurs. Cependant, contrairement à Llerena et Oltra (2002b), nous combinons les deux types d'apprentissage dans les exploitations, dans la mesure où ceux-ci se situent toujours dans un environnement situé, avec des voisins et dans un bassin versant comprenant d'autres acteurs du secteur : ils sont donc susceptibles de développer en même temps des processus d'apprentissage interne et externe. Ainsi, **nous différencierons l'apprentissage des exploitations viticoles en deux points : un apprentissage interne basé sur l'accumulation d'expérience des viticulteurs lors de l'adoption d'une innovation environnementale de type *IPM*, et un apprentissage externe quand des acteurs extérieurs aux exploitations et compétents interviennent dans le processus d'adoption pour favoriser sa mise en œuvre de quelque manière que ce soit.** Nous combinons ces apprentissages dans les exploitations selon différentes modalités (*scenarii*) afin de déterminer l'importance des différents éléments pour le changement de pratiques phytosanitaires. Enfin, c'est le niveau de compétences des exploitations qui détermine leur probabilité d'adopter ou non l'innovation environnementale selon une courbe logistique impliquant des rendements croissants au début puis décroissants.

1.2. Structure et description du modèle de simulation PEST

Même s'il s'agit de comprendre des événements ancrés dans la réalité pour en fournir des explications, nous utilisons une représentation très simplifiée d'un système générant un processus d'innovation pour la réduction des pesticides. Nous cherchons, non pas à faire de la prédiction sur la réduction des pesticides en fonction des caractéristiques du secteur, mais à construire un modèle simple basé sur notre appréhension théorique de la problématique et sur les résultats expérimentaux présentés au chapitre 3, puis à comprendre comment les résultats sont générés dans celui-ci. Nous proposons une modélisation stylisée du changement de pratiques phytosanitaires basée sur des processus d'apprentissage interne et externe et qui tient compte explicitement du rôle de la dynamique d'accumulation *path-dépendante* des connaissances. Le modèle de simulation présenté ici nous permet d'explorer l'impact de différents modes d'apprentissage sur l'évolution des pratiques de protection des cultures développées par les viticulteurs ainsi que sur leurs performances économique et environnementale.

Nous décrivons les hypothèses et la structure du modèle en plusieurs points. Après avoir présenté les objectifs et fondements de la structure du modèle PEST (1.2.1.), nous étudions dans un premier temps la modélisation de la performance économique et technologique des exploitations (1.2.2.), sur laquelle repose leur processus d'innovation et de changement technique (1.2.3.). Puis, nous modélisons les conditions dans lesquelles les firmes entrent en interaction avec les organismes de conseil comme sources d'apprentissage externe (1.2.4.).

1.2.1. Les objectifs et fondements de la structure du modèle PEST

Les premiers jalons du modèle ont été posés lors de la session SIME [113] 2010. Après exposé de la problématique de la thèse, nous avons validé la construction d'un modèle d'adoption d'innovation contextualisé et centré sur les effets d'apprentissage, où les principes de la nouvelle technologie sont exogènes (mis à disposition par la R & D publique, comme c'est le cas actuellement), en l'absence de R & D en tant que telle au sein même des exploitations (Pavitt, 1984). Les objectifs du modèle sont les suivants :

[113] SIME : Simulation of Institutions & Markets in Europe Training Course, séminaire organisé par P. Llerena et M. Valente, BETA Strasbourg, avec le support du réseau DIME (Dynamics of Institutions & Markets in Europe), 2010.

- la simulation, sur plusieurs périodes, du comportement des exploitations viticoles en termes de pratiques phytosanitaires, en prenant en considération le niveau de compétences des exploitations comme élément déterminant du changement technique à chaque étape ;
- la mise en évidence de trajectoires gagnant-gagnant et des conditions qui les favorisent, si elles existent ;
- la mise en évidence des marges de manœuvre pour atteindre en 2018 les objectifs fixés par le gouvernement français en viticulture grâce à deux critères : le nombre de périodes où les exploitations viticoles ont adopté l'*IPM*, et la réduction d'IFT durant l'ensemble des périodes (selon les recommandations du rapport Paillotin (2008)) ;
- l'explication de la dynamique du changement de pratiques phytosanitaires en termes d'apprentissage.

Nous considérons un marché composé initialement de 50 exploitations viticoles produisant un produit de même gamme de vin en vendu vrac [114] en AOC. Les exploitations sont situées dans un environnement où leurs pratiques culturales, et en particulier phytosanitaires, sont influencées par leur voisinage direct et des organismes de conseil. Nous définissons le voisinage comme l'environnement direct des exploitations, composé d'un nombre fini d'autres exploitations viticoles situées dans la même appellation, dans le même marché et à distance géographique proche sur le même bassin versant (*cf.* chapitre 2). Le modèle comporte donc trois catégories d'objets :

- les firmes ou exploitations viticoles (indicées par *i*) qui proposent chacune un unique produit fini ;
- les voisinages des firmes, qui regroupent des exploitations du modèle et évoluent donc comme elles ;
- les organismes de conseil (indicés par *j*) qui interviennent dans le processus d'apprentissage des viticulteurs.

Ces trois catégories d'objets entrent en interactions aux différentes étapes du modèle (figure 27). Nous n'avons pas cherché à reproduire une AOC en particulier ou un territoire spécifique dans la mesure où c'est moins la prédiction de résultats que l'étude du comportement d'adoption des viticulteurs pour les innovations environnementales qui nous intéresse ici. De plus, dans la mesure où l'agriculture, et donc la viticulture, est tout de même un secteur décrit comme peu concentré, sans tendance oligopolistique et où

[114] Vin vendu en vrac : mode de distribution où le produit n'est pas conditionné (source : dictionnaire Larousse).

d'importants moyens sont mis en œuvre pour le maintien des structures d'exploitation, nous ne nous sommes pas intéressés aux entrées de firmes ou au phénomène de concentration qui peut accompagner les dynamiques industrielles de manière plus générale.

Le nombre d'acteurs dans les différents objets a donc été déterminé dans un souci exploratoire de différentes configurations d'entreprises (*scenarii*) et non pour refléter la réalité d'un bassin de production. Nous considérons donc une configuration particulière de marché comportant initialement 50 firmes réparties dans 5 voisinages (comprenant chacun 10 exploitations) et 4 organismes de conseil. À chaque exploitation est attribué un des 5 voisinages. Enfin, un organisme de conseil est attribué initialement et aléatoirement à chaque exploitation, et cela, pour toute la durée de la simulation. Il n'y a donc pas de compétition entre les organismes de conseil, en ce sens qu'ils sont considérés comme territorialisés au vu de la nature de l'accompagnement nécessaire à une mise en œuvre efficace de processus économes en intrants de type POD Mildium. Il est possible qu'une exploitation n'ait pas de conseiller afin de pouvoir observer l'impact du conseil sur le changement de pratiques (5 configurations de conseil).

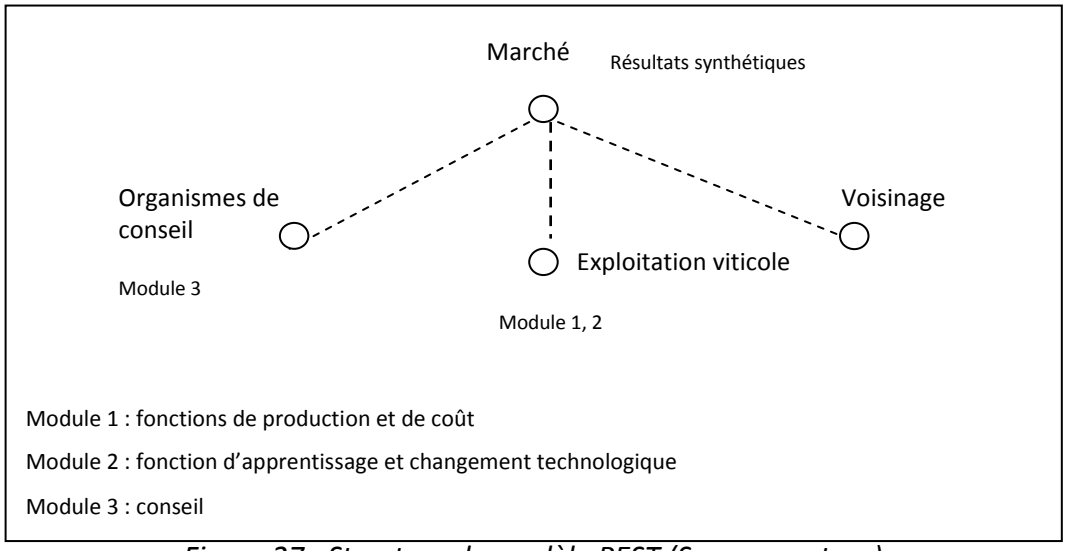


Figure 27 : Structure du modèle PEST (Source : auteur)

Pour simuler les pratiques phytosanitaires des viticulteurs, nous considérons deux processus phytosanitaires : premièrement, le processus « Pesticides » représente le mode de protection conventionnel des vignobles avec utilisation de pesticides de manière récurrente. Il s'agit d'un processus systématique, où le vignoble est traité en préventif, sur pluie annoncée ou délai de rémanence des produits. Il est donc dépendant du climat

et génère un nombre important de traitements phytosanitaires contre les maladies fongiques. Le deuxième processus de protection du vignoble considéré est l'« *IPM* » (pratiques phytosanitaires de type POD Mildium), qui autorise, grâce à une recomposition du processus de protection phytosanitaire avec des règles de décision nouvelles, une réduction significative des intrants chimiques, *i.e.* une nouvelle manière de bâtir la protection phytosanitaire mise en œuvre par les viticulteurs. Initialement, toutes les exploitations emploient le processus « Pesticides » pour la protection de leur vignoble. Il s'agit donc de réduire le nombre de traitements phytosanitaires grâce à un nouveau mode de prise de décision.

Chaque exploitation a la possibilité, à chaque période, de changer de pratiques phytosanitaires pour adopter l'« *IPM* » ou/et de revenir aux « Pesticides » en fonction de son niveau de compétences pour l'« *IPM* » (*SKL* : *skill level*). Au départ, chaque exploitation viticole a un niveau de compétences pour l'« *IPM* », attribué aléatoirement entre 0 et 1. Ce niveau de compétences évolue et augmente à chaque période grâce au processus d'apprentissage des viticulteurs qui se décompose en un effet d'apprentissage interne (*INT*) et un effet d'apprentissage externe (*EXT*). Les exploitations apprennent en interne en fonction des résultats techniques et économiques qu'elles ont obtenu avec les pratiques « *IPM* » de la campagne précédente si elles l'ont mis en œuvre, selon le principe du *learning by doing* (Arrow, 1962). En plus de l'apprentissage interne, le voisinage des exploitations et les organismes de conseil interviennent dans le processus d'apprentissage des exploitations viticoles et donc dans le processus d'adoption de l'« *IPM* ».

1.2.2. Les fonctions de production et de coût (module 1)

Les éléments constitutifs de la fonction de coût sont la marge, le rendement, le prix de vente et le coût du processus de protection phytosanitaire.

- *La marge phytosanitaire*

La fonction de production (*output*) a été déterminée pour chaque exploitation viticole *i* dans le but de mesurer l'effet des pratiques et du changement de pratiques sur les performances économiques de l'exploitation. Nous avons retenu la marge sur traitements phytosanitaires (*MarginPhyto*) comme indicateur économique pertinent, dans la mesure

où, d'après les résultats présentés au chapitre 3, seules les charges engagées directement dans le processus de protection phytosanitaire des vignobles sont impactées. La marge sur traitements phytosanitaires (*MarginPhyto*) dépend du rendement (*Yield*), du prix du raisin (*Price*) et du coût de la protection phytosanitaire (*Cost*), tous les autres éléments constitutifs de la marge en gestion étant considérés comme égaux par ailleurs.

$$MarginPhyto_{it} = Yield_{it} \,.\, Price_{it} - Cost_{it} \qquad \textbf{(1)}$$

- *Le rendement*

Le rendement (*Yield*) correspond au niveau minimum entre le rendement obtenu (*YieldObt*) sur la parcelle ou l'exploitation, selon l'unité de base considérée et le rendement d'appellation (*YieldAppell*) qui ne peut pas être dépassé (écrêtement des rendements) en viticulture de qualité sous système d'appellation.

$$Yield_{it} = min\,(YieldObt_{it}\,,\, YieldAppell) \qquad \textbf{(2)}$$

YieldAppell, le rendement d'appellation, est un paramètre référencé sur l'Appellation d'origine contrôlée Bordeaux – Bordeaux supérieur, donné dans le modèle, conformément aux travaux menés dans le chapitre 3 qui nous servent à calibrer empiriquement le modèle.

Le rendement obtenu par l'exploitation viticole (*YieldObt*) indépendamment des recommandations imposées par le cahier des charges de l'AOC dépend du rendement potentiel de la parcelle (*YieldSTICS*), du niveau de compétences du viticulteur (*SKL*) et d'une probabilité d'échec aléatoire (*Pfailure*).

- Si la technologie utilisée est « Pesticides », le niveau de compétences pour l'« *IPM* » n'entre pas en ligne de compte dans le calcul du rendement, puisque ces compétences ne sont pas utilisées dans le processus de protection phytosanitaire.

$$YieldObt_{it} = YieldSTICS \,.\, P_{failure} \qquad \textbf{(3)}$$

- Si la technologie utilisée est l'« *IPM* », alors

$$YieldObt_{it} = YieldSTICS \,.\, (1-e^{-4\,(SKL\,it)})*P_{failure} \qquad \textbf{(3')}$$

En l'absence de modèle disponible pour simuler le développement de la plante, le rendement potentiel de la parcelle est attribué aléatoirement par le modèle à chaque période pour chaque exploitation en fonction de données issues du logiciel STICS [115].

➢ *Le prix de vente et le coût du processus de protection phytosanitaire*

Concernant le prix, bien que des valorisations potentielles soient à exclure d'après la revue de la littérature (voir Bazoche *et al.*, 2009a notamment), nous retenons que les disparités de prix de vente peuvent être fortes dans le secteur indépendamment du caractère environnemental des pratiques (CIVB, 2010a) et prenons donc en compte cet élément important dans le calcul de la marge.

Le prix de vente (*Price*) varie chaque année en fonction de la qualité sanitaire de la récolte et du prix de marché (*PriceMarket*). Si le rendement est très bas compte tenu d'un fort niveau de maladie, la parcelle est déclassée et le rendement est vendu à un prix inférieur (*Price Declass*) à celui accordé pour les autres parcelles ou exploitations, donné dans le modèle. Sinon, la récolte est vendue à un prix tiré autour du prix moyen du marché (*PriceMarket*) pour la période.

$$Price_{it} => \quad si\ [\,(1-YieldObt_i) / YieldAppell)\,] > a,\ alors\ Price_{it} = Price\ Declass$$
$$sinon\ Price_{it} = PriceMarket_{it} \qquad \textbf{(4)}$$

PriceMarket est unique à chaque période pour toutes les exploitations, change à chaque période, et est déterminé par rapport aux références du Comité interprofessionnel des

[115] STICS : Simulateur mulTIdisciplinaire pour les Cultures Standards. Il a pour objectif de simuler le comportement du système sol-culture au cours d'une année afin d'estimer des variables agricoles et environnementales, ici la croissance de la vigne (Coulon et Barbeau, 2007).

vins de Bordeaux (CIVB) en AOC Bordeaux – Bordeaux supérieur pour le vin en vrac (CIVB, 2010b ; 2011).

En termes de coût, nous nous intéressons au coût direct des traitements phytosanitaires, calculé comme indiqué au chapitre 3 avec la méthode *OBC* (§ 3.1.1.). La fonction de coût (*Cost*), déterminée pour chaque exploitation *i*, dépend du nombre de traitements phytosanitaires (*TFI*), qui dépend lui-même de la technologie utilisée (*Techno*), du coût des produits phytosanitaires (*CostPest*), du temps de travail (dont le mode de calcul dépend de la technologie utilisée) (*TimeLabor*) et du coût du travail (*CostLabor*). Nous considérons également que le conseil peut avoir un coût intégré dans le coût des pratiques phytosanitaires (*CostCouncil*). Les autres charges sont considérées comme constantes avec le changement de pratiques. De plus, nous n'avons observé aucun coût de changement ou fixe significatif supplémentaire, ni d'investissement particulier sur les exploitations de notre réseau expérimental.

$$Cost_i = TFI_i \,.\, CostPest + TimeLabour_i \,.\, CostLabor + CostCouncil \qquad \textbf{(5)}$$

$$\text{Avec : } TFI_i \Rightarrow \text{si } Techno = \text{« Pesticides »}, \text{ alors } TFI_i = c \qquad \textbf{(6)}$$

$$\text{avec } 13 < c < 20 \text{ aléatoirement}$$

$$\text{sinon } TFI_i = d \text{ avec } 4 < d < 8 \text{ aléatoirement}$$

Le coût des pesticides (*CostPest*) est calibré grâce à des références empiriques (A2PV, 2011 ; Bazoche *et al.*, 2009b ; IFV, 2009 ; Roby *et al.*, 2008) et attribué aléatoirement aux exploitations viticoles initialement. Il reflète leur capacité de négociation des tarifs des produits, ce qui constitue un paramètre important quand on s'intéresse aux coûts de production, dans la mesure où, pour un même produit, selon le mode d'achat (coopérative, industrie phytosanitaire, groupement de producteurs, *etc.*), la variation du prix peut aller de 1 à 3 (Bazoche *et al.*, 2009b). Le temps de travail (*Time Labor*) pour les pulvérisations des traitements phytosanitaires est constant et identique pour toutes les exploitations : 0,5 h/traitement/ha pour la technologie « Pesticides », et 0,5 h/traitement/ha + 3 h d'observations pour l'« *IPM* » (Bazoche *et al.*, 2009b). Le coût du travail (*CostLabor*) est déterminé aléatoirement autour de la référence (barème de la convention collective viticole ; Samie et Del'homme, 2011). Le nombre de traitements

(*TFI*) est basé sur l'enquête « Pratiques culturales » du SCEES réalisée en 2006 (Agreste, 2009) pour la technologie « Pesticides », et sur les résultats des programmes de recherche ADD et A2PV (A2PV, 2011 ; Bazoche *et al.*, 2009b) pour l'« *IPM* ».

➢ *La sortie des firmes*

Nous définissons une marge phytosanitaire seuil (*MarginThreshold*), en fonction du prix de marché et des charges autres que phytosanitaires qui composent un coût de production viticole (Pailler, 2004), en-dessous de laquelle une exploitation viticole ne doit pas descendre pendant plus de 3 périodes consécutives, faute de quoi l'exploitation sort définitivement du marché.

Si $MarginPhyto_i < MarginThreshold$ *pendant un nombre de périodes inférieur ou égal à 3, l'exploitation sort du marché.* ***(7)***

1.2.3. La fonction d'apprentissage des exploitations et le changement technologique (module 2)

Le processus d'innovation des exploitations détermine la possibilité de changer de technologie ou non. Il est essentiellement basé sur le processus d'apprentissage des exploitations qui, à chaque période, donne un niveau de compétences (*SKL*) pour l'« *IPM »*.

➢ *Un processus d'apprentissage qui dépend du niveau de compétences des exploitations viticoles*

Pour construire le modèle, compte tenu de notre cadre théorique et des résultats issus des programmes de recherche exposés au chapitre 3, nous faisons l'hypothèse que le processus d'apprentissage est central dans le processus de changement technique des viticulteurs. Le processus d'apprentissage dépend du niveau de compétences de l'exploitation pour l'« *IPM »* (*SKL*) à la période précédente, de l'expérience de l'exploitation dans la mise en œuvre de l'« *IPM* » (*Yield, Cost* et *TFI*), de la variation

moyenne de niveau de compétences des voisins ($\overline{\Delta SKLN}$), et de la variation du niveau de compétences de l'organisme de conseil de l'exploitation (*ΔSKLA*) s'il en existe un.

Avec :

- t=0, $SKL_{i\ 0}$ est identique pour toutes les exploitations (0< $SKL_{i\ 0}$ <1) et généré aléatoirement ;

- t=0, k le taux d'absorption des connaissances par l'exploitation, est générée aléatoirement au début en tant que paramètre pour chaque exploitation ; 0<k<1.

Suivant l'exemple de Llerena et Oltra (2002b), nous décrivons l'apprentissage à travers deux composantes : d'une part, un effet d'apprentissage externe dans toutes les exploitations (*EXT*), et d'autre part, un effet d'apprentissage interne pour les exploitations viticoles qui ont mis en œuvre la technologie « *IPM* » à la période précédente *t-1* (*INT*). Contrairement à ce qui se produit dans le modèle de Llerena et Oltra (2002b), les exploitations de notre modèle peuvent donc apprendre en externe et/ou en interne. Il nous appartiendra ensuite de déterminer quelle est la composante déterminante dans le changement de pratiques s'il en existe une.

*L'effet d'apprentissage externe (*EXT*) :*

Une exploitation apprend de son environnement externe à toutes les périodes, quel que soit le processus de protection phytosanitaire qu'elle met en œuvre sur son propre vignoble. Les résultats de ses voisins ainsi que ses contacts avec un conseiller, sont à même de lui faire améliorer son niveau de compétences même si elle n'a pas encore adopté elle-même l'innovation environnementale. On retrouve ici l'effet du *learning by interacting* (Lundvall, 1988). L'effet d'apprentissage externe comprend lui-même deux parties : nous faisons intervenir dans l'apprentissage externe les voisins pour rendre compte de l'effet d'imitation, qui joue un rôle très important en agriculture, ainsi qu'un organisme de conseil, quand il y en a un, en lien avec l'exploitation compte tenu des résultats de l'enquête sur les freins réalisée dans les programmes de recherche. Le niveau de compétences des voisins est noté *SKLN* et celui de l'organisme de conseil s'il y en a un, *SKLA*. Ces derniers influencent l'effet d'apprentissage externe des exploitations. Si à la période précédente la variation du niveau de compétences de l'organisme de conseil (*ΔSKLA*) est inférieure ou égale à zéro, et/ou si la variation du niveau moyen de compétences des voisins($\Delta\overline{SKLN}$) est inférieure ou égale à zéro, c'est qu'alors ils

n'influencent pas l'exploitation *i* puisqu'ils n'auront pas obtenu des résultats satisfaisants. Ils n'ont donc aucun effet d'amélioration du niveau de compétences de l'exploitation considérée. Par contre, s'ils progressent, ils influencent positivement l'effet d'apprentissage de cette exploitation selon l'équation 8'. La forme de cette équation, grâce aux paramètres *α1* et *α2*, nous permet d'envisager des poids différents pour ces deux parties de l'apprentissage externe.

Si $\Delta\overline{SKLN}_{i\,t-1} <= 0$ ou si $\Delta SKLA_{i\,t-1} <= 0$ alors $EXT_{i\,t} = 0$. **(8)**

Sinon :

$EXT_{i\,t} = \alpha . \Delta\overline{SKLN}_{i\,t-1}^{\alpha 1} . \Delta SKLA_{i\,t-1}^{\alpha 2}$ **(8')**

ou

$EXT_{i\,t} = \alpha . \Delta\overline{SKLN}_{i\,t-1}^{\alpha 1}$ s'il n'y a pas d'organisme de conseil pour l'exploitation *i*.

Avec $\Delta\overline{SKLN}_{i\,t-1} = \overline{SKLN}_{i\,t-1} - \overline{SKLN}_{i\,t-2}$

et $\Delta SKLA_{i\,t-1} = SKLA_{i\,t-1} - SKLA_{i\,t-2}$

α est un paramètre d'échelle pour gérer la rapidité du changement.

$\alpha 1 + \alpha 2 = 1$

*L'effet d'apprentissage interne (*INT*) :*

Dans les mêmes exploitations, à chaque période, nous considérons un effet d'apprentissage interne si l'exploitation a adopté l'« *IPM* » à la période précédente. D'après les principes de cumulativité et de *path-dependance* évolutionnistes, nous considérons que les viticulteurs s'améliorent d'année en année à force de mettre en œuvre une nouvelle technologie comme l'« *IPM »*. Par exemple, dans le programme A2PV, on constate de manière très qualitative que les viticulteurs qui testent le POD Mildium améliorent tous les ans leurs pratiques conventionnelles à force d'être au contact de cette innovation (A2PV, 2011). En outre, si par contre le viticulteur a utilisé les « Pesticides » à la période précédente, il n'améliore pas son apprentissage en interne pour l'« *IPM* », puisqu'il ne gagne aucune expérience de la pratique de ce nouveau processus. Nous faisons reposer le bénéfice de l'expérience d'avoir mis en œuvre l'« *IPM* » à la période précédente sur trois résultats :

- le rendement qui, pour simplifier, est limité ici à sa dimension quantitative, les aspects de qualité étant pris en compte dans le prix (déclassement) ;
- le coût de la protection phytosanitaire ;

- la diminution de l'IFT qu'autorise l'adoption de l'« *IPM* ».

En effet, les viticulteurs ont une aversion assez forte aux risques de pertes de récolte et d'augmentation potentielle du coût liée à l'adoption d'une innovation (A2PV, 2010 ; Saint-Gès, 2006a). Donc, si la variation de coût entre les deux périodes précédentes est inférieure ou égale à zéro ou si la variation de rendement entre les deux périodes précédentes est inférieure ou égale à zéro, alors le niveau de compétences du viticulteur n'augmente pas ; cela traduit le fait qu'il conserve ses compétences acquises mais qu'il ne sera pas meilleur pour les appliquer l'année suivante. Sinon, le niveau de compétences de l'exploitation est amélioré par l'effet de la variation de coût, de la variation de rendement et de la variation du nombre de traitements. En effet, plus le viticulteur arrive à s'améliorer (et donc à diminuer le nombre de traitements en conservant son rendement toutes choses égales par ailleurs), plus il maîtrise l'innovation. De même que précédemment, les paramètres *γ1*, *γ2* et *γ3*, déterminés aléatoirement à chaque simulation, nous permettent de donner différents poids aux trois éléments dans l'effet d'apprentissage interne.

Si $\Delta Cost_i <= 0$ ou $\Delta YieldObt_i <= 0$ alors $INT_{it} = 0$ **(9)**

Sinon, $INT_{it} = \gamma . (8-TFI_{it-1})^{\gamma 1} . (\Delta Cost_i)^{\gamma 2} . (\Delta YieldObt_i)^{\gamma 3}$ **(9')**

Avec $\Delta Cost_i = Cost_{it-1} - Cost_{it-2}$

et $\Delta YieldObt_i = YieldObt_{it-1} - YieldObt_{it-2}$

γ est un paramètre d'échelle pour gérer la rapidité du changement

$\gamma 1+\gamma 2+\gamma 3=1$

Pour le cas de l'utilisation de « Pesticides », l'innovation vient des industries amont par des innovations produit, comme l'a démontré Pavitt (1984). Nous ne mesurons donc pas de niveau de compétences pour cette technologie.

À chaque période, la valeur du niveau de compétences pour l'« *IPM* » de chaque exploitation viticole est calculée comme suit :

Si l'exploitation a adopté l'« *IPM* » à la période précédente **ET** si elle n'en a rien retiré en termes d'apprentissage interne (ce qui peut être assimilé à un échec, en quelque sorte), c'est-à-dire $INT_{it} = 0$, alors le niveau de compétences de l'exploitation reste le même (équation 10) :

$$SKL_{it} = SKL_{i\,t-1} \quad \textbf{(10)}$$

Sinon, le niveau de compétences de la période précédente est enrichi à la fois par l'effet d'apprentissage externe et par l'effet d'apprentissage interne, pondérés par un coefficient k [116] (équation 10'). Il y a donc un effet cumulatif de la progression du niveau de compétences (SKL_{it}) des exploitations à chaque période.

$$SKL_{it} = SKL_{i\,t-1} + k\ .\ (EXT_i + INT_i) \quad \textbf{(10')}$$

- *Le changement de pratiques phytosanitaires*

Un tirage au sort détermine l'occurrence de l'innovation à partir d'une probabilité d'innover (équation 11). L'accès à l'« *IPM* » est déterminé par un tirage de Bernouilli [117] autour de la probabilité d'adoption. Le niveau de compétences (SKL_{it}) détermine la probabilité d'adopter (ou de continuer à mettre en œuvre) le processus « *IPM* ». Nous faisons là le lien avec le fait que les viticulteurs qui ont le plus de compétences et qui maîtrisent le mieux le nouveau processus de protection phytosanitaire ont plus de chances d'adopter ou de continuer l' « *IPM* ». En cas d'échec sur le tirage, l'exploitation conserve la technologie « Pesticides ». Une fois que l'exploitation a adopté l'« *IPM* », le tirage autour de la probabilité est toujours effectué, laissant la possibilité d'un retour en arrière, notamment en cas d'échec du nouveau processus de protection du vignoble sur le rendement, le coût ou le nombre de traitements effectués.

[116] Le coefficient *k* permet de rendre compte de l'incapacité des exploitations à intégrer 100 % de connaissances qui sont mises en jeu dans les processus d'apprentissage, aussi bien interne qu'externe. Nous considérons que *k* est le même pour les deux composantes. Il est déterminé aléatoirement pour chaque exploitation puis reste constant.

[117] La distribution de Bernoulli ou « loi de Bernoulli » est une distribution discrète de probabilité, qui prend la valeur 1 avec la probabilité *p* et 0 avec la probabilité $q=1-p$.

À chaque période, la probabilité de changer pour adopter l'« *IPM* » est déterminée par la fonction suivante possédant une allure de courbe en S (courbe d'apprentissage) :

$$P^{adoption}{}_{i\,t} = \frac{1}{1+exp\left(-\beta\,(SKL\,i\,t-0.5)\right)} \qquad (11)$$

Comme dans le modèle de Llerena et Oltra (2002b), cette fonction implique des rendements croissants puis décroissants dans le processus d'innovation avec une allure sigmoïde.

Avec : $P^{adoption}{}_{i\,t}$ la probabilité d'adopter l'IPM à la période t ; β un paramètre représentant la rapidité avec laquelle la probabilité maximum d'innover est atteinte. La fonction sigmoïde implique au départ des rendements croissants d'adoption qui deviennent décroissants à la fin dans le processus d'accumulation des connaissances et d'innovation.

1.2.4. Le conseil comme accompagnement des viticulteurs (module 3)

SKLA est le niveau de compétences des organismes de conseil pour l'« *IPM* », généré aléatoirement au début de la simulation pour chaque organisme ($0 < SKLA_{j\,0} < 1$). L'évolution du niveau de compétences d'un organisme de conseil (*Z*) dépend des compétences que l'organisme avait à la période précédente. Elle dépend aussi de la variation du niveau de compétences moyen des autres organisations de conseil sur le marché ($\Delta\overline{SKLAN}$) (ce qui traduit les activités de coopération des organismes de conseil qu'elles soient explicitement formalisées ou non), et de la variation du niveau de compétences moyen des exploitations viticoles qui sont associées à cet organisme de conseil ($\Delta\overline{SKL}$) (ce qui traduit le retour d'expérience de l'accompagnement sur le terrain par les conseillers en fonction de la réussite ou de l'échec des exploitations sur le principe d'apprentissage double boucle - évalué ici à travers la variation de leur niveau de compétences moyen). Si un de ces deux éléments est inférieur ou égal à zéro, alors l'organisme de conseil ne progresse pas. Sinon, son niveau de compétences est enrichi à

la fois par les exploitations qui y sont liées et par les autres organismes de conseil. Les paramètres aléatoires *ϑ1* et *ϑ2* permettent également de tester différents poids pour ces deux éléments.

Si $\Delta\overline{SKLAN}_{j\,t-1} <= 0$ or $\Delta\overline{SKL}_{j\,t-1} <= 0$ alors $Z = 0$ **(12)**

Sinon, $Z = \vartheta \,.\, \Delta\overline{SKLAN}_{j\,t-1}^{\vartheta 1} \,.\, \Delta\overline{SKL}_{j\,t-1}^{\vartheta 2}$ **(12')**

Avec $\Delta\overline{SKLAN}_{j\,t-1}$ la variation du niveau de compétences moyen des autres organisations de conseil sur le marché.

et $\Delta\overline{SKL}_{j\,t-1}$ la variation du niveau de compétences moyen des exploitations viticoles qui sont associées à cet organisme de conseil.

ϑ un paramètre d'échelle

ϑ1+ϑ2=1

NB: une exploitation viticole est associée à un seul organisme de conseil (celui situé sur son territoire). Par contre, un organisme de conseil peut avoir un nombre différent d'exploitations reliées.

À chaque période, le niveau de compétences pour chaque organisme de conseil est recalculé comme indiqué dans l'équation 13. Le niveau de compétences de la période précédente est enrichi de l'effet d'apprentissage (*Z)*, pondéré par un coefficient y.

$$SKLA_{j\,t} = SKLA_{j\,t-1} + y \,.\, Z \qquad \textbf{(13)}$$

Avec y un coefficient qui permet de rendre compte de l'incapacité des organismes à intégrer 100% de connaissances qui sont mises en jeu dans les processus d'apprentissage, généré aléatoirement en tant que paramètre lors de l'initialisation du modèle (0<y<1).

Nous avons donc produit un modèle de simulation simple où, pour une entité économique telle qu'une exploitation viticole, le poids du passé et l'état de l'environnement (connu imparfaitement) sont des contraintes qui conditionnent ses comportements et donc son évolution entre l'instant *t* et l'instant *t+1*. Le processus d'évolution n'est par conséquent qu'une suite de déséquilibres (changement de pratiques) qui tend à diversifier les techniques de production pour aller vers l'adoption de l'« *IPM »* et donc la réduction de l'utilisation de pesticides en viticulture, et lors de laquelle a lieu une sélection qui élimine les exploitations qui ne sont plus performantes. La figure ci-dessous récapitule le fonctionnement du modèle (figure 28).

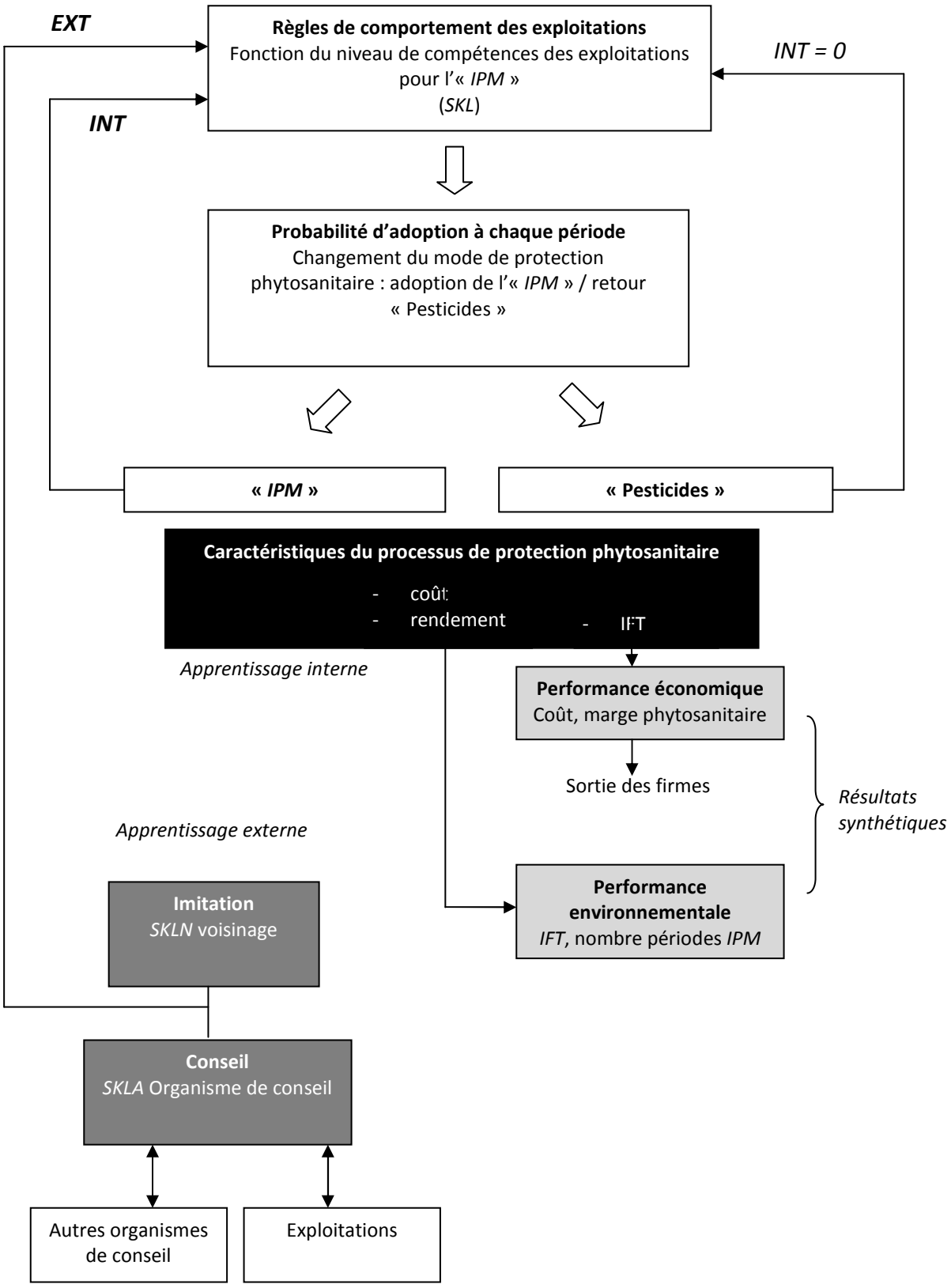


Figure 28 : Schéma récapitulatif des principes de fonctionnement du modèle PEST (Source : auteur)

2. Une dynamique centrée sur l'apprentissage des viticulteurs

Dans cette section, nous explicitons les résultats obtenus avec le modèle suite à la réalisation des simulations. Nous analysons également la dynamique qui se déroule pour les exploitations au cours du temps. Nous présentons ici d'une part la méthode de simulation utilisée, et d'autre part, les résultats relatifs aux hypothèses que nous avons posées pour faire suite aux résultats empiriques présentés au chapitre 3. Dans un premier temps, nous explicitons les modalités de mise en œuvre du modèle que nous avons construit, ainsi que les méthodes d'interprétation des résultats des simulations que nous avons retenues (2.1.). Dans un deuxième temps, nous présentons les résultats de notre modèle à proprement parler à travers l'analyse des propriétés que nous avons pu mettre en évidence, et ce, en les mettant en regard des résultats expérimentaux présentés au chapitre 3 (2.2.).

2.1. La mise en œuvre du modèle et les méthodes d'interprétation des simulations

Avant de revenir sur les résultats du modèle PEST à proprement parler, nous présentons dans cette sous-section les méthodes et outils d'analyse des résultats que nous avons choisis. Tout d'abord, nous expliquons de quelle manière a été initialisé le modèle et nous présentons *LSD*, l'outil de simulation que nous avons utilisé pour implémenter le modèle (2.1.1.). Ensuite, nous présentons la méthode d'analyse des résultats que nous allons suivre (variables analysées et tests statistiques) tout en précisant d'ores et déjà que nous ne donnons pas l'exhaustivité des calculs statistiques réalisables sur les données issues du modèle, mais seulement ceux qui sont pertinents par rapport à notre question (2.1.2.).

2.1.1. L'initialisation du modèle et la méthode de simulation

- *Les conditions initiales du modèle*

Dans la mesure où notre question de départ est basée sur un enjeu sociétal à réaliser d'ici à 2018, nous choisissons un nombre de périodes relativement petit (20). En effet,

traditionnellement les modèles évolutionnistes considèrent un plus grand nombre de périodes pour laisser le temps à des régularités d'émerger et de persister dans le modèle ; ainsi, l'émergence d'une propriété particulière dépend de la durée sur laquelle l'histoire observée est simulée. Compte tenu de la nature du secteur étudié et de l'activité des exploitations viticoles, ici une période peut correspondre à une année culturale. Mais si 20 périodes semblent peu pour étudier une dynamique de changement, c'est justement la capacité des exploitations et du marché à réagir de manière rapide aux contraintes sociétales qui s'imposent à eux qui nous intéresse. Le rapport Ecophyto 2018 préconise lui-même un pas de temps de 10 ans pour effectuer une réduction significative de l'utilisation des pesticides (Paillotin, 2008). Dans la mesure où les experts s'accordent déjà sur le manque de réalisme d'un délai aussi court que celui énoncé dans Ecophyto 2018 (Mezière *et al.*, 2009), nous avons doublé le délai et déterminé 20 périodes plutôt que 10.

Au début de la simulation, les exploitations sont différenciées par leur environnement externe : leur conseiller et leur voisinage. Elles sont ensuite identiques en termes d'apprentissage (niveau de compétences de départ), de sorte que les différences de comportement des firmes dans la dynamique du modèle résultent non pas des conditions initiales, mais de l'hétérogénéité de leur comportement d'apprentissage interne (échec, réussite) prenant en compte leur capacité à intégrer les connaissances, et de leur environnement immédiat (conseil, voisins). Les trajectoires d'évolution des firmes s'établissent dans un cadre délimité par le processus d'apprentissage propre à chacune d'entre elles. Le plus grand nombre de paramètres et de variables possibles sont calibrés en fonction des caractéristiques du secteur et des données empiriques disponibles, grâce aux programmes ADD et A2PV notamment. Ainsi, les limites minimum et maximum du nombre de traitements, le coût des produits phytosanitaires, de la main-d'œuvre, le temps de travail, les limites minimum et maximum des rendements, le prix de marché, sont déterminés à partir de données de terrain ou de la littérature, comme indiqué dans la description du modèle. En cela, le positionnement du modèle est relativement original dans la mesure où les modèles évolutionnistes sont en général plutôt affranchis des caractéristiques d'un secteur en particulier. Par contre, les autres paramètres des équations du modèle sont déterminés de manière aléatoire.

➢ *La méthode de simulation*

Le modèle est implémenté sur la plateforme *LSD*[118] (*Laboratory for Simulation Development*) qui a été développée par Marco Valente. La mise en œuvre d'un modèle de simulation implique deux étapes distinctes (Valente, 2008) : premièrement, il faut concevoir le modèle en utilisant une formulation mathématique, quel que soit le support ; deuxièmement, il convient de le traduire en programme informatique en utilisant un langage de programmation. Bien que le modèle soit simple, le code requis pour définir les variables, insérer des variables d'initialisation, sauvegarder les résultats, déterminer l'ordre des calculs, *etc.* peut s'avérer délicat à écrire. *LSD* lève cette difficulté en proposant un langage professionnel rapide et flexible ne nécessitant qu'un minimum de compétences en programmation. Il repose sur la base C++, relativement répandue en programmation. Le programme permet d'exprimer le modèle de la même manière que pour un système d'équations discrètes. Il assemble automatiquement les informations contenues dans les équations et génère un programme complet de simulation qui permet de tout gérer grâce à différentes interfaces. Le programme sépare deux parties dans la mise en œuvre d'un modèle : d'une part la programmation (*LMM*), et d'autre part la mise en œuvre de la simulation (*LSD*). Il offre aussi des outils sophistiqués (pour gérer la robustesse des résultats par exemple). Les résultats générés sont de simples fichiers texte qui peuvent être utilisés par tous par la suite.

Le style de modélisation utilisé ici est particulièrement utile pour simuler des modèles à base d'agents, comme dans notre cas d'étude ; ce genre de modèles complexes nécessite des interactions entre les différents éléments à différents niveaux hiérarchiques qui sont généralement difficiles à mettre en œuvre. *LSD* semble d'autant plus adapté qu'il gère les problèmes d'ordonnancement, d'exécution et d'identité des variables lors des modifications que l'on peut être amené à apporter en développant progressivement un modèle (ce qui évite de rigidifier les premières étapes de construction). La difficulté d'utilisation du programme est uniquement liée à la complexité du contenu du modèle, ce qui ne pose aucun problème dans notre cas, puisque nous avons construit un modèle relativement simple. Enfin, le programme permet d'illustrer les résultats par quelques graphiques de base, bien que l'aspect visuel mérite d'être traité avec des logiciels spécialisés pour une représentation plus visuelle des graphiques. Nos propres graphiques ont été réalisés avec Excel.

[118] *LSD* version 5.9, octobre 2009 - http://www.labsimdev.org/.

Nous avons donc écrit les équations de notre modèle dans *LSD* en langage C++, puis nous avons déterminé la structure du modèle avec ses différents objets (marché, exploitations viticoles, voisinage et organismes de conseil) reliés et hiérarchisés entre eux, ainsi que leur nombre. Nous avons ensuite lié les équations aux différents objets et initialisé les paramètres et les variables retardées nécessaires à l'implémentation du modèle et des simulations sur la plateforme. Le processus stochastique qui guide les simulations est centré sur un tirage de probabilité pour le processus d'innovation des firmes (équation 11). Tout d'abord, on calcule le niveau de compétences de l'exploitation pour la période, puis la probabilité détermine l'accès ou non à l'innovation. En fonction du niveau de compétences du viticulteur, le résultat de l'innovation est déterminé par la suite.

2.1.2. La méthode et les outils d'analyse des résultats

Il s'agit d'étudier les résultats donnés par le modèle en termes de performances économique et environnementale, puis la dynamique de changement technologique pour la protection phytosanitaire des vignobles, et de mettre en évidence les conditions qui favorisent les apprentissages dans les exploitations viticoles. Nous nous appliquons notamment à déterminer dans quelle mesure le conseil, le voisinage et l'expérience personnelle des viticulteurs impactent leur apprentissage pour l'adoption de nouvelles pratiques.

- *La méthode d'analyse des résultats du modèle*

En termes de variables étudiées, nous nous intéressons en premier lieu à la performance économique des deux processus de protection du vignoble grâce aux variables prévues à cet effet dans le modèle, soit le coût et la marge phytosanitaire, afin de valider économiquement l'innovation environnementale. Nous nous intéressons également à l'impact des décisions d'adoption de l'*IPM* sur l'éventuelle sortie des firmes du marché. Ensuite, nous analysons l'apprentissage et ses différentes composantes dans les exploitations viticoles dans une configuration spécifique où le coût du conseil est nul. Nous nous intéressons également aux exploitations dans leur environnement situé (voisinage, organisme de conseil). Autrement dit, nous nous concentrons sur l'analyse des résultats du modèle pour valider nos résultats empiriques (résultats expérimentaux n° 4 et n° 8 en particulier), puis nous nous attardons sur un certain nombre de *scenarii*

d'apprentissage afin de mettre en évidence des éléments importants qui peuvent influencer le processus d'adoption de l'*IPM*.

Nous analyserons les résultats tout d'abord au niveau individuel (exploitations) afin de mettre en évidence des différences de comportement dans la diversité des situations observées (tableau 11). Il ne sera pas nécessaire d'étudier chacune des 50 firmes, dans la mesure où elles sont toutes identiques au départ du point de vue de leurs performances, mais de sélectionner celles qui correspondent aux variables que nous souhaitons étudier. Leurs paramètres sont de plus choisis selon les mêmes processus aléatoires. Les régularités mises en évidence à ce niveau nous permettront de comprendre les mécanismes à l'œuvre dans le processus de changement technique. D'autre part, nous analyserons un certain nombre d'indicateurs (IFT, nombre d'exploitations ayant adopté l'*IPM*) de manière globale (au niveau du marché), afin d'observer la dynamique générale des exploitations, en étant attentifs à la capacité du marché à répondre à la demande sociétale traduite par le rapport Ecophyto 2018 (- 50 % des pesticides d'ici à 2018). Enfin, nous mettons en évidence les déterminants hiérarchisés de la pratique de l'*IPM* sur les 20 périodes et de la performance économique des exploitations afin d'essayer de comprendre le comportement des viticulteurs en matière d'adoption d'innovations environnementales.

Tableau 11 : Variables retenues pour l'analyse des résultats, modèle PEST

Résultats		
Niveau	*Thématique*	*Variable analysée*
Individuel	Performance économique	Coût
		Marge
	Performance environnementale	IFT total/firme
		Nombre de périodes avec *IPM*
Collectif	Performance environnementale	IFT total
		Nombre d'adoptants (exploitations avec *IPM*)

(Source : auteur)

Seuls seront présentés les résultats intéressants et pertinents par rapport à la problématique. Pour garantir la robustesse des résultats et valider les propriétés observées, nous procédons, à partir des résultats des simulations effectuées, à une analyse statistique des variables en caractérisant et décrivant leur distribution, et à une analyse de la sensibilité aux paramètres par rapport aux propriétés mises en évidence.

➢ *Une description des données avec des* box-plots

Afin de présenter et résumer les données obtenues à l'issue des simulations, nous utilisons des ***box-plots*** en tant que méthode numérique de statistiques descriptives qui donne un résumé graphique des données. La méthode a été présentée précédemment (*cf.* chapitre 3).

➢ *Les tests statistiques*

Afin de dépasser une observation de la description des données et de déterminer la différence entre différentes séries de manière statistiquement significative, nous utilisons **des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney** [119]. Ils recouvrent en réalité deux formulations : le test de Wilcoxon d'une part, et le test de Mann-Whitney d'autre part, qui est celui que nous utiliserons à l'aide du logiciel XLSTAT®. Ce sont des alternatives totalement équivalentes (les deux tests peuvent se déduire l'un de l'autre), avec des approches différentes : ils donnent les mêmes résultats. Ils constituent une technique de référence : il est impossible de s'y soustraire dès lors qu'il est question de test non paramétrique de comparaison de deux populations. Le test de Mann-Whitney est un test d'identité portant sur deux échantillons indépendants issus de variables numériques ou ordinales. Dans la mesure où c'est un test non paramétrique, il ne fait aucune hypothèse sur les formes analytiques des distributions des échantillons, c'est-à-dire que la qualité des résultats ne dépend pas, *a priori*, de la distribution sous-jacente des données.
Nous utilisons ce type de test dans la mesure où c'est un test de rang, qui utilise non pas les valeurs prises par les observations, mais leur rang une fois les observations réunies dans un même ensemble ; cela ne nous contraint donc pas à avoir une distribution normale ou à utiliser un test qui l'exigerait. Ainsi, les résultats peuvent être considérés comme robustes, puisque dégagés de cette condition. Une différence dans le nombre d'observations ou de la variable considérée pour les deux échantillons ne pose aucun problème : le test de Mann-Whitney teste une hypothèse, appelée « hypothèse nulle » (*H0*), déclarant que les deux échantillons sont issus de la même population et ont donc une distribution de probabilité égale. Si *H0* n'est pas vérifiée, elle est rejetée et l'hypothèse alternative, notée *Ha*, est retenue, c'est-à-dire que les valeurs prises par le premier échantillon sont différentes de celles du deuxième.

[119] Aussi appelés « test de somme des rangs de Wilcoxon » ou « test de Mann-Whitney ».

Pour ce qui concerne les variables binaires du type adoption de « Pesticides » ou d'« *IPM* », nous utilisons **un test *t* de Student**. Il s'agit d'un test paramétrique qui surclasse le Mann-Whitney dans ce cas et qui correspond bien à des échantillons de grande taille. On l'utilise pour déterminer dans quelle mesure deux échantillons sont susceptibles de provenir de deux populations sous-jacentes ayant la même moyenne. Destiné à la comparaison de deux échantillons à travers leurs moyennes, il est basé sur la distribution *t*. L'hypothèse testée, appelée « hypothèse nulle » (*H0*), déclare que les deux échantillons sont issus de la même population et ont donc une moyenne égale. Si *H0* n'est pas vérifiée, l'hypothèse alternative, notée *Ha*, est validée, c'est-à-dire que la moyenne du premier échantillon est différente de celle du deuxième.

Dans les deux cas, nous retenons un niveau de signification seuil α égal à 0,05. Cela revient à dire que nous rejetons l'hypothèse nulle *H0* dès que la *p-value* du test est inférieure à 0,05. Ainsi, le risque de rejeter l'hypothèse nulle *H0* alors qu'elle est vraie est de *p-value*.100 %. Dans le cas où la *p-value* du test est supérieure à 0,05, il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

- *Les arbres de classification et de régression*

Dans le but de faire apparaître les déterminants des variables étudiées, nous utilisons des arbres de classification et de régression. Parfois aussi appelés « arbres de segmentation ou de décision », ce sont des méthodes qui permettent d'obtenir des modèles à la fois explicatifs et prédictifs. Ils permettent de modéliser simplement, graphiquement et rapidement un phénomène mesuré plus ou moins complexe. On distingue notamment deux cas d'utilisation de ces modèles :

- on utilise les arbres de classification pour expliquer et/ou prédire l'appartenance d'objets (observations, individus) à une classe (ou modalité, ou catégorie) d'une variable qualitative, sur la base de variables explicatives quantitatives et/ou qualitatives ;
- on utilise les arbres de régression pour expliquer et/ou prédire les valeurs prises par une variable dépendante quantitative en fonction de variables explicatives quantitatives et/ou qualitatives.

Pour cela, nous utilisons XLSTAT®. Pour construire les arbres, plusieurs algorithmes sont disponibles. Nous choisissons l'algorithme *C & RT* (*Classification and Regression Trees*), qui est la méthode la plus connue (Breiman *et al.*, 1984 ; Ripley, 1996). Il s'agit d'une

méthode de partitionnement récursif, qui permet de construire des arbres de régression et de classification pour prédire des variables dépendantes continues dans le cas d'une régression, et catégorielles dans le cas d'une classification.

Chaque division d'un arbre peut être comprise comme la division d'un nœud en deux nœuds successeurs ; la première division est un branchement du nœud racine de l'arbre. La méthode vérifie ensuite récursivement pour chaque nœud si une séparation est possible sur la base de la mesure choisie. Pour chaque nœud, le nom de la variable et la valeur de division en deux groupes sont donnés. À chaque étape sont regroupées sur la branche de gauche les observations pour lesquelles la valeur de la variable choisie pour la division est inférieure ou égale à la valeur de division, tandis que les observations affichant une valeur supérieure à la valeur de division sont regroupées sur la branche de droite. Différentes mesures de pureté des groupes sont disponibles. Dans le cas où la variable dépendante est quantitative, une mesure basée sur la *Least Square Deviation* est utilisée. Dans le cas d'une variable dépendante qualitative, l'utilisateur a le choix entre les indices de Gini et de Twoing. Dans le cas d'une variable explicative quantitative, un partitionnement univarié en k groupes est effectué. Ensuite, les k-1 points de séparation sont calculés et testés. Pour une variable explicative qualitative, chaque regroupement en deux groupes des k modalités est testé (soit $2k - 1$ possibilités). À chaque création d'un nouveau sous-nœud, les critères d'arrêt sont vérifiés, et si aucune des conditions n'est remplie, le nœud est à son tour considéré comme un nœud initial, et la procédure est itérée. Les conditions d'arrêt sont les suivantes : nœud pur, profondeur maximale de l'arbre, taille minimale d'un nœud parent et taille minimale d'un nœud fils.

Parmi les avantages de ces méthodes, on notera d'une part leur simplicité du fait de la visualisation sous forme d'arbres, d'autre part la possibilité d'obtenir des règles en langage naturel. La simplicité des résultats fait que dans la plupart des cas, l'interprétation des résultats est assez aisée. Ceci est utile à des fins de classification rapide, mais peut également donner un modèle simple pour comprendre pourquoi les observations sont classifiées de manière particulière, et ce, en posant des questions simples (principe du « si-alors »). Ensuite, ces méthodes sont non linéaires et non paramétriques, donc les résultats peuvent être résumés en une série de conditions logiques qui se lisent sur les nœuds de l'arborescence à chaque division dichotomique. Il n'y a donc aucune hypothèse implicite de relations entre les variables prédictives et la variable dépendante. Ce type d'analyse de données permet de révéler des relations

simples entre quelques variables. Enfin, des procédures existent pour éviter un problème majeur qui se pose concernant l'arrêt de l'arbre ; en effet, s'il n'est pas arrêté, un arbre peut extraire quantités d'informations à partir des données, y compris des bruits ou variations aléatoires. En plus de la commande manuelle qui permet de gérer le nombre de branches, les méthodes sont basées sur des principes d'élagage et de validation croisée avec un échantillon indépendant (10 % des observations qui ne sont pas utilisées pendant l'estimation).

Nous présentons dans la section suivante les résultats les plus pertinents quant au traitement de notre question ainsi que l'analyse de la dynamique du modèle (statistiques, graphiques, *box-plots*) grâce à a méthode et aux outils d'analyse que nous venons de présenter.

2.2. Analyse des propriétés du modèle pour la réduction des pesticides en viticulture

Dans cette sous-partie, nous nous attachons tout d'abord à analyser les résultats économiques des exploitations dans le modèle (2.2.1.) afin de mettre en évidence l'éventuelle viabilité économique de l'adoption de l'innovation environnementale modélisée (*IPM*). Dans un deuxième temps, nous nous concentrons sur les différentes composantes du processus d'apprentissage afin de dégager les propriétés qui accompagnent l'adoption de l'*IPM* (2.2.2.). Nous analysons ensuite les résultats synthétiques du modèle au niveau du marché afin de dégager les marges de manœuvre que nous pouvons observer en termes de réduction des pesticides (2.2.3.). Enfin, nous essayons d'identifier les déterminants de la réduction des pesticides et de la performance économique dans le temps (2.2.4.).

2.2.1. Une innovation environnementale validée économiquement

➢ *Performance économique des exploitations viticoles*

Nous avons retenu comme indicateurs de la performance économique des exploitations viticoles le coût de la protection phytosanitaire et la marge phytosanitaire. La description de ces variables en comparant les exploitations qui ont adopté l'« *IPM* » et celles qui utilisent la technologie « Pesticides » pour les 10 000 simulations permet de relever plusieurs éléments. On constate tout d'abord sur la figure 29 une grande hétérogénéité des coûts de protection phytosanitaire dans les deux cas. Cette hétérogénéité tient essentiellement au différentiel de coût des produits phytosanitaires et de la main-d'œuvre entre les exploitations quelle que soit la méthode de protection du vignoble qui est utilisée. Ces différences de coût des facteurs de production créent une grande disparité dans les résultats des exploitations viticoles, d'où l'importance de la maîtrise de ces variables de gestion pour les viticulteurs.

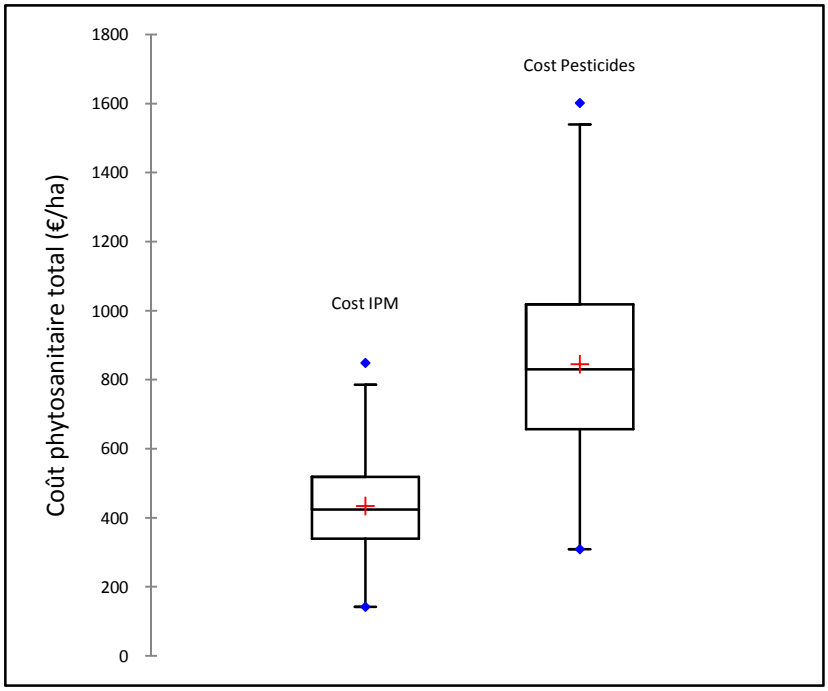


Figure 29 : Coût des processus de protection phytosanitaire pour l'« IPM » *(à gauche) et pour la technologie « Pesticides » (à droite) (Source : auteur)*

Nous notons ensuite en analysant les données que, s'agissant de la moyenne ou de la médiane, la technologie « Pesticides » est à l'origine d'un coût presque deux fois supérieur à celui de la technologie « *IPM* » (tableaux 12 et 13). Cela retrace le fait que les

économies réalisées en produits phytosanitaires et en main-d'œuvre sont significatives, malgré le temps nécessaire en plus pour réaliser les observations. On remarque que la différence de coût mise en évidence ici est supérieure aux résultats dégagés dans l'analyse expérimentale. Cela n'est pas surprenant, dans la mesure où les viticulteurs du réseau des programmes de recherche sont volontaires et peuvent être considérés comme *leaders*, c'est-à-dire qu'il s'agit de viticulteurs qui utilisent déjà moins de pesticides que la moyenne des exploitants. Les économies potentielles à réaliser grâce à l'adoption de l'innovation environnementale sont donc ici plus importantes, les viticulteurs qui ont le plus à y gagner sont ceux qui utilisent le plus de produits phytosanitaires à l'heure actuelle. Nous montrons ainsi que l'adoption de l'« *IPM* » dans l'ensemble du secteur vitivinicole peut permettre une plus grande maîtrise des coûts, dans la mesure où les rendements sont maintenus, avec une différence de 410,39 €/ha en moyenne en faveur de l'« *IPM* ».

Tableau 12 : Statistiques descriptives relatives au coût des processus de protection phytosanitaire (en euros/ha) (Source : auteur)

	Cost Pesticides	***Cost IPM***
Minimum	309,44	141,75
Maximum	1601,29	848,26
Médiane	829,86	424,14
Moyenne	844,69	434,30

Tableau 13 : Test de Mann-Whitney relatif aux coûts des processus de protection phytosanitaire (Source : auteur)

Test	***p-value* (valeur de la statistique de test)**	**probabilité associée (U)**
Cost Pesticides – Cost IPM	<0,0001	3416745,000
Conclusion : on retient que *Cost Pesticides* est significativement différent de *Cost IPM* (avec *Cost IPM* < *Cost Pesticides*)		

D'ailleurs, si l'on analyse de manière plus fine la réduction de coût en s'intéressant aux transitions entre les 20 périodes des 50 exploitations sur 100 simulations [120], on met en évidence les économies que réalisent les exploitations entre une période *t* où elles utilisent la technologie « Pesticides » et une période *t+1* où elles adoptent l'« *IPM* ». On s'aperçoit ainsi que les exploitations économisent entre 57 et 976 €/ha selon leur pratique spécifique de la technologie « Pesticides » à la période *t* et leur capacité à mettre en œuvre l'« *IPM* » à la période *t+1* (moyenne 408,18 €/ha ; médiane 387,31 €/ha), ce qui

[120] Nous tirons au hasard 100 simulations dans la mesure où nous sommes limités en termes de gestion de données par le logiciel utilisé.

est cohérent avec les observations faites en comparant d'un côté les exploitations qui pratiquent la technologie « Pesticides » et de l'autre celle qui ont adopté l'« *IPM* » (figure 30).

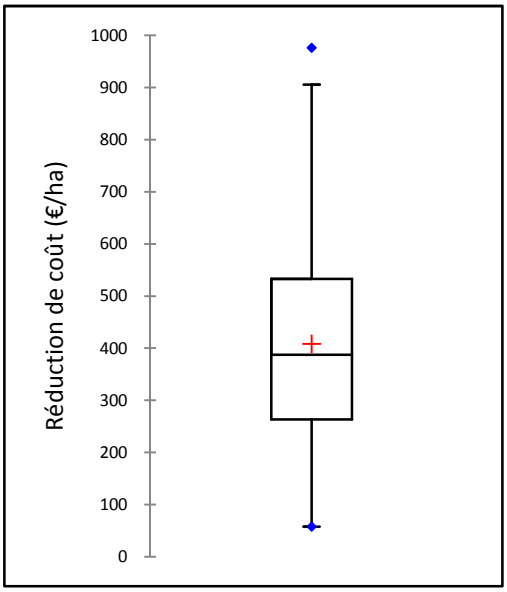


Figure 30 : Réduction de coût lors du passage à l'« IPM *» sur 100 simulations (Source : auteur)*

Notre marché a une configuration très particulière en termes de type d'exploitations, notamment par rapport au conseil, qui ne reflète pas la réalité. Nous ne cherchons donc pas à produire des simulations en intégrant un ou plusieurs coûts du conseil pour observer le comportement des firmes. Nous savons d'ores et déjà par l'enquête réalisée au chapitre 3 qu'une diminution de la performance des entreprises a un caractère rédhibitoire pour nombre de viticulteurs. Il semble par contre que, dans la mesure où l'accompagnement des exploitations par des conseillers pour la mise en œuvre de l'« *IPM* » est indispensable, nous devons porter un regard sur le niveau de coût que pourraient supporter les exploitations viticoles pour ce conseil. Nous nous basons donc sur un accompagnement comprenant les observations sur des parcelles de référence, le suivi des indicateurs indispensables à la prise de décision et l'aide à la maîtrise du processus opérationnel de décision pour déclencher les traitements seulement au bon moment et seulement si nécessaire. Pour déterminer le coût de cette prestation, nous ne disposons toutefois d'aucune référence en la matière puisqu'aucun des organismes techniques ou de développement impliqués dans le conseil ne réalise ce type de prestation à ce jour, d'après l'enquête réalisée et présentée au chapitre précédent. Or, les objectifs de maintien des exploitations, autant en termes de surfaces que de nombre,

sont clairement affichés en France. Il convient donc, dans ce cadre, de pouvoir envisager des solutions d'accompagnement qui soient efficaces techniquement en sécurisant la maîtrise du processus de décision et qui permettent de maintenir la performance économique des exploitations viticoles. Nous pouvons pour cela utiliser la différence de coût entre les deux processus de protection phytosanitaire « Pesticides » et « *IPM* » en admettant que les économies réalisées grâce à la réduction des pesticides peuvent servir à payer le service rendu par l'organisme de conseil. Nous utilisons donc cette différence comme cadre de référence afin de connaître la limite maximum acceptable de la monétarisation de l'accompagnement des viticulteurs dans la réduction des pesticides. Au vu de nos résultats, il ne faudrait alors pas dépasser les 57 €/ha qui constituent l'économie minimum réalisée par les exploitations lors du passage de l'utilisation de « Pesticides » à celle de l'« *IPM* » (sinon, un plus grand nombre d'exploitations pourraient tomber en faillite et sortir du marché). Cela nous renvoie à l'analyse que nous faisons en termes de proximités et tend à militer pour la mutualisation des moyens et des coûts des observations entre les viticulteurs.

Si on s'intéresse maintenant aux marges phytosanitaires, nous constatons une dispersion des résultats quasi identique, que l'on observe les résultats pour la technologie « Pesticides » ou pour l'« *IPM* » (figure 31).

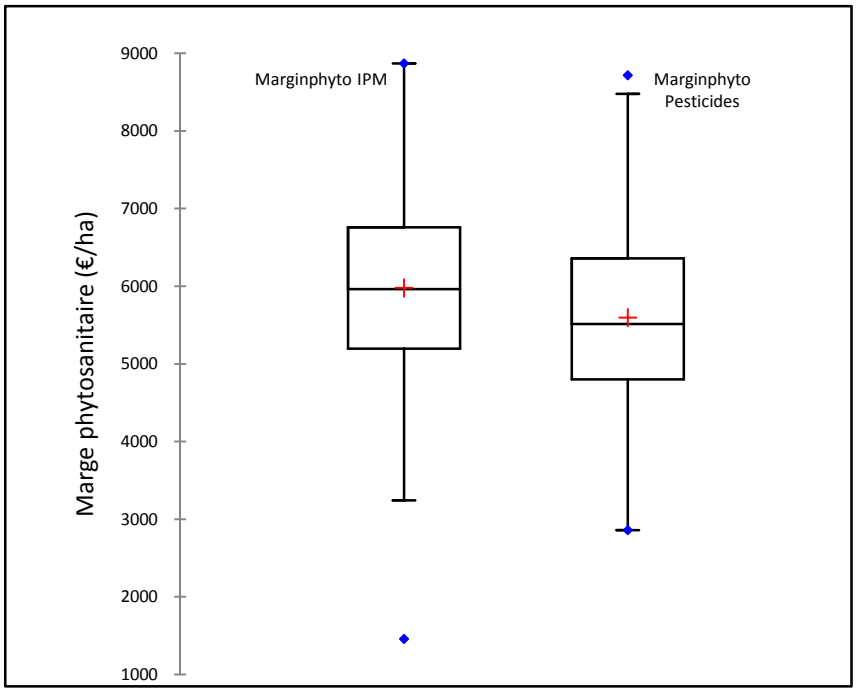


Figure 31 : Marge phytosanitaire des processus de protection phytosanitaire pour l'« IPM *» (à gauche) et pour la technologie « Pesticides » (à droite) (Source : auteur)*

Nous savons qu'aucune valorisation potentielle n'est à attendre pour le moment pour les producteurs qui produiraient du vin en utilisant moins de pesticides, notamment en l'absence de label et de certification. Toutefois, la différence significative de coût entre les deux processus de protection du vignoble nous amène à constater que les marges phytosanitaires sont meilleures quand les viticulteurs ont adopté l'« *IPM* » (tableaux 14 et 15). On retrouve en effet une différence de l'ordre de 382,28 €/ha en moyenne, cette différence intégrant non seulement la différence de coût de la protection phytosanitaire, mais également les variations de prix de marché que subissent les exploitations dans le modèle.

Tableau 14 : Statistiques descriptives relatives à la marge phytosanitaire des processus de protection phytosanitaire (euros/ha) (Source : auteur)

	Marginphyto Pesticides	***Marginphyto* IPM**
Minimum	2860,89	1457,46
Maximum	8713,19	8867,25
Médiane	5512,07	5962,75
Moyenne	5594,98	5977,26

Tableau 15 : Test de Mann-Whitney relatif à la marge des processus de protection phytosanitaire (Source : auteur)

Test	***p-value* (valeur de la statistique de test)**	**probabilité associée (U)**
Marginphyto Pesticides – Marginphyto IPM	<0,0001	1147539,000
Conclusion : on retient que *Marginphyto Pesticides* est significativement différent de *Marginphyto IPM* (avec *Marginphyto Pesticides* < *Marginphyto IPM*)		

Ces résultats nous conduisent donc à conclure qu'il existe un intérêt économique significatif à adopter une innovation de processus environnementale et incrémentale qui permet une recomposition des itinéraires de protection phytosanitaire et qui nécessite de nouvelles connaissances et compétences (comme l'« *IPM* »). Dans un contexte vitivinicole concurrentiel, même si la motivation économique ne semble pas être le premier levier de l'adoption d'innovations environnementales en viticulture, il était important de valider économiquement le passage à l'« *IPM* » dans les exploitations. Ainsi, il semblerait que dans ce cas, **une réglementation qui imposerait aux viticulteurs l'adoption de l'*IPM* pour réduire les quantités de pesticides utilisées n'entraînerait pas une augmentation des coûts**. Dans notre cas particulier d'étude, cela tendrait à invalider l'hypothèse de Porter et Van der Linde (1995), selon laquelle une fois les choix d'optimisation des coûts faits, une réglementation environnementale entraîne inévitablement une augmentation des

coûts. Ici, on est en présence d'une innovation incrémentale qui, bien que continuant à utiliser les mêmes produits phytosanitaires, permet de réduire significativement leur utilisation, et donc l'impact environnemental des exploitations viticoles. Il n'y a donc pas de coût induit par la réglementation. Dans le même temps, toutes choses égales par ailleurs, les marges augmentent mécaniquement ce qui permet de montrer l'existence de trajectoires gagnant-gagnant.

Propriété n° 1 : l'adoption de l'*IPM* ne se traduit pas par des surcoûts et procure un avantage économique aux exploitations qui l'adoptent, toutes choses égales par ailleurs.

- *Sortie des firmes*

Une analyse des résultats en termes de sortie des firmes, nous montre tout d'abord que très peu de firmes sortent du marché (en moyenne 0,26), soit moins de 1 %. La comparaison entre les différents types d'exploitations du modèle (selon le conseil et le voisinage) montre des résultats sans contraste : toutes les simulations faites avec le modèle présentent la même proportion d'exploitations en faillite, et ces faillites se produisent en général au bout d'un laps de temps relativement court (après 5 périodes) et à cause d'un échec dans la mise en œuvre du processus de protection du vignoble, quel qu'il soit (« Pesticides » ou « *IPM* »). Ainsi, **adopter un processus de protection des cultures « *IPM* » se montre particulièrement peu risqué** (mais seulement sous réserve de sa parfaite maîtrise technique). Les résultats sur la sortie des firmes paraissent cohérents avec les résultats précédents sur les coûts et les marges, puisque les exploitations ayant adopté l'« *IPM »* montent une meilleure performance économique que les autres. Dans la mesure où il n'existe pas de coût de transition ou de coût fixe lié à l'adoption de ce nouveau processus de protection du vignoble, il est normal de ne pas observer de mortalité plus forte chez les exploitations qui innovent. Toutefois, cela est à mettre en relation avec l'enquête sur les freins présentée au chapitre 3, dans la mesure où les viticulteurs semblent avoir le sentiment inverse et sont très inquiets de l'impact potentiel que pourrait avoir l'adoption de l'« *IPM* » sur leurs variables de gestion. En l'absence de valorisation potentielle, ils ont une vision claire des risques encourus mais moins de la

probabilité de survenance de ceux-ci [121]. Il convient alors de s'intéresser aux éléments de maîtrise de l'« *IPM* » tels que les connaissances et compétences à acquérir par le biais de processus d'apprentissage.

<u>Propriété n° 2</u> : l'adoption de l'*IPM* est peu risquée dans la mesure où les pratiques sont maîtrisées.

2.2.2. De l'importance de l'apprentissage externe pour l'adoption des innovations environnementales

Les résultats sur l'apprentissage des exploitations sont ici analysés en quatre temps. Nous nous intéressons tout d'abord à la comparaison des apprentissages interne et externe. Ensuite, nous montrons l'importance du conseil dans l'adoption de l'innovation environnementale considérée. Nous analysons également les possibilités de monétarisation du conseil dans le cas très vraisemblable où celui-ci donnerait lieu à un coût pour les exploitations quel que soit l'organisme de conseil considéré sur le territoire. Enfin, nous terminons par l'analyse de l'effet du voisinage sur l'apprentissage externe des exploitations et l'adoption de la méthode « *IPM* ».

- *Apprentissage interne et apprentissage externe*

Sur la figure 32, nous observons tout d'abord qu'en moyenne, l'apprentissage interne est supérieur à l'apprentissage externe. Le marché génère donc, à partir d'exploitations semblables au départ en termes de performance, des situations d'apprentissage différentes par leur comportement spécifique dans un environnement situé.

[121] Le modèle montre une seule des 10 000 simulations où 15 exploitations sur 50 sortent du marché.

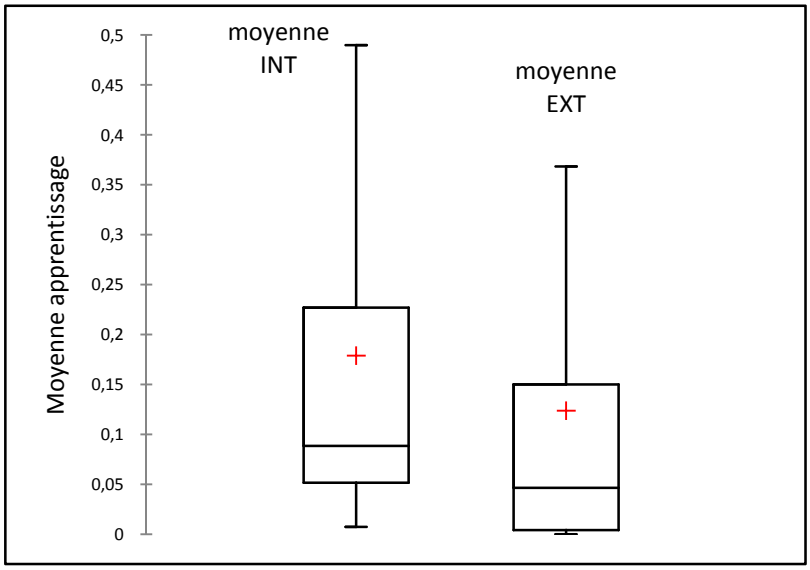


Figure 32 : Apprentissage interne INT *(à gauche) et apprentissage externe* EXT *(à droite)* [122] *(Source : auteur)*

En analysant plus finement les résultats, nous notons que les exploitations viticoles apprennent de l'extérieur à toutes les périodes. En effet, elles évoluent dans un environnement situé (voisins et/ou conseillers dans le modèle) qui les influence à tout moment. À quasiment toutes les périodes, on observe donc que les exploitations ont une composante apprentissage externe *EXT* non nulle, à la différence de l'apprentissage interne. Ce dernier nécessite d'une part que l'« *IPM* » ait été mis en œuvre à la période précédente pour que le viticulteur puisse gagner en expérience et cumuler des compétences concernant cette nouvelle technologie, d'autre part, que les résultats de cette nouvelle pratique phytosanitaire soient bons pour que le stock de connaissances augmente. En effet, en cas d'échec sur le rendement, les coûts ou un manque d'efficacité sur la réduction du nombre de traitements phytosanitaires, les viticulteurs retiennent un mauvais retour d'expérience, ce qui ne fait pas progresser les compétences pour l'« *IPM* ». La nécessité de réunir toutes ces conditions fait donc que l'apprentissage interne ne se produit pas à chaque période. Toutefois, on note que, comme on peut le constater dans des conditions expérimentales réelles, les viticulteurs apprennent moins souvent, mais de manière plus importante en interne (tableau 16). S'ils sont toujours influencés par l'extérieur, les compétences acquises en propre sur des expériences positives sont plus bénéfiques pour une mise en œuvre de l'« *IPM* » efficace, car il est

[122] Les valeurs minimum et maximum ont été enlevées pour améliorer la lisibilité des *box-plots*. Pour *INT*, valeur min = 0,007 et valeur max = 5,270. Pour *EXT*, valeur min = 0,000 et valeur max = 2,269.

plus facile de capitaliser sur ses propres expériences (*learning by doing* ; Arrow, 1962). Le capital confiance des viticulteurs est alors aussi amélioré vis-à-vis de cette technologie.

Tableau 16 : Test de Mann-Whitney relatif à l'apprentissage interne INT *et externe* EXT *des exploitations viticoles (Source : auteur)*

Test	**p-*value* (valeur de la statistique de test)**	**probabilité associée (U)**
EXT – INT	<0,0001	1342484,000
Conclusion : on retient que *EXT* est significativement différent de *INT* avec *EXT<INT*		

<u>Propriété n° 3</u> : l'apprentissage interne *INT* est plus efficace que l'apprentissage externe *EXT*, mais beaucoup plus rare en termes de fréquence.

➢ *De l'importance du conseil pour accompagner les viticulteurs dans l'adoption de l'*IPM

Si l'on s'intéresse à l'apprentissage interne et à l'apprentissage externe des exploitations viticoles en fonction du mode de conseil qu'elles ont, on note, comme l'on pouvait s'y attendre, qu'il n'y a pas de différence dans l'apprentissage interne entre les exploitations, puisque le conseil n'influence pas cette composante de l'apprentissage. Par contre, l'apprentissage externe est significativement supérieur quand les exploitations peuvent bénéficier d'un conseil, quelle que soit son origine (organisme de conseil *C1, C2, C3* ou *C4*) (tableau 17).

Tableau 17 : Test de Mann-Whitney relatif à l'apprentissage externe EXT *en fonction de l'organisme de conseil (Source : auteur)*

Test	**Variable : *EXT***	
	p-value	**probabilité associée (U)**
sc-C1	<0,0001	1768588,500
sc-C2	<0,0001	1768398,500
sc-C3	<0,0001	1773195,500
sc-C4	<0,0001	1780463,500
C1-C2	0,904	2001571,500
C1-C3	0,762	2003940,000
C1-C4	0,747	2004184,000
C2-C3	0,856	2002359,500
C2-C4	0,840	2002614,500
C3-C4	0,983	2000271,000

Le test statistique nous montre clairement une différence entre une exploitation sans conseiller (notée *sc*) et une exploitation qui bénéficie de l'appui d'un organisme de conseil, quel qu'il soit. On note que l'apprentissage externe des exploitations ne bénéficiant pas de conseil est bien inférieur à celui des exploitations qui en bénéficient quels que soient les paramètres. Cela paraît cohérent, dans la mesure où un conseil, personnalisé et territorialisé, apporté directement auprès des exploitants est supposé avoir plus d'impact que le simple phénomène d'imitation des voisins, puisque nous avons ici supposé que les interactions avec les voisins étaient limitées.

Nous retrouvons les mêmes résultats en termes de niveau de compétences (*SKL*) (tableau 18), puisqu'il existe une différence nette entre l'exploitation sans conseiller et les autres. On note aussi que l'exploitation suivie par l'organisme de conseil C1 tend à se différencier de celles associées aux C3 et C4, mais alors la différence est à imputer à l'apprentissage interne des exploitations puisqu'elles ne sont pas différentes sur la composante externe de leur apprentissage *EXT*.

*Tableau 18 : Test de Mann-Whitney relatif au niveau de compétences (*SKL*) en fonction de l'organisme de conseil (Source : auteur)*

Test	**Variable : *SKL***	
	p-value	**probabilité associée (U)**
sc-C1	<0,0001	939265,500
sc-C2	<0,0001	929258,000
sc-C3	<0,0001	919990,000
sc-C4	<0,0001	921507,500
C1-C2	0,392	1991518,000
C1-C3	0,017	1976407,000
C1-C4	0,027	1978144,000
C2-C3	0,118	1984531,000
C2-C4	0,167	1986307,500
C3-C4	0,871	2001609,000

En termes de résultats au sujet de l'adoption de l'« *IPM* », on constate que les résultats sur l'apprentissage externe sont confirmés par le nombre de périodes durant lesquelles les viticulteurs ont adopté l'« *IPM* » (figure 33). En effet, l'exploitation sans conseiller (*sc*) a adopté l'« *IPM* » en moyenne 6,76 fois sur les 20 périodes, tandis que les exploitations bénéficiant de conseil l'adoptent beaucoup plus souvent (15 à 17 fois en moyenne) quel que soit l'organisme de conseil (*C1*, *C2*, *C3* ou *C4*) (tableau 19). Nous notons également qu'il est possible d'adopter sans problème l'« *IPM* » sans bénéficier de conseil puisque la

dispersion de l'exploitation sans conseiller va de 0 à 20. Toutefois, cette occurrence est plus rare car cela demande plus de réussite sur l'imitation des voisins et les retours d'expérience personnels des viticulteurs.

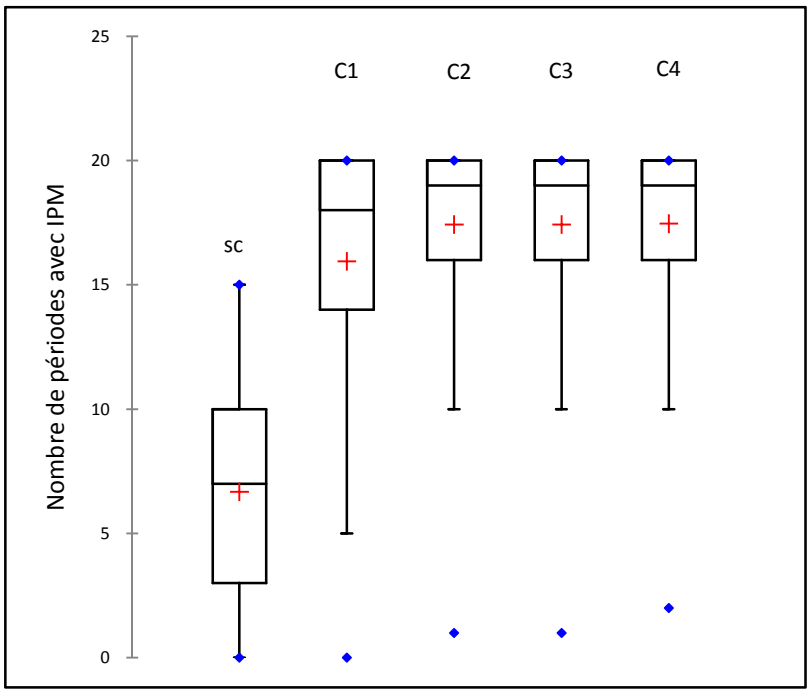


Figure 33 : Nombre de périodes avec l'« IPM *» en fonction de l'organisme de conseil (*sc*,* C1*,* C2*,* C3*,* C4*) (Source : auteur)*

Tableau 19 : Statistiques descriptives relatives au nombre de périodes avec l'« IPM *» en fonction de l'organisme de conseil (Source : auteur)*

	PeriodsIPM sc	***PeriodsIPM C1***	***PeriodsIPM C2***	***PeriodsIPM C3***	***PeriodsIPM C4***
médiane	7	18	19	19	19
moyenne	6,67	15,94	17,43	17,42	17,45
dispersion	15	20	19	19	18
max	15	20	20	20	20
min	0	0	1	1	2

De plus, les résultats statistiques du tableau 20 montrent que tous les organismes de conseil n'obtiennent pas des résultats équivalents en termes de nombre de périodes d'adoption de l'« *IPM* ». En fonction de leurs compétences de départ (point qui constitue leur élément de différenciation), on remarque que l'organisme C1 se différencie des trois autres. Toutefois, les organismes de conseil *C2*, *C3* et *C4* obtiennent des résultats identiques. On peut expliquer cela par l'effet de coopération que nous avons introduit entre les organismes de conseil, créant un auto-renforcement et des retours d'expérience

croisés entre eux. Les conseillers des différents organismes bénéficient alors des compétences les uns des autres. On peut d'ailleurs penser qu'en laissant plus de temps à la dynamique pour s'installer, l'organisme C1 (qui est celui qui avait la compétence la plus faible au départ) arriverait au même niveau de résultat que les trois autres.

Tableau 20 : Test de Mann-Whitney relatif au nombre de périodes avec l'« IPM *» en fonction de l'organisme de conseil (Source : auteur)*

Test	**Variable : *periodIPM***	
	p-value	**probabilité associée (U)**
sc-C1	<0,0001	9013477,000
sc-C2	<0,0001	3181325,000
sc-C3	<0,0001	3202595,000
sc-C4	<0,0001	3162673,000
C1-C2	<0,0001	42314515,000
C1-C3	<0,0001	42312697,500
C1-C4	<0,0001	42084300,500
C2-C3	0,966	49685534,000
C2-C4	0,046	49456207,000
C3-C4	0,052	49462778,000

<u>Propriété n° 4</u> : l'accompagnement par un organisme de conseil améliore l'apprentissage des firmes. L'effet d'apprentissage dépend du niveau de compétences de cet organisme de conseil.

- *L'effet du voisinage*

En termes d'effet du voisinage, nous avons vu précédemment que le poids du voisinage dans la composante apprentissage externe était inférieur à celui du conseil quand il y en avait. Toutefois, une analyse comparative des résultats d'exploitations ayant le même niveau de conseil, c'est-à-dire aucun, mais des voisinages différents (figure 34) montre que des voisinages avec des niveaux de compétences différents influencent le comportement d'adoption des viticulteurs. Que ce soit en termes d'hétérogénéité des résultats ou d'adoption de l'« *IPM* », le nombre de périodes où les viticulteurs adoptent l'« *IPM* » est significativement différent selon leur voisinage, quel qu'il soit (*V1*, *V2*, *V3*, *V4* ou *V5*) (tableaux 21 et 22).

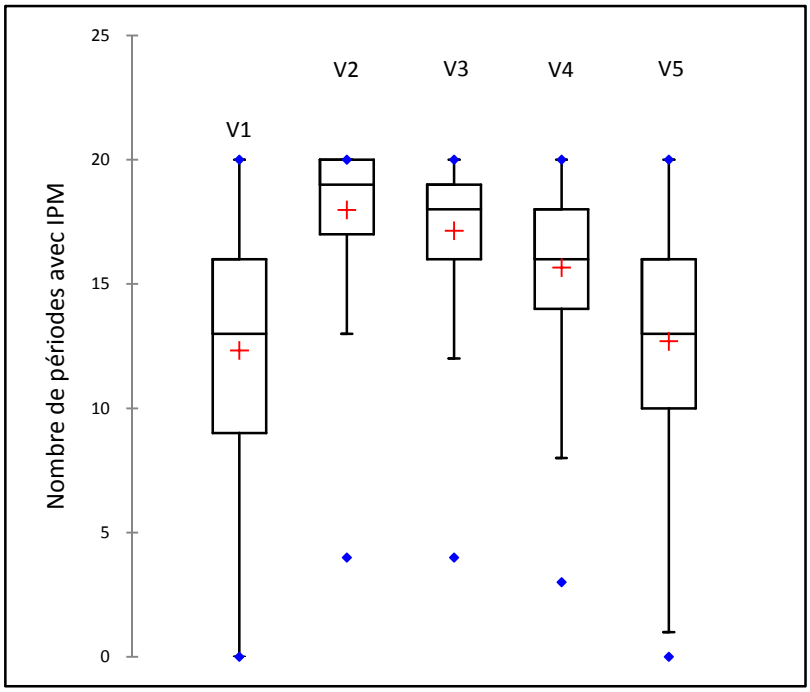


Figure 34 : Nombre de périodes avec l'« IPM *» en fonction du voisinage (*V1, V2, V3, V4, V5*) (Source : auteur)*

Tableau 21 : Statistiques descriptives relatives au nombre de périodes avec l'« IPM *» en fonction du voisinage (Source : auteur)*

	PeriodIPM V1	***PeriodIPM V2***	***PeriodIPM V3***	***PeriodIPM V4***	***PeriodIPM V5***
Médiane	13	19	18	16	13
Moyenne	12,33	17,98	17,15	15,66	12,70
Dispersion	3,46	2,03	2,27	2,54	3,39
Maximum	20	20	20	20	20
Minimum	0	4	4	3	0

Tableau 22 : Test de Mann-Whitney relatif au nombre de périodes avec l'« IPM *» en fonction du voisinage (Source : auteur)*

Test	**Variable : *periodIPM***	
	p-value	**probabilité associée (U)**
V1-V2	<0,0001	9128434,000
V1-V3	<0,0001	13006626,500
V1-V4	<0,0001	20925275,500
V1-V5	<0,0001	37554149,000
V2-V3	<0,0001	48518355,500
V2-V4	<0,0001	59493755,500
V2-V5	<0,0001	68858703,000
V3-V4	<0,0001	52045628,500
V3-V5	<0,0001	64667489,500
V4-V5	<0,0001	56314902,500

Les résultats sont confirmés lorsque l'on s'intéresse au niveau de compétences des mêmes exploitations (tableau 23).

Tableau 23 : Test de Mann-Whitney relatif au niveau de compétences SKL *des exploitations en fonction du voisinage (Source : auteur)*

Test	**Variable : *SKL***	
	p-value	**probabilité associée (U)**
V1-V2	<0,0001	1241860,500
V1-V3	<0,0001	1409809,000
V1-V4	<0,0001	1667492,500
V1-V5	<0,0001	2109561,000
V2-V3	<0,0001	2313534,000
V2-V4	<0,0001	2617990,500
V2-V5	<0,0001	2897064,500
V3-V4	<0,0001	2367277,000
V3-V5	<0,0001	2730016,000
V4-V5	<0,0001	2465992,500

<u>Propriété n° 5</u> : le voisinage des exploitations influence l'apprentissage des viticulteurs de manière différente selon le niveau de compétences des voisins.

Ces résultats sur l'influence du conseil et du voisinage nous amènent à conclure que l'environnement dans lequel sont situées les exploitations viticoles joue un rôle très important dans leur capacité à adopter des innovations environnementales de type « *IPM* » pour la réduction des pesticides. La viticulture, basée sur une culture pérenne et constituant une activité non délocalisable à cause de son ancrage aux notions de territoire et de terroir, est donc très dépendante de la dynamique des organismes de conseil et des voisins qui vont constituer son environnement.

2.2.3. Des objectifs de diminution des pesticides utilisés difficiles à atteindre

Les objectifs fixés par le rapport Ecophyto 2018 sont clairs (Paillotin, 2008) : il s'agit de réduire de 50 % la consommation de pesticides d'ici à 2018. Nous sommes ici centrés sur l'analyse de la réduction des fongicides qui, nous le rappelons, représentent la majeure partie des pesticides utilisés en viticulture. Il s'agit alors de s'intéresser à la contribution

que peut avoir la mise en œuvre de l'« *IPM* » à la réduction d'IFT globale, sachant que l'adoption de méthodes alternatives pour les autres types de produits chimiques de synthèse est beaucoup plus avancée et est donc relativement déjà bien répercutée dans les chiffres des enquêtes « Pratiques culturales » du SCEES (Agreste, 2009). Afin d'analyser le potentiel de réduction des pesticides, nous nous attachons à l'analyse de deux critères : tout d'abord, nous portons notre attention sur la réduction d'IFT entre la première et la dernière période, au niveau global du marché, puis en termes d'IFT moyen par exploitation viticole. Ensuite, nous analysons la population d'adoptants (nous définissons cette population comme la population des exploitations viticoles ayant adopté la technologie « *IPM* » à la dernière période des simulations).

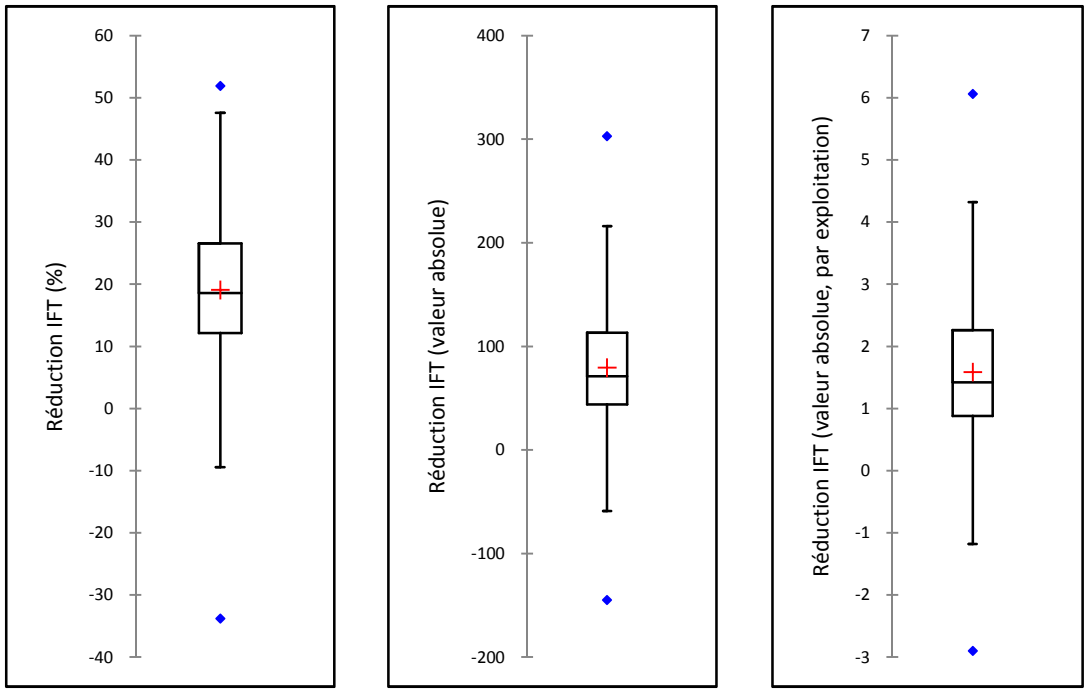


Figure 35 : Réduction d'IFT en % pour le marché (à gauche), en valeur absolue pour le marché (au centre), et en IFT moyen par exploitation (à droite) (Source : auteur)

La figure 35 montre qu'en moyenne, une réduction de 20 % des traitements phytosanitaires est envisageable sur 20 périodes, ce qui correspond à 1 à 2 traitements phytosanitaires par exploitation (1,59 en moyenne). Toutefois, il convient de noter que les pratiques sont très hétérogènes. En effet, on constate que pour certaines périodes, l'IFT final est en augmentation par rapport à celui du début (valeurs négatives). Cela semble tout à fait cohérent avec les observations de terrain qui ont pu être faites dans les programmes de recherche précédemment cités. La diversité des situations possibles, au

niveau climatique notamment, peut entraîner une grande variabilité des résultats selon les années (Léger *et al.*, 2010). Ces observations ne sont donc forcément dues au fait que les exploitations n'ont pas adopté l'« *IPM* » mais plutôt à la nécessité de réaliser plus de traitements phytosanitaires dans certaines configurations du modèle, notamment dans la mesure où les conditions de départ en termes d'IFT « Pesticides » sont différentes et propres à chaque exploitation. Cela peut être dû à plusieurs raisons : tout d'abord, des retours en arrière sont permis par le modèle en cas d'échec du nouveau processus. Cela est également cohérent avec les principes de l'« *IPM* », où il convient de réduire fortement l'utilisation des pesticides sans toutefois la limiter lorsque leur emploi est nécessaire. Il n'est donc pas étonnant de pouvoir trouver des années avec des utilisations réduites et des années où le bénéfice en termes d'économie de produits chimiques de synthèse est faible. Nous pouvons donc constater à partir de ces premiers chiffres que l'objectif fixé par le rapport Ecophyto 2018 n'est pas atteint. On touche là une des limites de la technologie nouvelle : le changement est incrémental et ne constitue pas une rupture, même s'il permet d'améliorer significativement le processus de protection phytosanitaire en termes d'utilisation d'intrants chimiques de synthèse. L'« *IPM* » modélisé ici sur l'exemple du POD Mildium peut ainsi contribuer de manière significative à une réduction de l'IFT global de la viticulture, notamment dans la mesure où des méthodes alternatives seraient aussi mises en œuvre concernant les insecticides (lutte biologique) et les herbicides (lutte mécanique).

Si l'on s'intéresse maintenant à la population d'adoptants dans cette configuration de marché, où 80% des exploitations viticoles sont suivies par un conseiller pour la mise en œuvre de l'« *IPM* », la majorité des exploitations (95,02 %) a adopté l'« *IPM* » à la dernière période (figure 36). La diminution d'IFT de seulement 20 % n'est donc pas due au manque d'exploitations viticoles l'adoptant, mais aux raisons évoquées dans le paragraphe précédent.

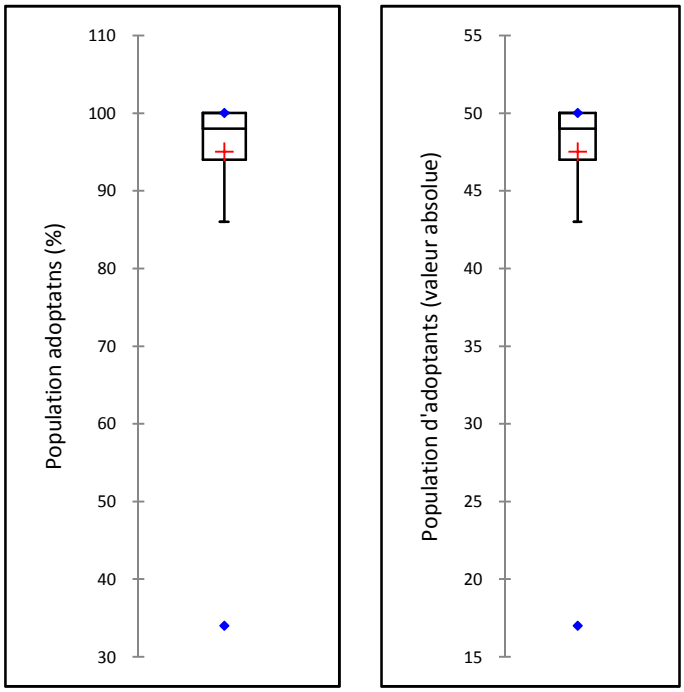


Figure 36 : Population d'adoptants à la dernière période en % et en valeur absolue (Source : auteur)

<u>Propriété n° 6</u> : l'adoption d'une seule innovation environnementale ne suffit pas à remplir les objectifs fixés par le Grenelle de l'environnement sans combinaison avec d'autres innovations se rapportant à d'autres maladies ou ravageurs.

2.2.4. Les déterminants de l'adoption de l'« *IPM* » dans le modèle PEST

Nous réalisons deux types d'arbres afin d'essayer de mettre en évidence les déterminants de la réduction des pesticides en viticulture. Tout d'abord, nous nous intéressons à l'importance des paramètres (les variables indépendantes) par rapport au nombre de périodes (*PeriodIPM*) pendant lesquelles une exploitation utilise l'« *IPM* » pour son processus de protection du vignoble. *PeriodIPM* est une variable dépendante quantitative : nous réalisons donc un arbre de régression avec l'algorithme C & RT. Nous nous dotons en premier lieu de la distribution de la variable *PeriodIPM*, autrement dit, nous récupérons les 10 000 observations de la variable retournées par les simulations ; cette variable correspond à la variable expliquée. Nous nous dotons en parallèle des distributions de chacun des paramètres du modèle pour ces 10 000 observations ; ce sont

les variables indépendantes ou explicatives. Nous cherchons alors à établir quels sont parmi ces paramètres (les variables explicatives) ceux qui expliquent le plus les valeurs prises par la variable expliquée. En plus de cela, nous souhaitons également les hiérarchiser. Ainsi, nous aurons déterminé et ordonné les principaux déterminants de la variable expliquée et leur contribution relative.

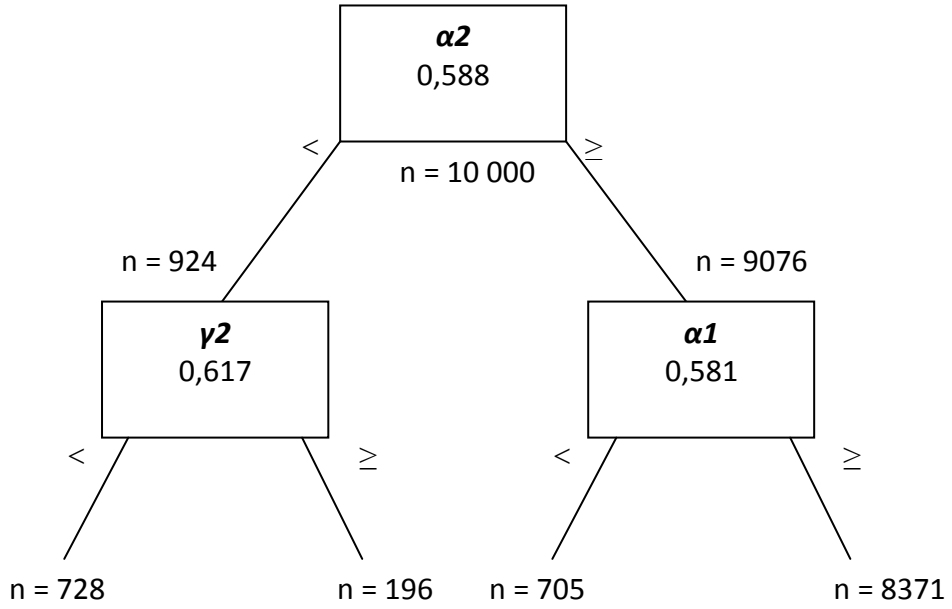


Figure 37 : Déterminants du nombre de périodes avec l'« IPM *» (*PeriodIPM*) (Source : auteur)*

Légende : n = nombre de simulations concernées

α1 = la sensibilité des exploitations au voisinage

α2 = la sensibilité des exploitations au conseil

γ2 = l'importance du coût dans l'apprentissage interne

La première régression fait apparaître que le paramètre *α2*, qui reflète la sensibilité des exploitations au conseil, maximise la variance interclasse de l'échantillon (figure 37). C'est donc le déterminant principal de notre variable expliquée *PeriodIPM*. Ensuite, la branche de gauche donne les cas pour lesquels la condition est vraie et celle de droite les cas pour lesquels la condition inverse est vraie. Donc, à gauche se situent toutes les observations pour lesquelles $\alpha 2 < 0{,}588$ et à droite celles pour lesquelles $\alpha 2 \geq 0{,}588$. Une seconde régression est alors réalisée sur les deux sous-échantillons obtenus. Pour le sous-échantillon tel que $\alpha 2 < 0{,}588$ (branche de gauche), la régression fait apparaître que le paramètre *γ2*, l'importance du coût dans l'apprentissage interne, maximise la variance interclasse du sous-groupe, tandis que pour le sous-échantillon tel que $\alpha 2 \geq 0{,}588$

(branche de droite), la variance interclasse est maximisée par le paramètre *α1*, la sensibilité de l'exploitation au voisinage. Nous pouvons alors interpréter ce résultat de la façon suivante : lorsqu'*α2* est inférieur à 0,588, le paramètre *γ2*, le coût, joue un rôle déterminant dans la valeur prise par le nombre de périodes où l'exploitation met en œuvre l'« *IPM* ». Dans le cas contraire, c'est le paramètre *α1*, la sensibilité au voisinage, qui est déterminant.

<u>Propriété n° 7</u> : la sensibilité de l'exploitant au conseil est le premier déterminant du nombre de périodes où une exploitation viticole adopte l'« *IPM* ».

Cela nous montre que les principaux déterminants du nombre de périodes où une exploitation adopte l'« *IPM* » sont liés en priorité à la sensibilité de l'exploitation au conseil (paramètre *α2* de l'équation 8). Dans le cas où une exploitation est peu sensible au conseil (branche de gauche), le deuxième déterminant est le coût de son processus de protection phytosanitaire, ce qui semble cohérent avec les résultats que nous avons montrés jusqu'ici. Plus la variation de coût est faible, plus les exploitations ont adopté l'« *IPM* ». Dans le cas des exploitations très sensibles au conseil (branche de droite), le deuxième déterminant de leur comportement est le paramètre *α1*, c'est-à-dire qu'elles sont sensibles au comportement de leurs voisins : plus les voisins sont compétents, plus les exploitations ont adopté l'« *IPM* » dans cette configuration. Nous avons donc d'une part des exploitations qui sont très réceptives à l'apprentissage externe et qui sont aussi celles qui adoptent le plus souvent l'« *IPM* », tandis que d'autres se focalisent plus sur l'apprentissage interne, le coût étant une variable déterminante de leur comportement. **La dynamique du modèle met donc en évidence le rôle clé de l'accompagnement des viticulteurs dans la réduction des pesticides dans le sens où il conditionne par son niveau de compétences la réussite ou l'échec de l'adoption de l'« *IPM* »**.

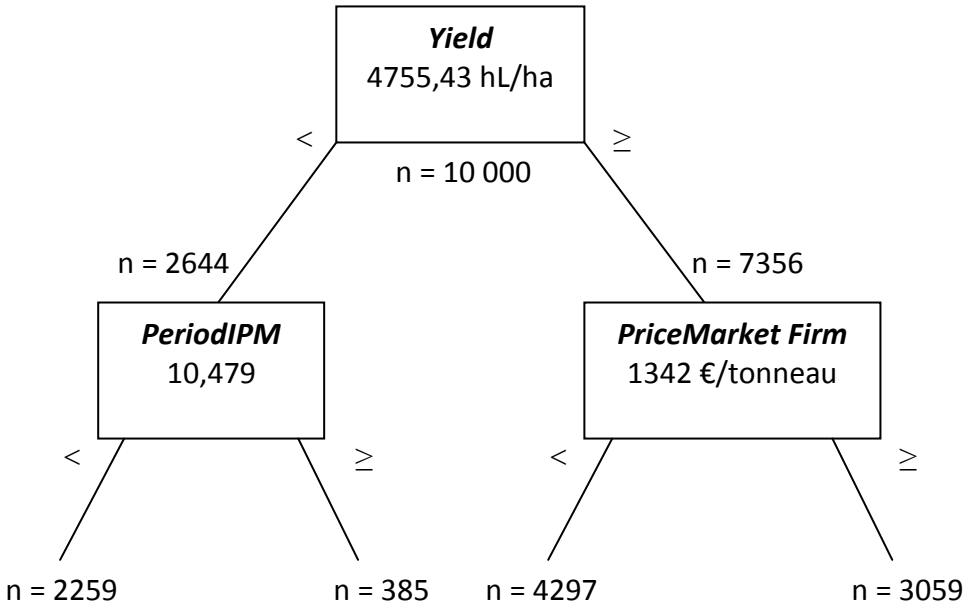


Figure 38 : Déterminants de la marge phytosanitaire des exploitations viticoles (Source : auteur)

Légende : n = nombre de simulations concernées

Selon le même principe de lecture que précédemment, nous analysons un arbre de régression réalisé pour la variable *MarginPhyto,* qui représente la performance économique des exploitations viticoles. L'arbre de régression établi nous permet de voir que les variables ayant le plus de poids dans la détermination des performances économiques sont en premier lieu le rendement, puis, si le rendement est élevé, le prix de marché (*PriceMarket Firm*) qu'est capable d'obtenir l'exploitation (figure 38). Dans le cas où le rendement est faible, c'est le nombre de périodes avec l'« *IPM* » (*PeriodIPM*) qui est déterminant pour la performance de l'exploitation. Cela tend à confirmer les résultats obtenus au chapitre 3 : l'importance de la conservation du rendement pour les viticulteurs ressort ici puisque c'est l'élément le plus important de la détermination de leur marge phytosanitaire. Leur capacité de négociation sur les marchés est aussi un élément important. On comprend alors que les viticulteurs expriment le fait qu'ils soient plus influencés (négativement) par le risque de pertes de rendement que par leur capacité à réduire leurs coûts grâce à une innovation environnementale à laquelle ils associent un risque. Il n'y a que dans le cas où le rendement descend en dessous du rendement d'appellation (branche de gauche) que le nombre de périodes avec l'« *IPM* » devient important, ce que nous mettons en relation avec les coûts plus faibles générés

par ce processus. Ceci est donc cohérent avec d'autres travaux (Aujas *et al.*, 2011) montrant que la priorité est très souvent donnée aux meilleurs rendements.

<u>Propriété n° 8</u> : le premier déterminant de la marge phytosanitaire est le rendement. Si l'IPM permet des économies, celles-ci ne sont pas les plus déterminantes dans la performance économique des viticulteurs.

En conclusion de ces résultats, les simulations ont montré que la diversité des processus d'apprentissage des firmes est source d'efficacité dynamique à moyen terme pour la réduction des pesticides. La coexistence des processus d'apprentissage interne et externe dans les exploitations se traduit, toujours à moyen terme, par une plus grande capacité des firmes à innover et exploiter les opportunités technologiques mises à disposition par la R & D issue de la recherche publique et des organismes de développement du secteur. De surcroît, les complémentarités entre les deux processus permettent d'améliorer la diffusion des connaissances technologiques, qui tend à réduire les asymétries technologiques entre les exploitations appartenant à un même groupe (même organisme de conseil ou voisinage). Dans cette mesure, nos résultats se situent bien dans la lignée des travaux de Cohen et Malerba (2001) et des résultats expérimentaux présentés au chapitre 3. La mise en perspective des résultats de nos enquêtes avec les propriétés mises en évidence grâce au modèle permet, dans la section suivante, de mettre en lumière les apports du travail, ainsi que ses limites, et de prolonger notre analyse afin de dégager l'importance des politiques publiques et des coopératives vitivinicoles comme acteurs structurants des territoires pour favoriser la réduction des pesticides en viticulture.

3. Une mise en perspective des résultats pour l'accompagnement des viticulteurs dans la réduction des pesticides

Dans cette section, l'objectif est de resituer tout d'abord les apports de la thèse, que ce soit en termes conceptuels par rapport à notre manière d'appréhender la question, ou en termes de résultats au travers de l'enquête et du modèle (3.1.). Nous développons ensuite notre analyse pour aller plus loin et apporter des premiers éléments en termes de préconisations pour la réduction des pesticides en viticulture. Nous montrons tout d'abord l'importance de la mise en adéquation des pratiques phytosanitaires avec les politiques publiques en construction (3.2.). D'un côté, il s'agit d'encourager la recherche à se situer à un niveau supérieur de recomposition des itinéraires de protection du vignoble pour étudier les pesticides en général plutôt que de se limiter aux fongicides, dans l'objectif d'atteindre les - 50 % d'ici à 2018 ; de l'autre, il s'agit de montrer les orientations nécessaires en termes de politiques publiques pour accompagner ce changement dans les exploitations. Enfin, nous concluons la section sur la place des organismes de conseil situés sur les territoires viticoles pour l'articulation, la coordination et l'accompagnement des viticulteurs dans la réduction des pesticides, en mettant en lumière les coopératives comme acteur pouvant se positionner en *leader* sur ces questions (3.3.).

3.1. Une approche originale de l'innovation en agriculture

L'originalité de notre travail réside tout d'abord dans notre manière d'appréhender le processus d'innovation dans les exploitations en proposant une approche évolutionniste de la réduction des pesticides en viticulture (3.1.1.), et ce, notamment à l'aide d'un modèle évolutionniste contextualisé et paramétré empiriquement, ce qui est relativement rare par ailleurs. C'est grâce à la grille de lecture que nous avons ainsi construite, que nous obtenons ensuite des résultats concernant les performances économiques et environnementales des firmes, mais également concernant les déterminants de l'apprentissage des viticulteurs. Toutefois, nous mettons en lumière des limites constituant un front de recherche qui méritera d'être approfondi par la suite (3.1.2.).

3.1.1. Une approche de l'innovation basée sur les processus d'apprentissage des viticulteurs

Au niveau conceptuel, l'apport majeur de notre travail se situe au niveau de la grille de lecture évolutionniste que nous construisons pour analyser la réduction des fongicides en viticulture, dans la lignée des travaux de Possas *et al.* (1996) et de Cowan et Gunby (1996). Nous nous positionnons ainsi dans un champ théorique qui nous permet d'appréhender les nouvelles pratiques en tant qu'innovations environnementales. Trois innovations de processus répondent aux enjeux et aux contraintes actuelles. Après les avoir caractérisées, nous retenons l'*IPM* en accord avec les principes énoncés par les pouvoirs publics lors du Grenelle de l'environnement et des rapports Ecophyto 2018 (Paillotin, 2008) et Ecophyto R & D (Butault *et al.*, 2010a). Puis l'analyse des déterminants du processus d'innovation dans les exploitations viticoles : réglementation, demande et opportunités technologiques, nous permet de compléter l'approche de Pavitt (1984). Nous montrons ainsi que, bien que les innovations en agriculture soient effectivement conçues à partir de connaissances et de principes provenant de l'extérieur de l'exploitation (notamment la R & D publique), il est nécessaire de s'intéresser au processus d'innovation en tant que tel dans les exploitations plutôt que de se limiter aux firmes amont pour comprendre les mécanismes liés au changement de pratiques et à la réduction des pesticides en viticulture. La capacité des exploitations à explorer et s'approprier les opportunités technologiques repose en effet sur leurs processus d'apprentissage.

Cette appréhension du processus d'innovation dans les exploitations nous a permis d'aboutir à un certain nombre de résultats, basés sur deux enquêtes (viticulteurs puis acteurs du secteur viticole) et sur la mise en œuvre de simulations évolutionnistes :

- la validation économique, compte tenu de leurs caractéristiques, de nouveaux processus de protection du vignoble contre les maladies fongiques qui proposent de nouvelles manières de raisonner les traitements phytosanitaires. L'absence d'alternative technologique aux pesticides amène les viticulteurs à recomposer leurs itinéraires de protection des vignobles. Nous avons montré d'une part qu'il n'y a pas de surcoût lié à l'adoption de telles pratiques et que, d'autre part, des économies potentielles sont mises en évidence concernant le coût de la protection phytosanitaire. Cela va dans le sens de l'importance du coût en tant qu'indicateur de

gestion en viticulture puisque les rendements sont limités, et devrait renforcer la capacité des viticulteurs à maîtriser leurs coûts de production ;

- la validation de l'efficacité technique et environnementale de ces processus, bien que ne permettant pas d'atteindre à eux seuls les objectifs de 50 % de réduction des pesticides utilisés en viticulture fixés par le Grenelle de l'environnement (20 % dans le modèle bien que la grande majorité des exploitations adoptent de nouvelles pratiques) ;
- la prégnance des questions d'apprentissage des viticulteurs pour acquérir les connaissances et compétences qui leur manquent afin de maîtriser ces nouveaux processus de protection des vignobles ;
- l'importance de l'accompagnement des exploitations, notamment par des organismes de conseil, et dans une moindre mesure, l'influence des voisins, pour impulser le changement dans les exploitations.

Ces résultats ont vocation à nous permettre d'aboutir notre analyse en termes de retour sur notre cadre théorique afin d'apporter des préconisations pour la réduction des pesticides en viticulture.

3.1.2. Des approfondissements nécessaires pour la conceptualisation du processus d'apprentissage des viticulteurs

Nous avons proposé une conceptualisation simple du processus d'apprentissage des viticulteurs qui nous a permis de montrer l'importance du conseil et de l'accompagnement des exploitations par des acteurs extérieurs à l'exploitation. Ces derniers sont envisagés comme support à la mise en œuvre de leur processus de *search* pour explorer l'environnement technologique et s'approprier les opportunités technologiques développées en amont. Dans ce cadre, un élément semble devoir être intégré de manière plus complexe à notre analyse dans la lignée des travaux évolutionnistes sur le sujet : la capacité d'absorption des firmes (Cohen et Levinthal, 1989). En effet, notamment dans le modèle de Llerena et Oltra (2002b), elle intervient de manière formalisée : les auteurs considèrent que la capacité d'absorption des firmes est une fonction de leur niveau de recherche. Ainsi, les entreprises investissent en R & D dans le but d'accroître leur capacité d'absorption, afin d'exploiter plus efficacement les connaissances technologiques provenant de la recherche publique et des *spillovers* intra-industrie. L'importance de la capacité d'absorption est liée au fait que les

firmes ne peuvent absorber et exploiter 100 % des connaissances qui arrivent de l'extérieur, essentiellement en raison des difficultés d'absorption de connaissances technologiques partiellement tacites.

Dans la mesure où il n'y a pas de R & D au sein même des exploitations, nous n'avons intégré cette composante de l'apprentissage dans notre modèle qu'à travers le paramètre *k*, constant dans le temps. Toutefois, il semblerait intéressant d'approfondir cette notion : en effet, même si la technique de modélisation basée sur la R & D n'est pas adaptée aux spécificités de l'exploitation viticole, il est clair que la capacité d'absorption de celles-ci est à discuter, même si elle n'est pas formalisée comme dans les firmes d'autres secteurs. C'est notamment un des éléments qui peuvent constituer un point de blocage du processus d'apprentissage. Plus cette capacité d'absorption est limitée, plus l'adoption de pratiques phytosanitaires économes en pesticides sera difficile et longue à établir dans le temps. Se posent alors d'autres questions, comme celle du niveau de cette capacité d'absorption dans les exploitations viticoles, de sa mesure et de son amélioration si celle-ci s'avérait très limitée. Au-delà des techniques de modélisation à mettre au point pour rendre compte de la capacité d'absorption, cela nous renvoie aux possibilités d'intervenir pour améliorer les éléments d'apprentissage dans les exploitations, qu'il s'agisse de la capacité d'absorption, ou des processus d'apprentissage dans les exploitations agricoles en général.

3.2. De la nécessité de trouver une adéquation entre pratiques phytosanitaires et politiques publiques

La réglementation est souvent un élément déterminant des processus d'innovation environnementale, comme nous avons pu le voir dans le chapitre 2. A ce sujet, il est nécessaire de s'intéresser simultanément à deux aspects des politiques publiques. Les résultats du modèle nous permettent tout d'abord de montrer que, si l'*IPM* permet de réduire significativement les fongicides utilisés, une seule innovation ne suffit pas pour remplir les objectifs fixés en matière de réduction des pesticides. Il s'agit alors de s'interroger sur le passage de la question particulière des fongicides à celle des pesticides en général et d'analyser comment il est possible de réaliser les objectifs dans les années à venir (3.2.1.). Ensuite, nous pensons que, s'appuyant sur les résultats du modèle, nous pouvons présenter des perspectives concernant la nécessité de développer des politiques

de développement agricole axées sur l'accompagnement des exploitations pour la réduction des pesticides (3.2.2.).

3.2.1. Le besoin de combiner les innovations environnementales pour satisfaire les objectifs fixés par les politiques publiques

Dans nos enquêtes de terrain et le modèle, nous nous sommes focalisés sur les fongicides compte-tenu de l'importance de leur utilisation en viticulture. De fait, les travaux en économie agricole menés agricoles sont souvent basés sur l'étude d'une innovation particulière. Nos résultats montrent que les exploitations adoptent l'*IPM*, mais que la réduction d'IFT n'est pas aussi importante qu'attendu (20 % seulement) y compris en présence d'accompagnement par des organismes extérieurs. Une première réaction pourrait être de remettre en cause d'une part, l'objectif fixé en termes d'IFT, et d'autre part, le pas de temps donné pour le faire. Toutefois, une deuxième voie est envisageable : l'activation des politiques publiques pour arriver à atteindre ces objectifs. Cela tend donc, non pas à invalider l'innovation, mais à envisager deux possibilités non exclusives l'une de l'autre :

- l'encouragement par les politiques publiques des efforts de recherche et l'orientation des programmes financés de manière publique en termes d'innovation pour remplacer les fongicides et améliorer la réduction d'IFT que nous obtenons. Les différents rapports publiés récemment vont dans ce sens et encouragent la recherche à développer de nouvelles innovations (de produit, par exemple), mais aussi à mieux connaître celles qui existent déjà même si elles sont peu répandues (comme l'*IPM*) (Paillotin, 2008) ;
- la combinaison de plusieurs innovations pour atteindre l'objectif de - 50 % d'utilisation de pesticides en viticulture d'ici à 2018. En effet, d'autres innovations sont disponibles pour remplacer les autres produits de protection des cultures (herbicides, insecticides), le plus souvent sous la forme d'innovations de produit (auxiliaires de culture, par exemple). Elles sont d'ailleurs plus largement diffusées que les innovations incrémentales de processus auxquelles nous nous sommes intéressés. On peut également envisager de combiner des innovations dans d'autres domaines des itinéraires techniques viticoles (variétés, contrôle de la vigueur ou autres méthodes culturales) qui peuvent avoir un effet sur la gestion de la protection des vignobles. Cela tend à militer pour la reconception des systèmes de protection des

cultures dans leur ensemble (en comprenant tous les ravageurs, toutes les maladies et le désherbage), voire des systèmes de production. Il apparaît alors nécessaire de se pencher sur l'ensemble des problèmes qui se posent aux viticulteurs en termes de protection phytosanitaire et de les combiner dans des systèmes de cultures innovants pour établir des stratégies de traitement phytosanitaire.

Dans les deux cas, les enjeux sont forts pour la recherche. Notre approche permet de répondre à cet enjeu pour étudier d'une part, les innovations produits qui pourraient provenir des firmes amont dans les années à venir sur le long terme (ce qui milite pour analyser également sur le processus d'innovation de ces firmes) ; et d'autre part, pour intégrer à notre modèle les aspects de complexité nécessités par l'analyse de la recomposition des itinéraires de protection des vignobles. Sur ce point, nous pouvons proposer de complexifier le modèle en permettant aux exploitations de combiner diverses pratiques pour concevoir un itinéraire de protection des plantes cohérent ; cela renvoie notamment à l'intégration de problèmes d'organisation du travail (toutes choses n'étant plus égales par ailleurs), d'intensité des processus d'apprentissage et de combinaisons des performances économique, agronomique et environnementale des différentes innovations.

Par exemple, en termes de technique de modélisation, à ce jour, les variables et paramètres du modèle PEST en lien avec l'agronomie et la santé des plantes sont paramétrés sur des données réelles, mais interviennent de manière aléatoire dans le modèle. Compte tenu des connaissances et des travaux de modélisation agronomique développés dans les programmes de recherche ADD Vin et environnement puis A2PV SyDéRéT, nous pensons toutefois envisageable de développer un module agronomique pour générer les variables agronomiques et environnementales du modèle PEST avec les techniques évolutionnistes. Sur ce plan, on bute cependant sur de réelles difficultés : d'une part, un manque de connaissances sur la dynamique des épidémies ; d'autre part, la nécessité d'intégrer des connaissances relevant de champs disciplinaires variés (dynamique des maladies, conduite agronomique de la vigne, évaluation des dommages en quantité et en qualité du raisin et du vin, *etc.*). En outre, il faut pouvoir relier les dimensions techniques et économiques, dans la mesure où l'adoption de nouvelles stratégies de traitement peut modifier les équilibres coûts/gains/risques au sein de l'exploitation.

Malgré ces difficultés, avancer dans le sens d'une modélisation articulant variables biotechniques et variables économiques nous paraît important ; premièrement, afin de

mieux identifier quelles sont précisément les connaissances limitantes, deuxièmement, pour préparer les cadres nécessaires à l'intégration des différents domaines de connaissances à mobiliser, et enfin pour faire des premières évaluations permettant de situer, même de façon grossière, les ordres de grandeur des mécanismes en jeu. La complexité du sujet et l'état des connaissances disponibles à ce jour ont conduit les équipes impliquées dans les projets à privilégier, à ce stade, une modélisation qui se situe au niveau de la parcelle, mais qui tente de mettre en relation, de façon formalisée, des dimensions agronomiques, phytopathologiques et économiques (annexe IV-A). Nous pensons que ce modèle pourrait être utilisé pour construire un module de notre propre modèle. Les principales difficultés pour cela sont de plusieurs ordres :

- le cycle de développement des maladies implique la réalisation d'une période par jour. À chaque période, la croissance de la vigne et l'épidémiologie évoluent, notamment en fonction de la météorologie. Cela crée donc un décalage avec la période qui correspond à la prise de décision des exploitations viticoles (pas de temps de la campagne) ;
- le modèle est à ce jour déterministe. Il a en effet été construit sur les bases d'années climatiques et parasitaires réelles et ne fonctionne que pour celles-ci. Il ne gère pas à ce jour des combinaisons climat/situation parasitaire n'ayant pas existé auparavant.

Toutefois, nous pensons envisageable que des simulations soient conduites, après un travail de modélisation évolutionniste de la croissance de la plante et des pathogènes, pour chaque stratégie de traitement dans sa complexité, sur un ensemble de scénarios climatiques.

3.2.2. Le besoin du renforcement des politiques publiques de développement agricole

Depuis la Deuxième Guerre mondiale, le développement agricole a tour à tour été considéré comme une condition nécessaire, suffisante, ou comme une contrainte au développement économique. Cela s'est traduit par l'intégration progressive de l'agriculture dans les programmes de reconstruction des économies française et européenne et a conduit à la mise en place de politiques à destination du développement de ce secteur dans les années 1960 (Politique des structures françaises (1960-1962), Politique agricole commune en Europe (1962)). Depuis, le modèle de développement agricole européen, conçu à la fin de la Deuxième Guerre mondiale et dans lequel s'est inscrit le modèle français avec ses spécificités, est souvent caractérisé par le mot « productiviste ». Le dispositif de conseil tel qu'il existe aujourd'hui a été mis en place

pour accompagner la modernisation et l'expansion de l'agriculture française dans les années 1960. C'est ce que l'on appelle le développement agricole qui considère d'une part, que la recherche et la formation sont du ressort de l'Etat, et d'autre part, que le conseil, le développement et la formation continue sont du ressort de la profession agricole (Vedel, 2006). Celle-ci a donc eu un rôle essentiel pour mutualiser les connaissances et l'organisation des compétences nécessaires à l'époque. Mais la mal ou sous-nutrition, les crises alimentaires dans les économies plus développées, la montée des problèmes environnementaux liés à la production agricole et à sa concentration, les problèmes sociaux (inhérents à une agriculture faiblement rémunératrice) et territoriaux (liés à une agriculture peu dynamisante), constituent aujourd'hui un socle pour accuser et condamner les modèles de développement mis en place et confortés par des politiques de soutien public (Corade *et al.*, 2005). Les thèses économiques en faveur de la libéralisation du secteur agricole ont ainsi trouvé des arguments pour prôner leur substitution aux thèses interventionnistes des années 1960.

Si effectivement le modèle de développement agricole tel qu'il a été mis en place après la Seconde Guerre mondiale a connu des dérives, nous questionnons le fait que cela conduise à défendre l'arrêt du soutien au développement du secteur agricole. Par définition, un des objectifs des politiques publiques est de favoriser et de stimuler les processus de création de connaissances et d'innovation, d'autant plus qu'ici les innovations environnementales attendues ne semblent pas être accompagnées par le marché. Nous avons montré dans le chapitre 1 qu'une dynamique avait commencé en termes de politiques publiques, avec comme signe fort l'objectif de réduire de 50 % l'utilisation de pesticides d'ici à 2018 (Paillotin, 2008). Toutefois, les politiques en construction ne sont pas ou peu axées sur l'accompagnement des viticulteurs, alors que nous soulignons que, s'il existe des économies potentielles à réaliser, le réel levier réside dans le conseil et l'accompagnement des exploitations pour la maîtrise des nouveaux processus de protection phytosanitaire. Ainsi, favoriser cette dimension dans ce secteur peut contribuer au développement de processus d'apprentissage et d'innovation.
Or, la dynamique actuelle de réduction des intrants ne s'est pour le moment pas traduite par des mesures radicales entraînant des changements significatifs, bien que les mentalités progressent. Sinon, de telles démarches seront mises en place seulement par des viticulteurs volontaires ; mais sans accompagnement de la transition de manière forte par les pouvoirs publics (plus qu'elle ne l'est aujourd'hui), ces initiatives peineront à aboutir à un changement aussi significatif qu'ambitionné en si peu de temps. Dans la

mesure où il ne s'agit pas d'une technologie de remplacement alternative qui puisse s'appliquer à la manière d'une recette simple (comme l'étaient les pesticides jusqu'à présent), mais bien de maîtrise de processus spécifiques à chaque exploitation, il est même possible de penser que la complexité de la transition sera longue et difficile, alors que dans les années 1950, la rapidité d'adoption des nouvelles technologies, proposées majoritairement par l'amont de la filière, a rarement été observée par ailleurs (Régnault-Roger, 2005). En suivant Lucas et Meynard (2000) dans un rapport de l'INRA, les services dont ont besoin les viticulteurs ne se situent pas seulement dans le domaine de la tactique, mais dans des réflexions plus stratégiques et sur des échelles plus grandes dans le temps et dans l'espace.

Le système du conseil a connu de profonds changements dans les années 1990 (Laurent *et al.*, 2006). Une tendance à la privatisation des services de conseil a abouti au fait qu'en 2004, presque la moitié des agents du conseil technique et économique aux agriculteurs était financée sur prestations payantes ou intégrées au produit (Vedel, 2006). Cela entraîne que, malgré un contexte économique, une volonté politique et une réglementation favorables à la réduction des pesticides, le conseil agricole est encore orienté en grande partie vers le raisonnement et la justification de l'application des produits phytosanitaires (Aujas *et al.*, 2011) et peu vers des méthodes novatrices ou ressenties comme risquées. Par exemple, les chambres d'agriculture n'ont aujourd'hui pas la capacité (en termes de moyens humains) nécessaire pour assurer le conseil aux exploitations des territoires qu'elles doivent couvrir, bien qu'elles en aient largement les compétences grâce à leur expérience de développement de nouvelles méthodes et grâce à leur implication aux côtés des acteurs de la recherche comme l'INRA. Ces organismes ont, depuis les années 1980, accru leurs services individuels et réduit leur offre purement technique pour s'ouvrir à des domaines comme la gestion de l'environnement (Mundler *et al.*, 2006). Mais les moyens humains actuels qui leur sont alloués font qu'elles ne peuvent pas aider et accompagner la mise en œuvre de méthodes comme le POD Mildium dans un nombre important d'exploitations. Les dispositifs de conseil sont seulement en train de s'organiser en termes de réaction par rapport à la montée en puissance du concept de développement durable (Vedel , 2006). Ils doivent maintenant moins reposer sur des références standardisées que sur des modes plus interactifs de travail avec les agriculteurs, en utilisant leurs ressources cognitives pour concevoir les problèmes spécifiques à leurs exploitations et les aider à formuler eux-mêmes les solutions (Cerf et Maxime, 2006).

L'agriculture et la production agricole entrent donc à nouveau dans une phase de mutation profonde qui nécessite une adaptation voire une recomposition de cet ensemble que constitue le dispositif de développement et de conseil. Mais il n'y a pas de réel débat ni de diagnostic sur le développement agricole et son avenir. Il convient donc notamment de s'intéresser au pilotage de l'ensemble des acteurs impliqués dans le conseil et à leur complémentarité. Cela nous amène à considérer le besoin de mesures qui poussent au développement des compétences des conseillers et d'autres qui tirent le changement (comme des incitations économiques et la sensibilisation des agriculteurs) (Ingram et Morris, 2007 ; Botha *et al.*, 2008 ; Klerkx et Jansen, 2010). Reste enfin en suspens la question de l'arbitrage conseil public/conseil privé, voire conseil diversifié, pour articuler au mieux l'accompagnement des producteurs dans l'atteinte des objectifs que le gouvernement a fixés.

S'il est besoin de fortes politiques publiques pour conforter la recherche sur la thématique des innovations environnementales et orienter le développement agricole de manière appuyée vers l'accompagnement des viticulteurs, l'importance de l'apprentissage externe des exploitations mise en évidence dans les résultats du modèle nous conduit à questionner les acteurs présents dans les territoires viticoles et susceptibles d'apporter un soutien efficace aux viticulteurs pour favoriser l'adoption d'innovations environnementales.

3.3. Les organismes de conseil des territoires viticoles à l'articulation de la réduction des pesticides en viticulture

Au-delà du besoin de réorganisation de l'accompagnement des viticulteurs dans la réduction des pesticides montrée aux chapitres 3 et 4, et compte tenu des caractéristiques de l'*IPM*, nous mobilisons de nouveau les notions de proximité pour mettre en lumière les acteurs avec lesquels les viticulteurs doivent particulièrement interagir dans leurs processus d'apprentissage. Nous analysons tout d'abord les organismes et entreprises du secteur localisés dans les territoires viticoles combinant proximités géographique et organisée des viticulteurs, et pouvant être à l'origine d'externalités positives pour la réduction des pesticides en viticulture (3.3.1.). Dans cette perspective et dans le contexte actuel du secteur, parmi les organismes impliqués dans

l'accompagnement des viticulteurs, les coopératives vitivinicoles occupent une place privilégiée, à l'articulation des adhérents et des clients/circuits de distribution, pour accompagner les viticulteurs. Nous les analysons donc comme un cadre organisé et local susceptible de résoudre les conflits liés à l'emploi des pesticides en viticulture (3.3.2.).

3.3.1. De l'implication d'organismes créateurs de proximités pour la réduction des pesticides en viticulture

L'intégration de la dimension environnementale dans l'activité viticole et la mise en œuvre de systèmes de production de raisin innovants respectueux de l'environnement dans les exploitations exige la maîtrise de connaissances et compétences nouvelles et parfois complexes. Les propriétés que doivent posséder les organismes pour accompagner les viticulteurs dans l'acquisition de ces connaissances pour la réduction des pesticides ressortent des résultats du modèle : d'une part une implication au niveau de l'apprentissage des viticulteurs avec une bonne connaissance du territoire sur lequel se trouvent les exploitations, ainsi que des innovations environnementales concernées ; et d'autre part, le maintien de la performance économique des exploitations viticoles. Nous analysons donc les organismes de conseil comme des structures pouvant apporter les compétences nécessaires aux viticulteurs sur leur territoire, à un coût non prohibitif qui ne grève pas la performance économique des exploitations viticoles.

Nous remobilisons les concepts de proximité présentés au chapitre 2 pour montrer l'importance des organismes de conseil territorialisés qui rassemblent les viticulteurs autour de problématiques communes. Nous identifions ainsi les chambres d'agriculture (acteurs pivots sur le territoire), les groupes locaux de développement, les groupes d'études de développement agricole (GEDA), les centres d'initiative pour valoriser l'agriculture et le milieu rural (CIVAM), les coopératives d'utilisation du matériel agricole (CUMA), les coopératives d'approvisionnement et/ou de transformation, les instituts et centres techniques et les associations diverses (Colson, 2006). Ces organismes sont confrontés eux-mêmes aux enjeux environnementaux actuels à cause de leur propre lien au territoire. Nous analysons ici le territoire viticole comme un cadre combinant à la fois proximité géographique et proximité organisée qui offre des conditions favorables à la mise en œuvre de pratiques environnementales en associant mutualisation des coûts et gestion des compétences techniques.

Tout d'abord, la proximité géographique de ces organismes avec les producteurs est ici intéressante à cause des externalités de connaissances et pécuniaires qu'elle peut fournir. Ces organismes sont souvent situés à l'interface entre la recherche publique et les exploitations (ils sont, par exemple, parties prenantes des programmes ADD Vin et environnement et A2PV SyDéRéT). Ils sont donc dans une position privilégiée pour acquérir eux-mêmes les connaissances et compétences sur les innovations environnementales nécessaires à la réalisation de leur cœur de métier, et qui viennent en complément de leur connaissance fine des caractéristiques épidémiologiques du territoire. Il est compliqué de mesurer à ce jour le coût de leur offre de service puisque cette forme d'accompagnement n'existe pas aujourd'hui dans les exploitations [123], sauf à titre expérimental. Le coût du conseil est toutefois à discuter selon les organismes considérés qui présentent d'ores et déjà des disparités dans leur tarification des prestations existantes.

Ensuite, la proximité organisée est plutôt envisagée dans un rôle d'activateur de la précédente grâce aux interactions et similitudes entre membres d'une même organisation. Le partage de valeurs et de représentations communes sur l'environnement ou d'autres thématiques (dans les CUMA [124] par exemple) peut également permettre d'initier une action collective coordonnée autour de la question de la réduction des pesticides.

Les acteurs localisés sur une même aire géographique sont tous concernés par le même problème : celui de la pollution par les pesticides. Le fait d'appartenir au même territoire et d'être en lien avec un même organisme permet d'activer les logiques de similitude et d'appartenance. Cela offre un cadre aux viticulteurs pour construire une perception commune du problème, là où normalement les acteurs ont habituellement du mal à se coordonner à cause de perceptions différentes et individuelles des problèmes posés (Granjou et Garin, 2006). Les viticulteurs, en concurrence sur le marché, hésitent à se lancer seuls dans la mise en œuvre d'innovations environnementales ; un organisme territorial qui les rassemble offre un cadre pour l'émergence d'un objectif commun, le problème environnemental étant partagé par tous les viticulteurs. Les échanges de technologies environnementales qui peuvent alors se faire dans un réseau localisé, dépendent aussi bien des relations passées (qui viennent imprimer à la fois une forme

[123] Le conseil est aujourd'hui le plus souvent « descendant » et peu adapté à la promotion et au soutien d'actions collectives portées et prises en charge par les agriculteurs eux-mêmes (Colson, 2006).

[124] CUMA : Coopératives d'utilisation du matériel agricole.

aux interactions et l'acceptation d'un certain nombre de règles) que de la volonté de se projeter ensemble dans l'avenir et de se concevoir un futur commun au sein du groupe et sur le territoire identifié (Gilly et Torre, 2000). Dès lors, il s'agit en conséquence de mener une action collective avec un ensemble de règles et conventions qui coordonnent les acteurs leur fournissant un contexte d'action cohérent et commun pour qu'ils soient en mesure de développer des innovations en relation avec le marché et la demande des pouvoirs publics (Storper, 2000). Le processus d'apprentissage que doivent mettre en œuvre les viticulteurs en tant qu'acteurs individuels est alors dynamisé par le cadre collectif offert par le territoire.

La question est ensuite posée de savoir quels sont, parmi la diversité des organismes pratiquant le conseil (chambres d'agriculture, instituts techniques, coopératives, cabinets privés, associations de producteurs, par exemple), ceux qui sont pertinents pour intervenir dans les processus d'apprentissage des viticulteurs pour la réduction des pesticides. Cela renvoie au débat sur le conseil et notamment sur l'arbitrage conseil individuel/conseil collectif. Est-il impossible d'élaborer un conseil qui touche tous les agriculteurs individuellement sur un territoire ? Le conseil collectif apparaît dans certains travaux comme un moyen efficace de porter la parole au plus grand nombre (Compagnone *et al.*, 2009). Il existe effectivement des cadres de participation qui considèrent les viticulteurs comme des producteurs de connaissances et qui se sont attachés à instaurer les agriculteurs et leurs interactions entre eux comme fondamentaux dans leur fonctionnement pour faire émerger des solutions adaptées localement (les CETA [125], par exemple). Si tous sont susceptibles d'être compétents en la matière, deux éléments importants entrent en ligne de compte : la mutualisation des coûts et la disponibilité des moyens humains nécessaires. Situées à l'articulation de la filière vitivinicole et des territoires, les coopératives sont, à ce titre, à même de jouer un rôle moteur dans l'adoption d'innovations environnementales.

3.3.2. Les coopératives vitivinicoles actrices de l'amélioration des pratiques en viticulture

Les coopératives, dotées de formes organisationnelles hétérogènes, sont des sociétés en contrôle mutualiste, *i.e.* elles sont la propriété de leurs adhérents qui sont également apporteurs et clients [126]. Par rapport aux entreprises de droit commercial, elles ont

[125] CETA : Centre d'études techniques agricoles.

[126] Extrait de l'article L.521-1 du code rural. Ce dernier prévoit des renvois au code du commerce.

comme spécificité de devoir articuler des contraintes liées à une inscription géographique obligatoire (périmètre d'action) tout en assurant une valorisation économique de la production de leurs adhérents (Draperi et Touzard, 2003 ; Filippi, 2004). Une cave coopérative est une société coopérative agricole (SCA), société de personnes obligatoirement à capital variable distincte des sociétés civiles et commerciales, et dont l'objet est l'utilisation en commun par les agriculteurs de tous les moyens propres à faciliter leur activité économique. Leur originalité est revendiquée à travers les principes coopératifs qui les régissent (ACI, 1995), comme l'exclusivisme, la libre adhésion, l'acapitalisme, le principe d'un homme = une voix, la double qualité d'associé et de coopérateur. La coopérative regroupe des adhérents situés sur le même territoire et proches géographiquement, particulièrement en viticulture où les coopératives couvrent des territoires de dimension restreinte par rapport aux entreprises coopératives d'autres secteurs d'activités. Nous nous concentrons ici sur les coopératives vitivinicoles, distinctes des coopératives d'approvisionnement en viticulture, mais qui participent à la gestion de la protection des vignobles par l'édition d'un bulletin phytosanitaire et la surveillance de parcelles de référence.

Les coopératives peuvent favoriser la prise en charge par les viticulteurs de la problématique de la réduction des quantités de pesticides utilisées en viticulture. Le conseil fait partie intégrante des services qu'une coopérative se doit d'offrir à ses adhérents (Colson, 2006 ; Vedel, 2006). D'une part, en tant que prescripteurs subissant la demande sociétale, les coopératives sont à même d'inciter, d'encourager, voire d'obliger à, la mise en œuvre de pratiques de protection du vignoble plus respectueuses de l'environnement. D'autre part, leur dimension collective et organisée leur confère un grand potentiel pour la mise en place d'un appui à l'application de telles pratiques pour les viticulteurs. Elles peuvent donc non seulement fixer des objectifs de production à leurs adhérents comme elles le font pour d'autres critères techniques, mais elles peuvent aussi organiser leur accompagnement pour favoriser la mise en œuvre de telles pratiques de production.

Une des compétences majeures dans la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires est la capacité à réaliser des observations fines des maladies à l'échelle de la parcelle (Léger *et al.*, 2007). Le raisonnement de chaque traitement phytosanitaire à différents stades clés est également un point critique du changement de pratiques. Les coopératives disposent de moyens humains importants et d'un certain nombre de compétences nécessaires à l'amélioration des pratiques de protection phytosanitaire du

vignoble : les techniciens des caves coopératives connaissent bien le territoire de leurs coopératives. Ils assurent de manière effective une coordination technique, notamment autour des questions phytosanitaires, en relation directe de face à face avec les viticulteurs. Ils sont en capacité de constituer des îlots de parcelles pertinents et représentatifs à un niveau supra-exploitation, ce qui donne la possibilité d'envisager une minimisation des observations nécessaires, celles-ci demandant beaucoup de temps si elles sont réalisées dans chaque exploitation. Ces techniciens sont également compétents pour réaliser les observations eux-mêmes, puisqu'ils en réalisent déjà quelques-unes, dans le cadre de la rédaction du bulletin phytosanitaire de la coopérative, par exemple ; la réalisation de ces bulletins leur confère également une expertise quant à la prise de décision de mise en œuvre des traitements. On peut donc penser qu'ils disposent d'une certaine capacité d'appropriation de la règle de décision. Nous avons d'ailleurs pu observer au cours du programme de recherche ADD Vin et environnement un fort intérêt des techniciens des caves coopératives pour les innovations environnementales de protection du vignoble comme procédé de protection pouvant entrer dans les services rendus aux viticulteurs.

En impliquant les coopératives vitivinicoles, il ne s'agit pas de déléguer la protection du vignoble, étape critique du processus de production que les viticulteurs souhaitent contrôler, aux techniciens de la coopérative, mais bien de mutualiser les contraintes liées à la mise en œuvre d'un nouveau processus de protection du vignoble. Grâce aux logiques de similitude et d'appartenance des coopératives, la proximité organisée permet d'activer les externalités positives de la proximité géographique subie. L'innovation est elle-même stimulée par la coopération existante entre firmes dans la mesure où la qualité de l'information circulante est bonne et que les relations sont déjà établies selon les processus soulignés par Kline et Rosenberg (1986). Il est ainsi envisageable de lever les freins en confiant une partie du pilotage d'un système de protection innovant à un acteur de la filière avec lequel les relations de coordination existent déjà, en l'occurrence la coopérative : les interactions entre les viticulteurs et la coopérative en tant que structure, et entre les adhérents entre eux peuvent servir de support à la mise en œuvre d'une innovation environnementale. Les viticulteurs sont alors engagés dans un processus d'apprentissage collectif et cumulatif dans lequel ils pourront tirer profit de leurs expériences passées, mais également de celle des techniciens de la coopérative et des autres adhérents pour construire les connaissances nécessaires. La coopérative étant composé des viticulteurs eux-mêmes, la démarche leur permet également de

s'approprier de manière encore plus forte leur territoire et de gérer de nouveaux actes techniques complexes en développant une maîtrise cognitive (Filippi et Triboulet, 2006 ; 2011 ; Capitaine *et al.*, 2008).

Les coopératives agissent donc à la fois sur les problèmes de compétences (observations et gestion des traitements), de moyens (mutualisation des coûts, ainsi que des temps d'observation qui peuvent être réalisés par les personnels compétents de la cave coopérative) et d'incitation économique en ayant la capacité d'inscrire dans leurs exigences les pratiques conduisant à une réduction significative de l'utilisation des pesticides. De par le cadre conceptuel que nous avons bâti, les coopératives, à l'articulation des proximités géographique et organisée, font partie des acteurs majeurs pour porter le développement durable sur les territoires viticoles. La proximité géographique des adhérents des caves coopératives est considérée ici comme positive puisque nous parlons de territoires qui peuvent être très restreints dans certaines régions concernant la viticulture. Leur structure organisationnelle qui met en avant la logique d'appartenance et leur positionnement sur les marchés en lien avec les consommateurs, les producteurs, les fournisseurs, les intermédiaires leur fournissent une position privilégiée pour impulser la réduction des pesticides en viticulture. Le tableau 24 synthétise les avantages des coopératives exposées dans les paragraphes précédents avec une lecture en termes de proximités.

Tableau 24 : Avantages et inconvénients des coopératives vitivinicoles dans le cadre de la réduction de l'utilisation des pesticides

	Proximité organisée	**Proximité géographique**
Avantages	- Activation des avantages de la proximité géographique - Logique d'appartenance : habitude de fonctionner et d'interagir au sein de la coopérative pour résoudre des problèmes productifs - Logique de similitude : nécessité d'appropriation de la valeur environnementale. Par la pression sociétale, les coopératives sont en train de s'emparer de la problématique environnementale - Interactions existantes avec les instituts techniques et organismes de recherche qui proposent de nouvelles méthodes de protection du vignoble	- Mutualisation de compétences existante : bulletins d'avertissements agricoles, réseaux d'expérimentation et d'observation animés par les techniciens des coopératives → économies : facteur positif par rapport à la performance économique des pratiques environnementales - Externalités de connaissances sur la gestion intégrée des pratiques de protection phytosanitaire
Inconvénients	- Verrouillages technologiques - Choix productifs inefficients	- Verrouillage technologique qui inclut intrinsèquement une dimension territoriale - Exclusion de parties prenantes ou de producteurs affaiblissant la diffusion de pratiques respectueuses de l'environnement

(Source : auteur)

En termes de limites, nous notons principalement que les caves coopératives sont en train de s'approprier la dimension environnementale de la production de raisin. Elles commencent à mettre en œuvre des démarches vouées à prendre une ampleur considérable, notamment à travers les systèmes de certification (Agriconfiance®, Initiative 3D, Agriculture Raisonnée, Agriculture Biologique...) sous l'effet de la demande sociétale. Elles proposent également des services, même restreints d'expérimentation notamment en participant à des projets de recherche, et la valorisation des initiatives des producteurs grâce à des cahiers des charges comprenant un paiement différencié pour certaines pratiques. Elles restent pour le moment en retrait, en attente de la prochaine réglementation européenne sur les activités de conseil, mais doivent prendre toute la mesure de leur capacité et leur force de frappe à investir les questions environnementales en viticulture, puisque conseil et vente d'intrants sont déjà largement dissociés dans les coopératives vitivinicoles.

Aujourd'hui des questions restent en suspens qui nécessiteraient d'approfondir le sujet avec des études de cas dans les caves coopératives les plus avancées et les plus innovantes en matière de respect de l'environnement. Cela permettrait notamment de

mettre en évidence les modes d'organisation mis en place afin d'intégrer la dimension environnementale aux pratiques des viticulteurs-adhérents. Cela reste à nuancer puisque les caves coopératives ne représentent pas la totalité des exploitations : par exemple, seulement 42 % des exploitations viticoles de Gironde sont adhérentes à une cave coopérative au moins pour partie de leur production (FCVA, 2008 ; GNC, 2007). La prochaine réglementation européenne sur le conseil agricole, qui répond à une réflexion menée dans le cadre du projet de réforme de la PAC 2013, devrait permettre d'élargir le champ d'action de ces acteurs structurants des territoires viticoles.

Conclusion du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons proposé un modèle évolutionniste simple afin d'éprouver et de compléter les résultats expérimentaux dégagés au chapitre précédent. Basé sur la distinction entre apprentissage interne et apprentissage externe, notre modèle nous a permis de mettre en évidence un certain nombre de résultats de manière robuste en tenant compte des spécificités du secteur. Tout d'abord, nous avons confirmé que l'adoption de l'*IPM* autorise une réduction de coût de la protection phytosanitaire et également une augmentation de la marge. En cela, il procure un avantage économique aux exploitations dans un contexte concurrentiel exacerbé. Toutefois, il nous permet de nuancer la performance environnementale de ce processus. La diversité des configurations d'exploitations dans le modèle tend à montrer que, l'adoption d'une innovation environnementale de type *IPM*, ne permet pas de réduire les pesticides utilisés de manière assez importante (- 20 % au lieu de – 50 %). Cela nous amène d'une part, à relativiser l'effet doublement gagnant de l'*IPM* montré au chapitre 3, et d'autre part, à proposer le centrage des recherches poursuivies sur ces questions sur l'analyse de changements de processus de production combinant plusieurs innovations.

Ensuite, notre modèle concerne principalement le processus d'apprentissage des exploitations, sur lequel nous avons basé la décision du changement de pratiques. Nous avons ainsi montré l'importance de l'accompagnement des viticulteurs dans l'adoption de l'*IPM* : le fait d'être suivi par un organisme de conseil compétent, qu'il soit public ou privé, améliore l'apprentissage des firmes dans la mesure où le coût du conseil ne dépasse pas les économies réalisées en termes d'intrants. L'effet d'apprentissage de l'accompagnement dépend du niveau de compétences de l'organisme de conseil en question.

Enfin, l'importance de l'accompagnement des exploitations est également mise en évidence par les arbres de régression. Nous montrons que ressort la sensibilité des exploitations au conseil en tant que premier déterminant du changement de pratiques phytosanitaires en viticulture. Quand cette sensibilité est faible, c'est le coût qui est très important dans le processus d'adoption, alors que dans le cas contraire, c'est la sensibilité au voisinage qui prend le relai. En termes de déterminant de la marge, le rendement prime sur les autres variables, illustrant l'importance que revêt la maîtrise de la production pour les viticulteurs.

Si ces résultats ont été obtenus grâce à notre conceptualisation du changement de pratiques phytosanitaires en viticulture, un certain nombre de limites, tant conceptuelles sur la modélisation de la capacité d'absorption, que méthodologiques en termes de techniques de modélisation, sont à noter. De plus, la mise en perspective des résultats que nous obtenons d'une part, grâce à nos deux enquêtes et, d'autre part, grâce au modèle évolutionniste, nous permet de donner un prolongement à notre analyse de la réduction des pesticides en viticulture. En premier lieu, des évolutions sont nécessaires pour arriver à une adéquation des pratiques phytosanitaires avec les politiques publiques : d'une part, nous montrons qu'il convient de passer de l'analyse d'une innovation environnementale à l'analyse de nouveaux systèmes de protection des vignobles pour arriver à - 50 % de pesticides utilisés d'ici à 2018, ce qui constitue un enjeu de recherche ; et d'autre part, il est également nécessaire que les politiques publiques soient développées en tenant compte de l'importance de l'accompagnement des exploitations viticoles pour qu'elles puissent relever le défi qui leur est proposé.

En termes de politiques de développement agricole, nous prolongeons notre analyse par les proximités pour montrer que les organismes de conseil situés sur les territoires viticoles doivent être mis en avant dans la mesure où ils présentent un certain nombre d'avantages quant à l'accompagnement des viticulteurs : mutualisation des coûts et des compétences notamment. Enfin, les coopératives nous apparaissent comme un cas particulièrement intéressant d'organisme de conseil pouvant s'emparer de la problématique de réduction des pesticides, et ce à plusieurs titres. En effet, si les viticulteurs sont les premiers concernés par la problématique de la prise en compte de la dimension environnementale dans leurs exploitations, l'appropriation de ces questions dans une dynamique collective semble être de première importance. Si la réponse à l'enjeu environnemental est vécue comme une contrainte forte par les viticulteurs, l'adhésion aux coopératives leur permettrait d'y répondre tout en mutualisant les connaissances à moindre coût, dans la mesure où elles reposent sur des dispositifs organisationnels structurés. Ainsi, cela favoriserait la prise en compte des difficultés des exploitants liées à la mise en œuvre de processus complexes au sein des systèmes de production. En permettant d'améliorer les savoirs et savoir-faire des exploitations, la mobilisation d'un organisme à l'articulation des parties prenantes se présente bien comme une voie de développement des innovations environnementales.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'objectif de cette thèse était de comprendre les freins et les leviers impliqués dans l'adoption de nouvelles pratiques phytosanitaires respectueuses de l'environnement en viticulture. Les viticulteurs se trouvent en effet confrontés à un réel défi : arriver à concilier leurs impératifs productifs en termes de quantité et de qualité des vins produits avec la prise en compte de l'environnement dans leurs pratiques. En mettant ces dernières au centre de l'analyse, nous proposons une vision économique d'un problème *a priori* technique : la réduction des pesticides.

Compte tenu des problèmes environnementaux et de santé publique posés par l'utilisation importante de pesticides en viticulture, le Grenelle de l'environnement a fixé pour objectif aux exploitants de réduire leur consommation de pesticides de 50 % d'ici à 2018 (Paillotin, 2008). Or, malgré des pressions émanant de l'Union européenne, des pouvoirs publics français, mais aussi de la société civile, dans leur majorité, les viticulteurs continuent à traiter les vignobles avec des pesticides de manière systématique. Leur utilisation perdure en dépit des externalités environnementales connues et des alternatives existantes.

Le développement de la capacité à identifier et à analyser les déterminants du changement de pratiques phytosanitaires est donc nécessaire pour éclairer les politiques publiques en cours de construction. Dans cette optique, nous avons tout d'abord conceptualisé le manque de changement de pratiques actuel en termes de *lock-in*. L'approche sectorielle que nous avons développée nous a permis de montrer que cette situation résulte d'un processus d'évolution technologique et institutionnelle *path-dependant*. Plusieurs mécanismes sont en jeu, aussi bien liés aux spécificités agronomiques de la culture de la vigne (culture pérenne) qu'aux effets micro-économiques des pesticides dans les exploitations (rendements croissants d'adoption, réduction des incertitudes productives et externalités de réseau), à la dynamique du secteur viticole ou aux incitations macroéconomiques qui émanent des pouvoirs publics.

Nous avons ensuite développé un cadre d'analyse évolutionniste pour étudier le changement de pratiques en viticulture. **Le premier apport de cette thèse réside dans la démonstration de la pertinence du concept d'innovation environnementale pour définir les nouvelles pratiques phytosanitaires.** Cette définition pose un cadre général permettant de décrire et de caractériser les innovations environnementales en agriculture. L'acception de la réduction des pesticides en tant qu'innovation environnementale nous a ensuite amenés à nous interroger sur les différents déterminants évolutionnistes de la dynamique de changement dans les exploitations

viticoles : réglementation, demande et opportunités technologiques. Nous avons ainsi pu mettre en évidence, dans notre cas d'étude, que la pression réglementaire est réelle bien que non coercitive, que la demande est également forte, bien qu'elle ne se traduise pas par un consentement à payer des consommateurs, et enfin, que les opportunités technologiques développées en interne dans les exploitations sont quasiment inexistantes. En effet, ces petites entreprises ne disposent pas de toutes les ressources nécessaires pour développer une activité de R & D et manquent de connaissances et de compétences pour adopter de nouvelles pratiques, et ainsi réduire leur utilisation de pesticides. Le cadre conceptuel que nous avons ainsi posé nous a conduits à montrer la nécessité de centrer notre analyse les comportements des exploitations qui leur permettent de bénéficier des opportunités technologiques disponibles. Cette dimension n'est traditionnellement pas abordée dans l'approche évolutionniste, car l'agriculture est considérée comme dominée par l'offre d'innovation. **Un des apports majeurs de la thèse consiste à proposer une grille de lecture originale de l'agriculture en mettant en avant, bien que les innovations proviennent effectivement de sources extérieures aux exploitations comme le décrit Pavitt (1984), la nécessité d'analyser la dynamique de changement au sein des entreprises dans la lignée de Possas *et al.* (1996)**.

L'acquisition des connaissances et compétences nécessaires à la maîtrise de nouvelles pratiques phytosanitaires implique la mise en œuvre de processus d'apprentissage dans les exploitations viticoles. La mobilisation d'un cadre d'analyse évolutionniste tel que nous l'avons conçu permet de prendre cela en compte de manière satisfaisante en plaçant l'apprentissage directement au centre de la décision de changement de pratiques. Nous avons émis l'hypothèse, dans la lignée des travaux de Llerena et Oltra (2002b), que les processus d'apprentissage se décomposent en deux parties : un apprentissage interne et un apprentissage externe. **Afin d'acquérir les connaissances et compétences qui leur sont nécessaires pour maîtriser et s'approprier de nouvelles pratiques, les viticulteurs doivent donc compter sur deux éléments : d'une part, leur processus d'apprentissage interne est fonction des résultats de leurs propres pratiques des années antérieures une fois que la décision d'adoption a été prise ; d'autre part, leur environnement est déterminant pour améliorer leur niveau de compétences et les amener à décider de modifier leurs pratiques.** La mise en parallèle de ces éléments cognitifs avec les concepts de proximité nous a permis d'avancer l'importance du territoire et de l'intégrer dans notre analyse. Les viticulteurs peuvent bénéficier de la proximité géographique qui les relie sur les territoires viticoles, mais doivent l'activer par

une proximité organisée pour impulser le changement de pratiques phytosanitaires. **Compte tenu des caractéristiques de la réduction des pesticides et du caractère localisé de la viticulture, le processus d'apprentissage externe doit se dérouler préférentiellement à l'échelle locale et de manière coordonnée entre les viticulteurs et les organismes de conseil du territoire.**

En l'absence d'alternative aux pesticides, nous nous sommes intéressés aux processus phytosanitaires existants permettant d'assurer un niveau de protection des vignobles satisfaisant tout en réduisant l'utilisation de pesticides de manière significative. Compte tenu de notre problématisation de la question et des spécificités des différents processus disponibles pour les exploitations, l'*IPM* est la seule innovation permettant de s'inscrire dans la réponse à l'attente réglementaire et sociétale qui pèse sur ces entreprises. Nous avons donc appliqué notre cadre théorique à cette innovation en mobilisant deux méthodes différentes pour étudier l'adoption de l'*IPM* dans les exploitations :

- d'une part, deux enquêtes qualitatives (mais exhaustives) auprès d'exploitations viticoles ayant adopté un processus de réduction des fongicides (le POD Mildium) selon les principes de l'*IPM* ;
- d'autre part, un modèle évolutionniste, complémentaire des enquêtes, qui nous permet de nous dégager des contraintes d'échantillonnage et de confirmer les tendances dégagées en donnant une portée plus générale aux résultats.

De la mise en œuvre de ces méthodes ressortent des résultats à deux niveaux : la phase d'enquête nous a permis d'établir des résultats au niveau individuel des exploitations viticoles, tandis que le modèle nous a permis d'établir des *scenarii* et d'avoir une vision plus globale des processus impliqués dans la réduction des pesticides en viticulture. Les principaux résultats qui ressortent de notre thèse portent sur trois points :

- **l'existence de trajectoires gagnant-gagnant**, qui permettent aux exploitations viticoles de tirer avantage de l'adoption d'innovations environnementales de processus pour réduire les fongicides utilisés tout en répondant à la demande réglementaire. Nous avons ainsi montré qu'il n'existe pas de surcoût lié à la mise en œuvre de la réglementation telle qu'elle est construite aujourd'hui. Dans un contexte marqué par la crise viticole des dernières années, cela constitue un avantage pour ces nouvelles pratiques. En effet, même si aucune valorisation des vins ne semble à attendre pour le moment compte tenu du contexte, une amélioration de la marge des exploitations est envisageable grâce aux économies réalisées sur les coûts. La pression réglementaire semble donc pouvoir être source de performance, et donc de compétitivité internationale des exploitations au sens de Porter et Van der Linde

(1995). Sur le terrain, ce processus combine performances agronomique, économique et environnementale. Toutefois, le modèle relativise les résultats issus de notre enquête, dans la mesure où la réduction significative de l'IFT n'atteint pas les objectifs fixés (- 20 % au lieu de - 50 %), même si elle y contribue. Cela tend à laisser penser que l'adoption d'une seule innovation n'est pas suffisante pour réduire la pression exercée par les pesticides sur l'environnement ;

- **l'existence de ces trajectoires n'est pas un levier suffisant pour observer que les viticulteurs changent de pratiques phytosanitaires**. En effet, la démonstration de leur efficacité technique, environnementale et économique dans des réseaux expérimentaux ne suffit pas à encourager les exploitants à adopter des pratiques de type *IPM*. Nous concevons donc que les principaux freins, et donc leviers à actionner, ne se situent pas à ce niveau. Les nouvelles pratiques sont différentes des routines qui existent dans les exploitations pour décider du déclenchement d'un traitement phytosanitaire. Ainsi, l'enquête montre que les viticulteurs éprouvent des difficultés à maîtriser ce nouveau processus, ce qui renforce le sentiment d'incertitude inhérent aux innovations environnementales au niveau individuel ;
- **l'apprentissage est au cœur de la problématique de la réduction des pesticides.** En écho à la difficulté de maîtrise et à l'incertitude des producteurs, nous mettons en évidence que le besoin de nouvelles connaissances et compétences qui caractérisent les nouvelles pratiques conditionne la réussite du processus de changement. L'approche développée démontre donc la prégnance des processus d'apprentissage pour acquérir les connaissances et compétences nécessaires, qui manquent aux exploitations viticoles. Le résultat majeur du modèle concerne l'importance de l'accompagnement des viticulteurs dans l'adoption de l'*IPM* : assuré par un organisme de conseil, celui-ci améliore en effet significativement l'apprentissage des exploitations et la rapidité d'adoption de l'*IPM* au cours des trajectoires technologiques.

Cependant, l'organisation de l'accompagnement de la profession agricole tel qu'il existe à ce jour pour la viticulture française constitue, au-delà du travail de thèse, une des limites à nos résultats, et ce, pour deux raisons : premièrement l'adoption de nouveaux processus de protection phytosanitaire dans la majorité des exploitations nécessiterait des moyens humains qui ne sont pas disponibles dans les organismes de conseil, et deuxièmement, le secteur n'est actuellement pas organisé pour cela.

Une mise en perspective de nos résultats nous a permis de déboucher sur deux pistes d'analyse. D'une part, nous établissons des premières préconisations en termes de construction des politiques publiques à venir sur deux thématiques. Tout d'abord, la poursuite des efforts de recherche pour l'élaboration et la connaissance des innovations environnementales est nécessaire. Nous avons en effet montré que les objectifs du Grenelle de l'environnement ne pouvaient être atteints avec une seule innovation environnementale. Il s'agit donc de développer les travaux concernant la reconception des systèmes de production avec des combinaisons complexes de différentes innovations, ce qui nécessite une politique de recherche favorisant au maximum des programmes portant sur ces thématiques. Nous pointons également le besoin de développer des politiques d'accompagnement des exploitations en insistant sur l'importance de le structurer, ce suivi étant loin d'être une évidence dans les actions prévues dans le Grenelle. De ce fait, celles-ci devront probablement faire l'objet de moyens comparables à ceux avancés lors du processus de modernisation agricole dans les années 1950. D'autre part, nous mobilisons l'apport des proximités pour mettre l'accent sur l'importance du caractère local et organisé de cet accompagnement. Ainsi, nous identifions les coopératives vitivinicoles comme des acteurs ayant un positionnement stratégique dans le secteur pour impulser le changement en matière phytosanitaire. Enfin, nos résultats, fondamentaux pour comprendre les déterminants de la mise en œuvre des pesticides en viticulture, peuvent également être mis en perspective pour l'analyse du changement lié aux enjeux environnementaux en agriculture de manière générale.

Les résultats issus de notre lecture évolutionniste de la réduction des pesticides en viticulture nous conduisent à considérer l'intérêt que peut avoir ce type d'approche pour analyser d'autres configurations de changement. Les apports qui en découlent sont de plusieurs natures. Ils portent à la fois sur la généralisation des résultats au secteur agricole, sur la mobilisation de notre cadre d'analyse pour aborder les secteurs dominés par l'offre d'innovation soumis à des pressions environnementales, et enfin sur l'intérêt d'une approche sectorielle en termes conceptuels et méthodologiques :

- **la généralisation des résultats au secteur agricole.** Bien que centrés sur une innovation particulière (le POD Mildium) et portant majoritairement sur le territoire girondin, nos résultats peuvent en effet être étendus aux innovations de processus du même type (notamment en l'absence d'alternative aux produits phytosanitaires). Il serait également intéressant de mener une analyse comparable dans d'autres bassins de production pour confirmer la portée de nos résultats et le besoin de

structuration du conseil sur les territoires, toutes les régions étant confrontées au désengagement de l'État des politiques de développement agricole. Enfin, notre approche méthodologique peut largement contribuer à la compréhension de tout changement de nature à modifier les règles de décision des agriculteurs, et ce, quel que soit le secteur agricole ayant à faire face à une problématique environnementale. Dans la mesure où les organismes de conseil (les chambres d'agriculture, par exemple) ont des activités diversifiées en termes de thématiques et de systèmes de production ciblés, l'élaboration de politiques publiques encourageant l'accompagnement des exploitations vers plus de durabilité nécessiterait d'ailleurs une analyse globale des innovations et des besoins ;

- **une amélioration de l'approche évolutionniste des secteurs dominés par l'innovation.** Notre thèse a permis de montrer qu'il ne suffit pas d'analyser les processus de R & D des firmes pour mettre en évidence la capacité de celles-ci à s'approprier de nouvelles technologies ou à développer de nouvelles connaissances et compétences. La mise en œuvre de processus d'apprentissage interne et externe est certainement nécessaire dans les secteurs dominés par l'offre d'innovation, qui ne peuvent se contenter de subir l'innovation des firmes amont face au défi environnemental qui se présente aujourd'hui. Ainsi, les leviers ne sont pas en priorité économiques. Donc, bien que, comme c'est le cas ici, il n'y ait pas forcément de surcoût lié à la mise en conformité des firmes, l'existence de trajectoires gagnant-gagnant ne peut être mise seule au cœur de la problématique. Il s'agit donc d'avoir une approche plus élaborée de ces entreprises en ne regardant pas que les firmes amont, mais bien les entreprises elles-mêmes dans leur contexte ;
- **une confirmation de l'intérêt d'une approche sectorielle.** Nous avons montré que, pour le cas de la viticulture (qui est une culture non délocalisable et nécessite des innovations intensives en connaissances), il est intéressant de combiner une approche par la proximité au cadre théorique évolutionniste. Considérant les caractéristiques du secteur et des innovations environnementales, nous appréhendons ainsi plus aisément le processus d'accompagnement du changement de pratiques, ainsi que les acteurs impliqués. Méthodologiquement, l'approche sectorielle nous a également permis de proposer un modèle original basé sur un grand nombre de paramètres fixés en référence à des données empiriques spécifiques au secteur étudié. Dans tous les cas, s'attacher aux particularités du secteur est nécessaire et permet de proposer une analyse plus fine et plus juste des

mécanismes en jeu dans le processus de changement pour déboucher sur des préconisations adaptées à l'élaboration de politiques agricoles.

Ainsi, notre thèse a su proposer des apports significatifs concernant la compréhension du problème de la réduction des pesticides en viticulture. Nous prévoyons désormais de poursuivre ces travaux suivant deux directions.

Tout d'abord, les limites du travail de modélisation présentent une première piste, à partir de laquelle il est possible de proposer de nouvelles voies de recherche et des approfondissements. Entre autres, le choix de simplifier la capacité d'absorption des viticulteurs, difficile à formaliser en l'absence de R & D, constitue une simplification du processus d'apprentissage. Il serait donc intéressant de mener une réflexion autour de la modélisation de ce concept pour le cas de l'agriculture, afin d'étudier son impact sur la propension à innover des exploitations et sur la dynamique de changement, et d'intégrer ces résultats en termes de politiques publiques. Ensuite, nous avons inséré dans les paramètres des données agronomiques et épidémiologiques ; l'enrichissement du modèle par un module agronomique générant ces données de manière endogène constituerait un apport intéressant en termes de modélisation (croissance de la plante, progression des maladies). Cela contribuerait au développement de la littérature s'intéressant à l'évolution en parallèle de systèmes économiques et biotechniques, dans la lignée des travaux de Noailly (2003). Pour cela, il faudrait cependant que puissent être dépassés des fronts de recherche dans d'autres disciplines (en épidémiologie notamment).

Dans un second temps, forts des résultats de la thèse, nous proposons d'utiliser notre cadre théorique pour poursuivre nos travaux sur les innovations environnementales et la durabilité en agriculture. Un autre axe essentiel porté par le plan Ecophyto 2018 concerne notamment le développement et la conversion des exploitations à l'agriculture biologique. Cet axe de recherche peut aisément être appréhendé par notre approche conceptuelle des innovations : il s'agirait ainsi de comprendre les leviers favorisant les trajectoires de conversion dans les exploitations. Une telle analyse contribuerait à la prise en compte de la complexité de l'adoption de ces nouvelles pratiques et à l'élaboration de stratégies que devront mettre en œuvre les exploitations. Plusieurs perspectives de recherche sont donc ouvertes :

- en termes conceptuels, l'appréhension de la complexité du changement pour la conversion à l'agriculture biologique en tenant compte des particularités du secteur.

Il s'agira notamment de s'intéresser à la place des mécanismes d'apprentissage et au rôle du conseil dans les trajectoires de conversion ;

- au niveau des déterminants, l'évaluation de l'importance du rôle de la demande sur ces questions (en interrogeant la capacité des consommateurs expérimentaux à favoriser l'adoption de nouvelles pratiques) ;
- en termes de modélisation, celle de processus d'innovation complexes - les techniques disponibles n'offrant pas à ce jour de réponse concrète à la difficulté de modélisation de certaines innovations, notamment radicales [127] ;
- en termes de réglementation, les préconisations pour les politiques publiques, françaises notamment, qui devront être adaptées dans un contexte de réforme de la PAC (2013) et de réglementation du conseil risquant fort de bouleverser l'environnement institutionnel.

Finalement, les possibilités de développement de travaux offerts par cette thèse permettront de mieux saisir et de mieux gérer les changements technologiques importants à venir au cours de la modification de paradigme que l'agriculture est manifestement en train de vivre.

[127] Il n'existe pas de mesure directe du degré de radicalité. La radicalité suppose une très forte incertitude qui est difficile à pendre en compte, car il n'existe pas de données lorsque l'incertitude est radicale. Il est très délicat d'essayer d'en prévoir les effets. Il est au final beaucoup plus facile de modéliser des innovations incrémentales et continues que des innovations radicales avec des ruptures (qui sont souvent limitées dans les études à leur aspect quantitatif, l'aspect qualitatif de la radicalité étant difficilement transférable dans un modèle).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A2PV, 2010. *Projet SyDéRéT Systèmes Décisionnels pour la Réduction des Traitements en viticulture – Rapport à 12 mois*, Appel à Projets Protection Vigne, Ministère de l'agriculture et de la pêche, 50 p.

A2PV, 2011. *Projet SyDéRéT Systèmes Décisionnels pour la Réduction des Traitements en viticulture – Rapport à 24 mois*, Appel à Projets Protection Vigne, Ministère de l'agriculture et de la pêche, 64 p.

ACI, 1995. International coopérative Alliance : statement on the cooperative identity - Déclaration sur l'identité coopérative, approuvée lors du Congrès de Manchester, *In* : *Réseau Coop*, vol.3, n°2, novembre - décembre, 11 p.

ACQUAVELLA J., OLSEN G., COLE P., IRELAND B., KANEENE J., SCHUMAN S., HOLDEN L., 1998. *Annals of Epidemiology*, vol. 8, n°1, janvier 1998, pp. 64-74.

AGENCE BIO, 2007. *L'agriculture biologique française : chiffres 2007*, Agence Française pour le Développement et la Promotion de l'Agriculture Biologique (ed.), 168 p.

AGRESTE, 2009. Pratiques culturales en viticulture en 2006, *Chiffres et données – Série agriculture*, n°204.

AGRESTE, 2010. *GraphAgri 2010 – Vin*, Agreste, pp. 119-120.

AGRESTE, 2011. Infos rapides Viticulture, *Agreste conjoncture*, n°4, octobre 2011, 4 p.

ALLAIRE G., 2002. Les compétences professionnelles agricoles et les défis de la multifonctionnalité, *In : Loi d'Orientation Agricole, Savoirs et Qualifications Professionnelles, Analyse des enjeux et perspectives pour l'évolution des savoirs*, Dijon, Ed. Educagri, pp. 151-163.

ANDERSON D.R., SWEENEY D.J., WILLIAMS T.A., 2000. *Essential of Statistics for Business and Economics*, 2e édition, Traduction de la 2ème édition en anglais (2001), Paris, Ed. De Boeck Université, Coll. Ouvertures économiques, 779p.

ANDERSON P., TUSHMAN M., 1990. Technological discontinuities and dominant designs, *Administrative Science Quarterly,* vol. 35, pp. 604-633.

ANSALONI M., FOUILLEUX E., 2006. Changements de pratiques agricoles : facteurs et modalités d'hybridation technique des exploitations laitières bretonnes, *Economie rurale*, n°292, mars-avril, pp. 6-20.

ANTONELLI C., FASSIO C., 2011. The role of external knowledge in the introduction of product and process innovations, *Working Paper Series*, n°01/2011, Dipartimento di Economia "S. Cognetti de Martiis", LEI & BRICK - Laboratorio di economia dell'innovazione "Franco Momigliano", Bureau of Research in Innovation, Complexity and Knowledge, Collegio Carlo, University of Turin.

ARENA R., LAZARIC N., 2003. La théorie évolutionniste du changement économique de Nelson et Winter - Une analyse économique rétrospective, *Revue économique*, vol. 54, n°2, mars 2008, pp. 323-328.

ARTHUR W.B., 1989. Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In By Historical Events, *Economic Journal*, vol. 99, n°394, pp. 116-131.

ARTHUR W.B., 1990. Positive Feedbacks in the Economy, *Scientific American,* vol. 262, pp. 92-99.

ARTHUR W.B., 1991. Information constriction and information contagion, *Working Paper 91-05-026*, Santa Fe Institute, Santa Fe.

ARTHUR W.B., 1994. *Increasing returns and path dependence in the economy*, Ed. University of Michigan Press., Coll. Economics and Society, 201 p.

ARTHUR W.B., 2009. *The Nature of Technology - what it is and how it evolves*, US and Penguin, UK, Ed. Free Press.

ARUNDEL A., KEMP R., 2009. Measuring eco-innovation, *Maastricht Economic and social Research and training centre on innovation and Technology Working Paper Series*, 2009-017.

ARROW K., 1962. The Economic Implications of Learning by doing, *Review of Economic Studies*, vol. 29, pp. 155-173.

AUBERTOT J.N., BARBIER J.M., CARPENTIER A., GRIL J.J., GUICHARD L., LUCAS P., SAVARY S., SAVINI I., VOLTZ M. (eds), 2005. *Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux*, Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et Cemagref (France), 64 p.

AUJAS P., LACROIX A., LEMARIE S., REAU R., 2011. Réduire l'usage des pesticides – Un défi pour le conseil aux agriculteurs, *Economie rurale*, vol. 324, juillet-août 2011, pp. 18-33.

AUTANT-BERNARD C., 2000. *Géographie de l'innovation et externalités locales de connaissances. Une étude sur données françaises,* Thèse pour le doctorat ès sciences économiques, Université Jean Monnet St-Etienne.

AUTANT-BERNARD C., MASSARD N., 2001. Externalités de connaissances et géographie de l'innovation : les enseignements des études empiriques, *Document de travail CREUSET*, 2001, 24 p.

BAIN C., BERNARD J.L., FOUGEROUX A., 2010. *Histoire de la protection des cultures – De 1850 à nos jours*, Ed. Champ Libre, 255 p.

BALDI I., LEBAILLY P., JEAN S., ROUGETET L., DULAURENT S., MARQUET P., 2005. Pesticide contamination of workers in vineyards in France, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, pp. 1-10.

BASTIAN J.P., 2008. La vigne, le vin : atout pour la France avis, *Rapports du Conseil Economique et Social*, République Française, 158 p.

BAZOCHE P., DEOLA C., SOLER L.G., 2008. Disposition à payer pour les caractéristiques environnementales : une étude expérimentale des consommateurs de vin, *25ème journée de micro-économie appliquée*, St Denis de la Réunion.

BAZOCHE P., DEOLA C., SOLER L.G., 2009a. Dispositions à payer des consommateurs pour des engagements environnementaux en viticulture : Une évaluation en situation expérimentale, *Colloque SFER Pesticides Agricoles « La réduction des pesticides agricoles, enjeux, modalités et conséquences »*, Lyon (France), 11-12 mars 2010.

BAZOCHE P., CARTOLARO P., DELIERE L., DEL'HOMME B., HERNANDEZ F., GOUTOULY J.P., LEGER B., LEROY P., NAUD O., SOLER L.G. (*coord.*), STEFFE J., UGAGLIA A., 2009b. *Synthèse du Projet ANR-ADD « Vin et environnement : comment réduire les quantités de pesticides utilisés en viticulture ? »*, Programme ANR « Agriculture et développement durable » (2005-2008), 116 p.

BEANE FREEMAN L.E., RUSIECKI J.A., HOPPIN J.A., LUBIN J.H., KOUTROS S., ANDREOTTI G., ZAHM S.H., HINES C.J., COBLE J.B., BARONE-ADESI F., SLOAN J., SANDLER D.P., BLAIR A., ALAVANJA M.C., 2011. Atrazine and Cancer Incidence Among Pesticide Applicators in the Agricultural Health Study (1994-2007), *Environmental Health Perspectives*, vol. 119, n°9, septembre 2011.

BEAURAIN C., LONGUEPEE J., 2006. Dynamiques Territoriales et Proximité Environnementale : le cas du Risque d'Inondation, *Développement durable et territoires* [en ligne], Dossier 7 : Proximité et environnement, mis en ligne le 10 mai, consulté le 2 juin 2009, URL : http://developpementdurable.revues.org/index2612.html.

BEJEAN S., MIDY F., PEYRON C., 1999. La rationalité simonienne : interprétations et enjeux épistémologiques, *LATEC - documents de travail*, 27 p.

BELIS-BERGOUIGNAN, M.C., SAINT GES, V., 2009, Quelle trajectoire environnementale pour la viticulture ? L'exemple du vignoble girondin, *Revue Economie Régionale et Urbaine*, vol. 3, pp. 491-516.

BELIS-BERGOUIGNAN M.C., CAZALS C., 2006. Les démarches environnementales volontaires au sein de la viticulture française : des conditions d'engagement différenciées, *Cahiers du GRES*, pp. 1-21.

BELIS-BERGOUIGNAN M.C., CORADE N., 2008. Fusion des coopératives vinicoles et ancrage territorial, *Economie régionale et urbaine*, n°1, pp. 43-68.

BELIS-BERGOUIGNAN M.C., JULLIEN B., LUNG Y., YILDIZOGLU M. (coord.), 2011. *Industries, Innovations, Institutions – Eléments de dynamique industrielle*, Pessac, Ed. Presses Universitaires de Bordeaux, 426 p.

BELLET M., KIRAT T., 1998. La proximité, entre espace et coordination – chapitre 1, *In* : BELLET M., KIRAT T., LARGERON C. (coord.), *Approches multiformes de la proximité*, Paris, Ed. Hermès, pp. 23-40.

BERNARD J-L., RAMEIL V., 2006. L'innovation en protection des cultures : quelle influence sur la consommation de produits phytosanitaires par l'agriculture française ?, *Courrier de l'environnement de l'INRA*, n°53, décembre 2006, pp. 63-82.

BLAIR A., ZAHM S.H., 1990. Methodologic issues in exposure assessment for case-control studies of cancer and herbicides, *American Journal of Industrial Medecine*, vol. 18, pp. 285-293.

BLAIR A., ZAHM S.H, 1993. Patterns of pesticide use among farmers: implications for epidemiologic research, *Epidemiology*, vol. 4, n°1, pp. 55-62.

BLAIR A., ZAHM S.H., PEARCE N.E., HEINEMAN E.F., FRAUMENI J.F., 1992. Clues to cancer etiology from studies of farmers, *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, vol. 18, pp. 201-215.

BOGLIACINO F., PIANTA M., 2009. Innovation and employment: a reinvestigation using revised Pavitt classes, *Research policy*, vol. 39, n°6, pp.799-809.

BONTEMS P., ROTILLON G., 2007. *L'économie de l'environnement*, Paris, Ed. La Découverte, Coll. Repères, 3e édition.

BOUBA OLGA O., 2003. *L'économie de l'entreprise*, Ed. du Seuil, Coll. Points Economie, 204 p.

BOUBA OLGA O., CARRINCAZEAUX C., CORIS M. (coord.), 2008. La proximité, 15 ans déjà !, *Revue d'économie régionale et urbaine*, numéro spécial n°1.

BOUBA OLGA O., GROSSETTI M., 2007. Pourquoi y a-t-il encore des effets de proximité dans les processus d'innovation?, *Document de travail CRIEF T2007-01*, avril 2007, 12 p.

BOUBALS D., 1991. La France et la viticulture tropicale, *Progrès Agricole et Viticole*, vol. 108, pp. 149-154.

BOUGHERARA D., 2003. *L'Ecolabellisation : un instrument de préservation de l'environnement par le consommateur*, Thèse ès Sciences économiques - Université de Bourgogne, UFR de Science Economique et de Gestion, Dijon, 425 p.

BOULANGER-FASSIER S., 2008. La viticulture durable, une démarche en faveur de la pérennisation des territoires viticoles français ?, *Géocarrefour* (en ligne http://geocarrefour.revues.org/index6856.html), vol. 83, n°3, 11 p.

BOTHA N., COUTTS J., ROTH H., 2008. The role of agricultural consultants in New Zealand in environmental extension, *The Journal of Agricultural Education and Extension*, n°14, pp. 125-138.

BREIMAN L., FRIEDMAN J.H., OLSHEN R.A., STONE C.J., 1984. *Classification and regression Trees*, Wadsworth & Brooks/Cole Advanced books & software.

BROSSIER J., VISSAC B., LE MOIGNE J.L., 1990. Modélisation systémique et systèmes agraires - Décision et organisation, *Actes du séminaire du département SAD*, Saint Maximin, 2 et 3 Mars 1989, INRA Editions, 365 p.

BROUILLAT É., 2008. *Dynamique industrielle et innovation environnementale : le cas de la prévention des déchets*, Thèse ès Sciences économiques, Université Montesquieu Bordeaux IV, 463 p.

BROUILLAT É., 2011. Durability of consumption goods and market competition: An agent-based modeling, *Cahiers du GREThA,* n° 2011-31, 26 p.

BRUN L., 1998. *Etude de l'accumulation, de la biodisponibilite et de la phytotoxicite du cuivre dans des sols viticoles de l'Hérault*, Thèse de doctorat en agronomie, ENSA Montpellier, 139 p.

BRUN G., 2006. *L'agriculture française à la recherche d'un nouveau modèle*, Ed. L'Harmattan, 346 p.

BRUNDTLAND G.H., 1987. *Our common future*, Rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations-Unies, 318 p.

BULLETIN IOBC/WPRS, 2009. *Guidelines for Integrated Production of Grapes*, vol. 46, 21 p.

BUREAU J.C., 2007. *La politique agricole commune*, Paris, Ed. La Découverte, Coll. Repères, 121 p.

BUREAU J.C., BUTAULT J.P., LEROUVILLOIS P., ROUSSELLE J.M., 1991. Formation et répartition des gains de productivité dans les agricultures européennes, *Cahiers d'économie et de sociologie rurales*, vol. 20, pp. 63-90.

BURROWS T.M., 1983. Pesticide demand and integrated pest management: a limited dependent variable analysis, *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 65, n°4, pp. 806-810.

BUTAULT J.P., DEDRYVER C.A., GARY C., GUICHARD L., JACQUET F., MEYNARD J.M., NICOT P., PITRAT M., REAU R., SAUPHANOR B., SAVINI I., VOLAY T., 2010. *Ecophyto R&D – Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides*, Synthèse du rapport d'étude, Ed. INRA (France), 90 p.

CAPITAINE M., BENOÎT M., BAUDRY J., 2008. Mutualisation du travail et développement de compétences territoriales, *Colloque Les coopératives agricoles, mutations et perspectives*, 28 et 29 février 2008, AgroParisTech-ENGREF.

CARON A., TORRE A., 2005. Conflits d'usages et de voisinage dans les espaces ruraux, *In* : TORRE A. et FILIPPI M. (coord.), *Proximités et changements socioéconomiques dans les mondes ruraux*, Paris, Ed. INRA, pp. 297-314.

CARON A., TORRE A., 2006. Vers une analyse des dimensions négatives de la proximité. Les conflits d'usage et de voisinage dans les espaces naturels et ruraux, *Revue Développement Durable & Territoires, Revue en ligne*, mai, http://developpementdurable.revues.org/2641 (consultée le 25.10.2011).

CARPENTIER A., 1996. Efficacité privée et publique de la gestion du risque phytosanitaire : le rôle de l'information, *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, n°39-40, pp. 37-61.

CARSON R., 1962. *Silent Spring*, Boston, Ed. Houghton Miffli.

CASIDA J.E., QUISTAD G.B., 1998. Golden age of insecticide research, *Annual review of entomology*, vol. 43, pp. 1-16.

CCAF, 2007, *Comportements et Consommations Alimentaires des Français*, enquête du CREDOC.

CERF M., MAXIME F., 2006. La coproduction du conseil : un apprentissage difficile – Chapitre 8, *In* : RÉMY J., BRIVES H., LÉMERY B. (coord.), *Conseiller en agriculture*, Ed. INRA, Educagri, pp. 137-152.

CESAR G., 2002. Rapport d'information fait au nom de la commission des Affaires économiques et du Plan par le groupe de travail sur *l'Avenir de la viticulture française,* Sénat, Session extraordinaire de 2001-2002, n°349, annexe au procès verbal de la séance du 10 juillet 2002, 141 p.

CHARVET J.P., 2010. *Atlas de l'agriculture – Comment pourra-t-on nourrir le monde en 2050 ?*, Paris, Ed. Autrement, Coll. Atlas/Monde, 79 p.

CHARVET J.P., DIRY J.P., 2008. *Produire pour nourrir les hommes au XXI^{ème} siècle, grands marchés*, Ed. Sedes.

CHAUMET J.M., DELPEUCH F., DORIN B., GHERSI G., HUBERT B., LE COTTY T., PAILLARD S., PETIT M., RASTOIN J.L., RONZON T., TREYER S., 2009. *Agrimonde® - Agricultures et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable*, Note de synthèse INRA CIRAD, 2^{e} édition décembre 2009, 32 p.

CHIAROMONTE F., DOSI G., 1993. Heterogeneity, competition and macroeconomic dynamics, *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 4, n°1, pp.39-46.

CIVB, 2010a. *Plan « Bordeaux demain »*, Conseil interprofessionnel des vins de Bordeaux, présenté le 19 juillet 2010, 132 p.

CIVB, 2010b. *Marché des vins de Bordeaux – Bilan par appellation*, *Campagne 2009-2010*, Conseil interprofessionnel des vins de Bordeaux, 80 p.

CIVB, 2011. *Vins de Bordeaux : Repères économiques*, Conseil interprofessionnel des vins de Bordeaux, juin 2011, 2 p.

CLEFF T., RENNINGS K., 1999. Determinants of environmental innovation – empirical evidence from the Mannheim Innovation Panel and an additional telephone survey, *In* : HEMMELSKAMP J., LEONE F., RENNINGS K., (eds), *Innovation-oriented environmental regulation: theoretical approaches and empirical analysis*, Heidelberg, New York, Ed. Physica Verlag.

COHEN M.D., 2007. Reading Dewey : reflections on the study of routine, *Organization studies*, vol. 28, n°5, pp. 773-786.

COHEN M.D., BURKHART R., EGIDI M., MARENGO L., 1996. Routines and other recurring action patterns of organizations: contemporary research issues, *Industrial and corporate change*, vol. 5, n°3, pp. 653-697.

COHEN M.D., LEVIN R., 1989. Empirical Studies of Innovation and Market Structure, *In* : SCHMALENSEE R., WILLIG R. (eds), *Handbook of Industrial Organization*, Amsterdam, Ed. Elsevier, vol. 2, pp. 1059-1107.

COHEN M.D., LEVINTHAL D., 1989. Innovation and learning: the two faces of R&D, *The Economic Journal*, vol. 99, pp. 569-596.

COHEN M.D., LEVINTHAL D., 1990. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation, *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, pp. 128-152.

COHEN M.D., MALERBA F., 2001. Is the tendency to variation a chief cause of progress, *Industrial and Corporate Change*, vol. 10, n° 3, pp. 587-608.

COLLETIS G., LUNG Y. (coord.), 2006. *La France industrielle en question. Analyses sectorielles*, Paris, Ed. La Documentation Française.

COLOSIO C., TIRAMANI M., MARONI M., 2003. Neurobehavioral effects of pesticides: state of the art, *Neurotoxicology*, vol. 24, pp. 577-591.

COLSON F., 2006. L'État et les conseillers agricoles – Des États généraux du développement aux CTE : les enjeux politiques de l'encadrement technique de l'agriculture – chapitre 3, *In* : RÉMY J., BRIVES H., LÉMERY B. (coord.), *Conseiller en agriculture*, Ed. INRA, Educagri, pp. 59-69.

Commissariat général au développement durable, 2010. *L'environnement en France*, édition 2010, Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, Service de l'observation et des statistiques, coll. Références, 150 p.

Commission européenne, 2007. Politique de l'UE pour une utilisation durable des pesticides, *Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés européennes,* 2007 — 28 p.

COMPAGNONE C. AURICOSTE C., LEMERY B. (coord.), 2009. *Conseil et développement en agriculture – Quelles nouvelles pratiques ? - introduction*, Versailles, Ed. QUAE, Dijon et Educagri, pp. 7-15.

CORADE N., DEL'HOMME B., ROCA P.J., 2005. Le développement agricole français et européen : un contresens historique ?, *Cahier du GRES*, n°2005-1, Janvier 2005, 24 p.

CORIAT B., WEINSTEIN O., 1995. *Les nouvelles théories de l'entreprise*, Paris, Ed. Le Livre de Poche, 218 p.

COULON C., BARBEAU G., 2007. Participation au paramétrage et utilisation du modèle de simulation du fonctionnement de la vigne STICS-Vigne, *Colloque INRA Végétal et Semences,* CER 2000-2006, Angers, novembre 2007, 2 p.

COWAN J.R., 1990. Nuclear power reactors: a study in technological lock-in, *Journal of Economic History,* vol. 50, n°3, pp. 541-569.

COWAN J.R., 1991. Tortoises and hares: choice among technologies of unknown merit, *The Economic Journal*, vol. 50, pp.5 41-567.

COWAN J.R., GUNBY P., 1996. Sprayed to death: path dependence, lock-in and pest control strategies, *The Economic Journal,* vol. 106, n°436, pp. 521-542.

COWAN J.R., DAVID P.A., FORAY D., 2000. The explicit economics of knowledge codification and tacitness, *Industrial and corporate change*, vol. 9, pp. 211-253.

DARRÉ J.P., 1996. L'invention des pratiques dans l'agriculture*, Vulgarisation et production locale de connaissance*, Ed. Karthala, Paris, 184p.

DAVID P., 1985. Clio and the economics of QWERTY, *American Economic Review,* vol. 75, pp. 332-337.

DAVY A. 2007, Le programme Optidose : optimisation agronomique et environnementale de la pulvérisation, *Colloque EUROVITI*, 28-29 novembre 2007, pp. 157-162.

DEGUINE J.P., FERRON P., RUSSEL D. 2008. *Protection des cultures - De l'agrochimie à l'agroécologie*, Ed. Quae, 190p.

DEL'HOMME B., FILIPPI M., UGAGLIA A., 2008**.** Innovations environnementales et proximités : de l'importance des acteurs du territoire pour l'adoption des innovations environnementales en viticulture, *XLV*^{e} *Colloque ASRDLF,* Rimouski (Canada), 25, 26 & 27 août 2008, 15p.

DEOLA C., FLECKINGER P., 2008. Pesticide regulation: the case of French wines, *Aliss Working Paper 2008-09*, 23 p.

DGAL, 2005. *Guide pour une protection durable de la vigne*, Ministère de l'agriculture et de la pêche, 29 p.

DICH J., ZAHM S.H., HANBERG A., ADAMI H.O., 1997. Pesticides and cancer, *Cancer Causes Control*, vol. 8, pp. 420–443.

DORE T., LE BAIL M., MARTIN P., NEY B., ROGER ESTRADE J. (coord.), 2006. *L'agronomie aujourd'hui. Chapitre 1 : Itinéraire technique, système de culture : de la compréhension de*

fonctionnement du champ cultivé à l'évolution des pratiques agricoles, Ed. Synthèses, pp. 33-98.

DOSI G., 1982. Technological paradigms and directions of technological change, *Research policy*, vol. 11, n°3, p. 147-162.

DOSI G., 1988a. Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation, *Journal of economic literature*, vol. 26, n°3, pp.1120-1171.

DOSI G., 1988b. Institutions and markets in a dynamic world, *The Manchester School*, vol. 56, n°2, pp.119-146.

DOSI G., FREEMAN C., NELSON R., SILVERBERG G., SOETE L., 1988. *Technical Change and Economic Theory,* Ed. Francis Pinter, London and Columbia University Press*,* New York, 646 p.

DOSI G., FAGGIOLO G., MARENGO L., 2005. Learning in evolutionary environments, *In*: DOPFER K. (ed), *Evolutionary foundations of economics*, Cambridge university press, Cambridge.

DOSI G., MARSILI O., ORSENIGO L., SALVATORE R., 1995. Learning, market selection and the evolution of industrial structures, *Small Business Economics*, vol. 7, pp. 411-436.

DOSI G., TEECE D.J., WINTER S.G., 1990. Les frontières des entreprises : vers une théorie de la cohérence de la grande entreprise, *Revue d'économie industrielle*, 1er trimestre 1990, pp.238-254.

DOUCET C., 2002. *Activités viticoles et développement régional*, Thèse ès Sciences économiques, Université Montesquieu Bordeaux IV, 353 p.

DRAPERI J.F., TOUZARD J.M. (eds), 2003. *Coopératives, territoires et mondialisation*, Ed. L'Harmattan, IES.

DUBOS B., 2002. *Maladies cryptogamiques de la vigne*, 2e édition, Ed. Féret, 206 p.

DUPEUBLE T., 2005. Normalisation, ressources cognitives intermédiaires et changement institutionnel : le cas des politiques agro-environnementales en France, *7èmes Journées des Jeunes Chercheurs*, INRA SAE2, 14 et 15 mars.

DUPRAZ P., PECH M., 2007. *Les effets des mesures agri-environnementales*, INRA journée du département SAE2, Evaluation de la Politique agricole commune, juin.

ECONOMIE RURALE, 2000. Les signes officiels de qualité. Efficacité, politique et gouvernance, *Economie rurale*, n°258.

EFA, 1997. Résumé du questionnaire de l'EFA sur la santé et la sécurité dans le domaine des pesticides, présenté lors du deuxième colloque de l'EFA sur les pesticides, tenu le 6/3/1997.

EUREAU REPORT, 2001. Keeping raw drinking water resources safe from pesticides, *Eureau Position Paper*, EU1-01-56 Published April 2001, 15 p.

ETLICHER A., 2006. *Contribution à l'évaluation des coûts environnementaux sur les exploitations agricoles : élaboration d'une méthode d'identification des pratiques environnementales*, Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENSAT, 59 p.

EUROSTAT, 2007. The use of plant protection products in the European Union – data 1992-2003, *Eurostat Statistical Book*, 2007 edition, European Commission, 222 p.

FALCONER K.E., 1998. Managing diffuse environmental contamination from agricultural pesticides: an economic perspective on issues and policy options, with particular reference to Europe, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n°69, pp. 37-54.

FAO, 1967. Report of the first session of the FAO panel of experts on integrated pest control, Meet Rep PL/1967/M/7, September 18-22, Rome, 19 p.

FCVA, 2008. *Chiffres clés* [en ligne], Fédération des Caves Vinicoles d'Aquitaine, consulté le 2 juin 2009, http://www.fcva.com/fcva.asp (consultée le 25.10.2011).

FERNANDEZ-CORNEJO J., 1996. The microeconomic impact of IPM adoption: theory and application, *Agricultural resources economic review*, vol. 25, pp. 149-160.

FERNANDEZ-CORNEJO J., 1998. Environmental and economic consequences of technology adoption: IPM in viticulture, *Agricultural economics*, vol. 18, n°2, pp. 145-155.

FERNANDEZ-CORNEJO J., JANS S., 1995. Quality-adjusted price and quantity indices for pesticides, *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 77, pp. 645-659.

FERNANDEZ-CORNEJO J., JANS S., 1996. The economic impact of IPM adoption for orange producers in California and Florida, *Acta horticulture*, n°429, pp. 325-334.

FERNANDEZ-CORNEJO J., JANS S., SMITH M., 1998. Issues in the economics of pesticide use in agriculture: a review of the empirical evidence, *Review of Agricultural Economics*, vol. 20, n°2, pp. 462-488.

FERRON P., 1999. Protection intégrée des cultures : évolution des concepts et de son application, *In* : FRAVAL A., SILVY C., *La lutte biologique (II), Dossiers de l'environnement de l'INRA*, n°19, pp. 7-18.

FERRON P., DEGUINE J.P., 2005. Vers une conception agroécologique de la protection des cultures – chapitre 15, *In* : REGNAULT-ROGER C. (coord.), *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement,* Paris, Ed. Lavoirsier, Tec & Doc, pp. 347-366.

FILIPPI M., 2004. Réorganisation dans la coopération agricole. Proximités et solidarité territoriale, *Economie rurale*, n°280, pp. 42-58.

FILIPPI M., 2005. Réorganisation dans la coopération agricole. Proximités et solidarité territoriale, *In* : TORRE A., FILIPPI M. (eds), *Proximités et changements socio-économiques dans les mondes ruraux*, Ed. INRA, Paris, pp. 123-142.

FILIPPI M., TRIBOULET P., 2006. Typologie des comportements à innover des coopératives, *Economie rurale*, n°296, pp. 20-37.

FILIPPI M., TRIBOULET P., 2011, Alliances et partenariats dans l'activation des compétences des coopératives agricoles, *Revue Canadienne de Science Régionale*, vol. 33, n°1, p. 115-132

FLORIDA R., 1996. Lean and green: the move to environmentally conscious manufacturing, *California management review*, vol. 39, n°1, pp. 80-105.

FORAY D., 2007. Tacit and codified knowledge, *In*: HANUSCH et PYKA (ed.), *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, Edward Elgar Publishing.

FORAY D., LE BAS C., 1991. Economie de la Recherche Industrielle, *In* : ARENA R., BENZONI L., DE BANDT J., ROMANI P.M., *Traité d'Economie Industrielle*, 2e édition, Coll. Economie, Paris, Ed. Economica, 1014 p.

FORAY D., ZUSCOVITCH E., 1991. L'innovation entre la production et le système technique, *In* : ARENA R., BENZONI L., DE BANDT J., ROMANI P.M., *Traité d'Economie Industrielle*, 2e édition, Coll. Economie, Paris, Ed. Economica.

FRONDEL M., HORBACH J., RENNINGS K., 2007. End-of-pipe or cleaner production? An empirical comparison of environmental innovation decisions across OECD countries, *Business Strategy and the Environment*, vol. 16, n°8, pp. 571-584.

FREEMAN C., 1992. *The Economics of Hope: Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment*, London, Pinter Publishers.

GAFFARD J.L., 1990. *Economie industrielle et de l'innovation,* Paris, Précis Dalloz.

GALET P., 1977. *Les maladies et les parasites de la vigne,* Montpellier, Ed. Paysan du midi, 871 p.

GALET P., 1993. *Précis de viticulture*, 6e édition, Montpellier, Ed. Lavoisier, 580 p.

GALET P., 1999. *Précis de pathologie viticole*, 3e édition, Montpellier, Ed. Lavoisier, Tec & Doc, 280 p.

GALLIÉ É.P., 2004. La coopération, vecteur d'externalités de connaissances, Cahiers de la Maison des sciences économiques, r04062, Université Panthéon-Sorbonne (Paris 1), 15 p.

GASMI N., GROLLEAU G., 2003. Spécificités des innovations environnementales – Une application aux systèmes agro-alimentaires, *Innovations - Cahiers d'économie de l'innovation*, n°198, pp. 73-89.

GEROSKI P.A., 2000. Models of technology diffusion, *Research policy*, vol. 29, n°4-5, pp. 603-625.

GILLY J.P., TORRE A. (eds), 2000. *Dynamiques de proximité*, Ed. L'Harmattan, Paris, Collection Emploi, Industrie et Territoire, 301 p.

GIRAUD-HÉRAUD É., 2001. Internet et la distribution de biens physiques – Analyse de l'émergence de nouvelles structures verticales dans le secteur du vin, Revue économique, vol. 52, n°7.

GNC, 2007. *Les entreprises coopératives en France*, Groupement National de la Coopération, 19 p.

GRANJOU C., GARIN P., 2006. Organiser la proximité entre usagers de l'eau : le cas de la Gestion Volumétrique dans le Bassin de la Charente, *Développement durable et territoires*, *Revue en ligne*, Dossier 7 : Proximité et environnement, mis en ligne le 18 mai 2006, http://developpementdurable.revues.org/index2694.html (consultée le 02 juin 2009).

GRANTHAM G.W., 1975. Scale and organization in French farming, 1840-188, *In* : PARKER W.N., JONES E.L. (eds), *European peasants and their markets : Essays in agrarian economic history*, Princetown, Princetown University Press.

GREEN K., McMEEKIN A., IRWIN A., 1994. Technological trajectories and R&D for environmental innovation in UK firms, *Futures*, vol. 26, n°10, pp. 1047-1059.

GRIFFON M., 2006. *Nourrir la planète*, Ed. Odile Jacob, Paris, 456 p.

GRILICHES Z., 1957. Hybrid corn: an exploration in the economics of technical change, *Econometrica*, vol. 25, n°4, pp .501-522.

GRILICHES Z., 1979. Issues in assessing the contribution of R&D to productivity growth, *Bell journal of economics*, vol. 10, n°1, pp.92-116.

GRILICHES Z., 1984. *R&D, patents and productivity*, University of Chicago Press, Chicago.

GROLLEAU G., 2001. Management environnemental et exploitation agricole, *Économie rurale*, vol. 262, n°1, pp. 35-47.

GROLLEAU G., 2002. *Gestion et certifications environnementales – Une application à l'agriculture*, Thèse ès Sciences Economiques, Université de Dijon.

GUELLEC D., 2009. *Economie de l'innovation*, Paris, Ed. La Découverte, Coll. Repères économie, 128 p.

HALL D.C., DUNCAN G.M., 1984. Econometric evaluation of new technology with an application to integrated pest management, *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 6, n°5, pp. 624-633.

HAMEY P.Y., 2001. The need for appropriate use information to refine pesticide user exposure assessments, *Ann. Occup. Hyg.*, vol. 45, n°1001, pp. 69–79.

HEATON G., 1997. *Environmental policies and innovation: an initial scoping study*, OECD Report prepared for the OECD environment directorate and directorate for science, technology and industry.

HEMMELSKAMP J., 1997. Environmental policy instruments and their effects on innovation, *European Planning Studies*, vol. 2, pp. 177-194.

HINNEWINKEL J.C., 2001. Les usages locaux, loyaux et constants dans les appellations viticoles au nord de l'Aquitaine. Les bases des aires d'appellation d'origine, *Le vin à travers les âges : produit de qualité, agent économique*, Bordeaux, Ed. Féret.

HOLLAND J.H., 1995. *Hidden order, how adaptation builds diversity*, Ed. Addison-Wesley.

HORBACH J., 2008. Determinants of environmental innovations - New evidence from German panel data sources, *Research Policy*, vol. 37, pp. 163-173.

HOHENBERG P.M., 1972. Change in rural France in the period of industrialization, 1830-1914, *Journal of economic history*, vol. 1, pp. 219-240.

IFEN, 2004. *L'état des eaux souterraines en France : aspects quantitatifs et qualitatifs*, Orléans, Ed. IFEN, Coll. Etudes et travaux, n°43, 36 p.

IFV, 2000. *Production intégrée de raisins – De la conception à l'application : état des pratiques et voies d'amélioration*, Groupe de travail production viticole intégrée IFV, 35 p.

IFV, 2002. *Référentiel National pour la Production Intégrée de Raisins – Diagnostic technique de production viticole intégrée – Viticulture durable, les outils support à une mise en pratique*, Groupe de travail Méthodologie Production Intégrée, ITV France, décembre 2002, 32 p.

IFV, 2009. *Le coût des fournitures en viticulture et œnologie 2008 – guide technique et réglementaire*, 37e édition, Chambre d'agriculture du Roussillon, Perpignan, 119 p.

INGRAM J., MORRIS C., 2007. The knowledge challenge within the transition towards sustainable soil management: an analysis of agricultural advisors in England, *Land Use Policy*, n°24, pp. 100-117.

INRS, 2007. *Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France – ED 984 Aide-mémoire technique*, 2e édition, Paris, Ed. INRS, 23 p.

INSEE, 2007. Chiffres clés – Production et valeur ajoutée de l'agriculture, *Tableaux de l'économie française*.

IWAI K., 1984a. Schumpeterian dynamics, Part I: an evolutionary model of innovation and imitation, *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 5, n°2, pp. 159-190.

IWAI K., 1984b. Schumpeterian dynamics, Part II: Technological progress, firm growth and 'economic selection', *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 5, n°3-4, pp. 321-351.

JAFFE A.B., 1989. Real effects of academic research, *The American Economic Review*, vol. 79, n° 5, décembre, pp. 957-970.

JAFFE A.B., PETERSON S.R., PORTNEY P.R., STAVINS R.N., 1995. Environmental regulation and the competitiveness of U.S. manufacturing: what does the evidence tell us?, *Journal of economic literature*, vol. 33, n°1, pp. 132-163.

JONARD N., YILDIZOGLU M., 1998. Technological diversity in an evolutionary industry model with localized learning and network externalities, *Structural change and economic dynamics*, vol. 9, n°1, pp. 35-55.

JONARD N., YILDIZOGLU M., 1999. Sources of technological diversity, *Cahiers de l'innovation*, 99030, CNRS, Paris.

KEMP R., 1993. An economic analysis of cleaner technologies: Theory and evidence, *In* : FISHER K., SCHOT J. (eds.), *Environmental Business Strategies - International Perspectives of Research and Policy Implications*, Washington D.C., Ed. Island Press, pp. 79-113

KEMP R., 1997. *Environmental policy and technical change: a comparison of the technological impact of policy instruments*, Cheltenham, Ed. Edward Elgar.

KEMP R., 2000. Technology and environmental policy – Innovation effects of past policies and suggestions for improvement, *Paper for OECD workshop on Innovation and environment*, 19 June 2000, Paris.

KEMP R., ARUNDEL A., 1998. Survey indicators for environmental innovation, *IDEA report* 8, STEP group, Norway.

KEMP R., PONTOGLIO S., 2008. The innovation effects of environmental policy instruments – a typical case of the blind men and the elephant, Paper for *DIME WP 2.5 Workshop on empirical analysis of environmental innovations*, ISI, Karlsruhe, January, 17th – 18th, 2008.

KEMP R., SOETE L., 1993. "Le progrès technique passe au vert – une perspective évolutive", *INSEE Méthodes* 39-40, pp. 175-186.

KIRAT T., MELOT R., 2006. Du réalisme dans l'analyse des conflits d'usage: les enseignements de l'étude du contentieux, *Développement durable et territoire, Revue numérique*, http://developpementdurable.revues.org/document2574.html (consultée le 25.10.2011).

KLERKX L., JANSEN J., 2010. Building knowledge systems for sustainable agriculture: supporting private advisors to adequately address sustainable farm management in regular service contacts, International Journal of Agricultural Sustainability, vol. 8, n°3, pp. 148-163.

KLINE L., ROSENBERG N., 1986. An overview of innovation, *In*: LANDAU R., ROSENBERG N. (eds), *The positive sum strategy*, Washington, Ed. National Academy Press.

LABARTHE P., 2005. Trajectoire d'innovation des services et inertie institutionnelle : dynamique du conseil dans trois agricultures européennes, *Géographie, Economie, Société*, 2005/3, vol. 73, pp. 289-311.

LABARTHE P., 2006. *La privatisation du conseil technique agricole en question. Evolutions institutionnelles et performances des services de conseil dans trois pays européens (Allemagne, France, Pays-Bas)*, Thèse de doctorat ès Sciences économiques, Université de Marne-la-Vallée.

LAPORTE C., PICHERY M.C., 1996. Coûts de production de vins AOC en Bourgogne, *Cahier de la VDQS,* n°1, avril 1997, 20 p.

LARGERON C., AURAY J.P., 1998. Mesures ou voisinages : Que choisir pour évaluer une proximité ? – chapitre 2, In : BELLET M., KIRAT T., LARGERON C., (eds), Approches *multiformes de la proximité*, Paris, Ed. Hermès, Collection Interdisciplinarité et nouveaux outils, pp. 41- 63

LAURENT C., CERF M., LABARTHE P., 2006. Agricultural extension services and market regulation: learning from a comparison of six EU countries, *European Journal of Agricultural Education and Extension*, vol. 12, n°1, pp. 5-16.

LAURIER D., 1998. Les enquêtes de cohorte : quand, comment ? - Note méthodologie, *Sang Thrombose Vaisseaux*, vol. 10, n°3, mars 1998, p. 175-182.

LAZARIC N., 2000. The role of routines, rules and habits in collective learning: some epistemological and ontological considerations, *European journal of economic and social systems*, vol. 14, n°2, pp. 157-171.

LAZARIC N., 2008. Routines and routinization: an exploration of some micro-cognitive foundations, *In* : BECKER M. (dir.), *Handbooks of organizational routines*, Cheltenham, Ed. Edward Elgar, pp. 205-227.

LAZARIC N., 2010. *Les théories économiques évolutionnistes*, Paris, Ed. La Découverte, Coll. Repères économie, 125 p.

LE BAS C., 1995. *Economie de l'innovation*, Paris, Ed. Economica, Coll. Economie Poche n°19, 112 p.

LE BAS C., ZUSCOVITCH E*.,* 1993. Apprentissage technologique et organisation : une analyse des configurations micro-économiques, *Economies et sociétés*, n°1, pp. 211-229.

LE CLECH B., 1995. *Références : Environnement et Agriculture*, Ed. Synthèse Agricole, 290 p.

LEGER B., NAUD O., BELLON-MAUREL V., CLERJEAU M., DELIERE L., CARTOLARO P., DELBAC L., 2010. GrapeMilDeWS: a formally designed integrated pest management decision process against grapevine powdery and downy mildews, *In* : MANOS B., PAPARRIZOS K., MATSATSINIS N., PAPATHANASIOU J., *Decision Support Systems in Agriculture, Food and the Environment : Trends, Applications and Advances*, IGI Global.

LEGER B., CARTOLARO P., DELIERE L., DELBAC L., CLERJEAU M., NAUD O., 2007. An expert based crop protection decision strategy against grapevine's powdery and downy mildews epidemics: Part 1) formalization, presented at *Meeting of the IOBC/WPRS Working Group Integrated Control in Viticulture*, Marsala, Sicily.

LEMARIE S., 1995. *Rationalité des choix en R&D dans le cadre de la théorie évolutionniste : une application à l'industrie des semences*, Thèse de doctorat ès Sciences économiques, 325 p.

LLERENA P., OLTRA V., 2002a. Diversité des processus d'apprentissage et efficacité dynamique des structures industrielles, *Revue d'Economie Industrielle*, vol. 98, 1er trimestre, pp. 95-120.

LLERENA P., OLTRA V., 2002b. Diversity of innovative strategy as a source of technological performance, *Structural change and economic dynamics*, vol. 13, n°2, pp. 179-201.

LOHR L., PARK T., HIGLEY L., 1999. Farmer risk assessment for voluntary insecticide reduction, *Ecological Economics*, vol. 30, n°1, pp. 121-130.

LOVINS A.L., 1998. *Climate: Making Sense and Making Money*, Rocky Mountain Institute, Snowmass, CO.

LUCAS P., MEYNARD J.M., 2000. *La protection intégrée des cultures à l'INRA*, Rapport à la direction scientifique EFA, Paris, 28 p.

LUNDALL B.A., 1992. *National systems of innovation*, London, Ed. Pinter publishers.

LUNDVALL B.A., 1988. Innovation as an Interactive Process - From User-Producer Interaction to the National System of Innovation, *In* : DOSI G., FREEMAN C., NELSON R., SILVERBERG G., SOETE L., *Technical Change and Economic Theory,* Francis Pinter London, and Columbia University Press*,* New York, pp. 349-369.

LUNDVALL B.A., JOHNSON B., 1994. The learning economy, *Journal of Industry Studies*, vol. 1, n°2, December 1994, pp. 23-42.

LUNG Y., 2001. Coordinating competencies and knowledge: A critical issue for regional automotive systems, *International Journal of Automotive Technology and Management*, vol. 1, n°1, pp. 108-127.

MAHÉ L.P., ORTALO-MAGNÉ F., 2001. *Politique agricole, un modèle européen,* Paris, Ed. Presses de Sciences Po, 234 p.

MALAVOLTA C., BOLLER E.F., 2009. *Guidelines for Integrated Production*, IOBC/WPRS Bulletin, Vol. 46, 21 p.

MALERBA F., 1992. Learning by Firms and Incremental Technical Change, *Economic Journal*, vol. 102, n°413, pp. 845-859.

MALERBA F., 2002. Sectoral systems of innovation and production, *Research policy*, vol. 31, pp. 247-264.

MALERBA F., NELSON R., ORSENIGO L., WINTER S., 1999. « History-friendly » models of industry evolution: the computer industry, *Industrial and Corporate Change*, vol. 8, n°1, pp. 3-40.

MALERBA F., NELSON R., ORSENIGO L., WINTER S., 2007. Demand, innovation, and the dynamics of market structure: The role of experimental users and diverse preferences, *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 17, n°4, pp. 371-399.

MALERBA F., ORSENIGO L., 1993. Technological regimes and firm behavior, *Industrial and corporate change*, vol. 2, pp. 45-74.

MALERBA F., ORSENIGO L., 1996. Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific, *Research Policy*, vol. 25, pp. 451-478.

MALERBA F., ORSENIGO L., 1997. Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities, *Industrial and Corporate Change*, vol. 6, n°1, pp. 83-117.

MALERBA F., ORSENIGO L., 2002. Innovation and market structure in the dynamics of the pharmaceutical industry and biotechnology: Towards a history friendly model, *Industrial and Corporate Change*, vol. 11, n°4, pp. 667-703.

MANUEL D'OSLO, 2005. *La mesure des activités scientifiques et technologiques. Principes directeurs proposés pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation technologique*, OCDE/CE/Eurostat, 3e version.

MANSFIELD E., 1961. Technical change and the rate of imitation, *Econometrica*, vol. 29, pp. 741-766.

MANSFIELD E., 1968. *The Economics of Technological Change*, New York, Ed. W.W. Norton and Co.

MANSFIELD E., 1995. Academic research underlying industrial innovations : sources, characteristics, and financing, *The Review of Economics and Statistics*, vol. LXXVII, n°1, pp. 55-65.

MATHE J., RIVAUD A., 2009. Les enjeux cognitifs du défi environnemental dans l'agriculture : regards croisés France-Québec, *Colloque ASRDLF,* Clermont-Ferrand (France), 6-8 juillet 2009, 17 p.

MAURSETH B., VERSPAGEN B., 1998. Knowledge spillovers in Europeand its consequences for systems of innovation, *ECIS Working Paper*, n°98-001, octobre, 21 p.

MAZZANTI M., ZOBOLI R., 2006. Examining the factors influencing environmental innovations*, FEEM Working Papers,* n° 2006.20, Fondazione Eni Enrico Mattei.

MEI Report, 2008. Measuring Eco Innovation, *Project for DG research of the European Commission*, Draft version of March 2008, 19 p.

MENDRAS H., 1970. *Vanishing peasant. Innovation and change in French agriculture*, Cambridge Massachussetts, Massachussetts Institute of Technology Press.

MENIVAL D., 2004. Le lancement d'une innovation procédurale dans un secteur de production : le cas de la viticulture raisonnée en Champagne, *Oenométrie XI, VDQS*, Dijon, 21-22 mai 2004.

METCALFE J.S., 1990. Impulse and Diffusion in the Study of Technological Change, *In* : FREEMAN C. (ed.), *The Economics of Innovation*, Ed. Edward Elgar.

METCALFE J.S., 1995a. The Design of Order - Notes on Evolutionary Principles and the Dynamics of Innovation, *Revue économique*, vol. 46, n°6, pp. 1561-1583.

MEZIERE D., GARY C., BARBIER J.M., BERNOS L., CLEMENT C., CONSTANT N., DELIERE L., FORGET D., GROSMAN J., MOLOT B., RIO P., SAUVAGE D., SENTENAC G., 2009. Ecophyto R&D – vers de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires volet 1 – Tome III : Analyse comparative de différents systèmes en viticulture, Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire & Ministère de l'agriculture et de la pêche, janvier 2009, 57 p.

MOLLARD A., CHATELLIER V., CORDON J.M., DUPRAZ P., JACQUET F., 2003. L'agriculture contre l'environnement ? Diagnostic, solutions et perspectives économiques, *Annales des Mines*, avril, pp. 37-59.

MSA, 2010. *Dossier de presse MSA Phytosanitaires ? Quelle place pour les agriculteurs ?*, 23 mars 2010, 26 p.

MUELLER S., SIRIEIX L., REMAUD H., 2011. Are personal values related to sustainable attribute choice?, *6th AWBR International Conference,* 9 – 10 June 2011, Bordeaux Management School – BEM – France , 16 p.

MULTIGNER S., CORDIER S., JÉGOU B., 2005. Effets adverses des produits phytosanitaires sur la santé humaine – Chapitre 11, *In* : REGNAULT-ROGER C. (coord.), *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*, Paris, Ed. Lavoisier, Tec & Doc, pp. 243-260.

MUNDLER P., LABARTHE P., LAURENT C., 2006. Les disparités d'accès au conseil – Le cas de la région Rhône-Alpes, *Economie rurale*, n°291, pp. 26-41.

MZOUGHI N., 2005. *Analyse économique des approches volontaires de régulation de l'environnement*, Thèse ès Sciences économiques, Université de Bourgogne, 220 p.

NELSON R.R., 1986. Institutions supporting technical advance in industry, *American Economic Review Proceedings*, vol. 76, pp. 186-189.

NELSON R.R., 1993. *National Systems of Innovation - A Comparative Study,* Ed. Oxford University Press, Oxford.

NELSON R., 1995. Recent evolutionary theorizing about economic change, *Journal of economic literature*, vol. 33, pp. 48}90.

NELSON R.R., WINTER S.G., 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change*, The Belknap Press of Harvard University Press Cambridge, Massachussets, London, England, 437 p.

NONAKA I., TAKEUCHI H., 1995. The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation, USA, Ed. Oup, 298 p.

OILB, 1993. *Principles and Guidelines for IPM*, Bulletin IOBC/WPRS.

OLTRA V., 1997a. Industrial Dynamics and diversity in schumpeterian technological regimes, *Mimeo BETA Strasbourg*, n° 9715.

OLTRA V., SAINT-JEAN M., 2005. Environmental innovation and clean technology: an evolutionary framework, *International Journal of Sustainable Development*, vol. 8, n°3, pp. 153-172.

OLTRA V. et SAINT-JEAN M., 2011. Innovations environnementales et dynamique industrielle (chapitre 7), *In* : BELIS-BERGOUIGNAN M.C., JULLIEN B., LUNG Y., YILDIZOGLU M. (coord.), *Industries, Institutions, Innovations – Eléments de dynamique industrielle*, Pessac, Ed. Presses universitaires de Bordeaux, pp. 297-346.

ONIVINS, 1998. *La consommation du vin en France*, Etude ONIVINS – INRA – conférence de presse SITEVI du 13 septembre 2005, http://www.onivins.fr/pdfs/947.pdf (consultée le 25.10.2011).

ORLÉANS A. (ed), 1994. *Analyse économique des conventions*, Paris, Presses Universitaires de France.

OSTY P.L., 1990. Le fait technique en agronomie. Point de vue et questions sur quelques concepts - Chapitre 1, *In* : BROSSIER J., VISSAC B., LE MOIGNE J.L., *Modélisation systémique et systèmes agraires - Décision et organisation,* Actes du séminaire du département SAD, Saint Maximin, les 2 et 3 mars 1989, INRA Editions, pp.19-28.

PAILLER J., 1998. Identification et analyse des principales stratégies des domaines viticoles de l'Entre-Deux-Mers, *Revue I.A.A.*, n°6, 8 p.

PAILLER J., 2004. Ordres de grandeur – Appellations Bordeaux, Bordeaux supérieur 2002 – ENITA de Bordeaux, 51 p.

PAILLER J., CORADE N., 2004. Gestion des domaines viticoles : une approche technico-économique pour mieux évaluer les nouvelles pratiques, *Actes du Colloque international VDQS (Vineyard Data Quantification Society)*, Dijon, 17 p.

PAILLOTIN, 2008. *Rapport final du Président du comité opérationnel « Ecophyto 2018 », Chantier 15 « Agriculture écologique et productive »*, 17 juin 2008, 142 p.

PALMER K., OATES W.E., PORTNEY P.R., 1995. Tightening environmental standards: the benefits-cost or the no-cost paradigm?, *Journal of economic perspectives*, vol. 9, n°4, pp. 119-132.

PAN-Europe, 2008. *Étude vin PAN-Europe MDRGF - « Message dans une bouteille » - Étude sur la présence de résidus de pesticides dans le vin*, 26 mars 2008, 20 p.

PATEL P., PAVITT K., 1995. Patterns of technological activity: their measurement and interpretation, *In*: STONEMAN P. (ed), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Ed. Blackwell, Oxford, pp. 14-51.

PAVITT K., 1984. Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory, *Research policy*, vol. 13, n°6, pp. 343-373.

PDRH, 2007. *Plan de développement rural hexagonal*, MAP, http://agriculture.gouv.fr/le-programme-de-developpement (consultée le 25.10.2011).

PECQUEUR B., ZIMMERMANN J.B., 2004. « Introduction. Les fondements d'une économie de proximités », *In* : B. PECQUEUR, J.B. ZIMMERMANN (eds), *Economie de proximités*, Ed. Lavoisier, pp. 13-42.

PETIT M., 2011. *Pour une agriculture mondiale productive et durable*, Versailles, Ed. Quae, 112 p.

PERRET-SENDRAL I., FAGOT M., 2002. Etat d'avancement des travaux des groups régionaux chargés de la lutte contre la pollution des eaux par les produits phytosanitaires. Actions 1999, 2000 et 2001, *Etude Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement*, 43 p.

PHILOGÈNE B., 2005. Effets non intentionnels des pesticides organiques de synthèse : impact sur les écosystèmes et la faune – Chapitre 7, *In* : REGNAULT-ROGER C. (coord.), *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement,* Paris, Ed. Lavoirsier, Tec & Doc, pp. 171-188.

PHILOGÈNE B., FABRE G., REGNAULT-ROGER C., 2005. Protection des cultures, environnement et développement durable : enjeux pour le XXI^{e} siècle - Introduction, *In* : REGNAULT-ROGER C. (coord.), *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*, Paris, Ed. Lavoirsier, Tec & Doc, pp. 1-14.

POLANYI M., 1958. *Personal Knowledge. Towards a Post Critical Philosophy,* Ed. Routledge, London, 428 p.

PONSSARD J.P., 1994. Formalisation des connaissances, apprentissage organisationnel et rationalité interactive – chapitre 7, *In* : ORLÉAN A. (dir.), *Analyse économique des conventions*, Paris, Presses Universitaires de France, pp. 169-198.

POPP D., HAFNER T., JOHNSTONE N., 2007. Policy vs consumer pressure: innovation and diffusion of alternative bleaching technologies in the pulp industry, *NBER working paper*, W13439, Cambridge Mass, National bureau of economic research (NBER).

PORTER M.E., VAN DER LINDE C., 1995. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship, *The Journal of Economic Perspectives*, vol. 9, n°4, pp.97-118.

PORTER M.E., BOND G.C. 2003. *The California Wine Cluster*, Harvard Business School. Case 9-799-124, Cambridge, Massachussetts, Harvard Business School Press.

POSSAS M.L., SALLES-FILHO S., DA SILVEIRA J.M., 1996. An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks. *Research policy*, vol.25, n°6, pp. 933-945.

QUELIN B., 1991. La diffusion des innovations : une analyse inter-industrielle, *In* : ARENA R., BENZONI L., DE BANDT J., ROMANI P.M., *Traité d'économie industrielle*, 2e édition, Ed. Economica, pp. 646-659.

RAMONET M., 2003. *Le développement durable, réponse aux enjeux agricoles et environnementaux*, Rapport d'information de la commission des affaires économiques, de l'environnement et du territoire sur les activités agricoles et la protection de l'environnement, n°1237, le 19 novembre 2003.

RAYNAL M. 2004. Optidose : Optimisation de l'intrant phytosanitaire, *Colloque AFPP Cietap*, Orléans, mars 2004.

REHFELD K.M., RENNINGS K., ZIEGLER A., 2007. Integrated product policy and environmental product innovations: an empirical analysis, *Ecological Economics*, vol. 61, pp. 91-100.

RENNINGS K., 2000. Redefining innovation - eco-innovation research and the contribution from ecological economics, *Ecological economics*, vol. 32, pp. 319-332.

REYNIER A., 2003. *Manuel de Viticulture : Guide technique du viticulteur*, 9ème édition, Tec & Doc, 548 p.

RICHARD F., 2008. *Recherche, invention et innovation*, Ed. Economica, Paris.

RIPLEY B.D., 1996. *Pattern recognition and neural networks*, Cambridge, Cambridge University Press, 416 p.

RIVAUD A., 2008. Nouvelle gouvernance agricole et trajectoires productives dans les exploitations : vers une meilleure prise en compte des enjeux environnementaux, *Economies et Sociétés,* HS n°42, pp. 1461-1486.

RIVAUD A., MATHE J., 2011. Les enjeux cognitifs du défi environnemental dans les exploitations agricoles, *Economie rurale*, n°323, pp. 21-35.

REGNAULT-ROGER C. (coord.), *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*, Paris, Ed. Lavoirsier, Tec & Doc, 1013 p.

ROBY J.P., VAN LEEUWEN K., MARGUERIT E., 2008. Références Vigne : Références technico-économiques de systèmes de conduite de la vigne, 2e édition, Ed. Synthèse agricole, 268 p.

ROCHARD J., 2005. *Traité de viticulture et d'œnologie durables*, Chaintré, Ed. Oenoplurimédia, Coll. Avenir œnologie, 310 p.

ROSENBERG N., 1982. *Inside the black box: technology and economics*, Cambridge, Cambridge Press University.

RUTTAN V.W., 1978. *Induced innovation: technology, institutions and development*, Binswanger (H.P.), Baltimore, London, J. Hopkins University Press.

SAINT-GÈS V., 2006a. *Innovations environnementales dans la viticulture. Une lecture économique du cas girondin*, Thèse ès Sciences économiques, Université Montesquieu Bordeaux IV, 286 p.

SAINT-GÈS V., 2006b. Les politiques environnementales relatives à l'utilisation des produits phytosanitaires : proximités et innovations, *Cahiers du GRES*, n°2006-06, 24 p.

SAINT-JEAN M., 2002. *Émergence et diffusion des technologies propres au sein de relations verticales interfirmes*, Thèse ès Sciences économiques, Université de Montesquieu Bordeaux IV, 415 p.

SAMIE H., 1995. Des coûts de production aux coûts de revient : calcul et analyse de données de 19 exploitations viticoles du Médoc pour l'année 1994, *Mémoire d'Ingénieur des Travaux Agricoles*, ENITA de Bordeaux, 43 p.

SAMIE H., DEL'HOMME B., 2011. Le coût de la main d'œuvre en viticulture – un facteur clé méconnu et mal évalué, Union Girondine des Vins de Bordeaux, n°1080, août 2011, pp. 41-46.

SCHUMPETER J.A., 1934. *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Harvard University Press.

SCHUMPETER J.A., 1942, *Capitalisme, Socialisme et Démocratie*, Edition française, 1990, Payot, Paris.

SHARFMAN M.P., MEO M., ELLINGTON R.T., 2000. Regulation, business, and sustainable development : the antecedents of environmentally conscious technological innovation, *American behavioral scientist*, vol. 44, n°2, pp. 277-302.

SILVERBERG G., DOSI G., ORSENIGO L., 1988. Innovation, Diversity and Diffusion: A Self Organisation Model, *The Economic Journal*, vol. 98, n°393, pp. 1032-1054.

SIMON H.A., 1955. A Behavioral Model of Rational Choice, *Quaterly journal of economics*, vol. 69, pp. 99-118.

SIMON H.A., 1972. Theories of Bounded Rationality, *In:* McGUIRE C.B., RADNER R. (eds), *Decision and Organization,* North-Holland Publishing Company, pp. 161-176.

SOETE L., 1979. Firm Size and Inventive Activity : The Evidence Reconsidered, *European Economic Review*, vol. 12, n°4, pp. 319-340.

SRPV, 2001. *Les modalités de dissipation des produits phytosanitaires dans les différents compartiments de l'environnement*, Service régional de la protection des végétaux Midi-

Pyrénées, http://www.srpv-midi-pyrenees.com/pages2007/index.htm (consultée le 25.10.2011).

STEYER A., ZIMMERMANN J.B., 2004. Influence sociale et diffusion d'innovation, *Document de Travail GREQAM,* n°2004-17, 19 p.

STORPER M., 2000. L'innovation comme action collective : produits, technologies et territoires, *In* : GILLY J.P., TORRE A., *Dynamiques de proximité*, Ed. L'Harmattan, Coll. Emploi, Industrie et Territoire, pp. 99-129.

TORRE A., 2004, Proximité et Territoires, *Economie Rurale*, numéro spécial n°280.

TORRE A., 2008. On the role played by temporary geographical proximity in knowledge transmission, *Regional Studies*, vol. 42, n°6, July, pp. 869-889.

TORRE A., FILIPPI M., 2005. Les mutations à l'œuvre dans les mondes ruraux et leurs impacts sur l'organisation de l'espace, *In* : TORRE A., FILIPPI M. (eds), *Proximités et changements socio-économiques dans les mondes ruraux*, Paris, Ed. INRA, pp. 1-36.

TORRE A., RALLET A., 2005. Proximity and localization, *Regional Studies*, vol. 39, n°1, pp. 47-60.

TORRE A., ZUINDEAU B., 2009. Proximity economics and environment: assessment and prospects, *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 52, n°1, january, pp. 1-24.

UGAGLIA A., 2009. Pratiques de comptabilité analytique en viticulture : des coûts de production au coût des pratiques environnementales, *La Revue du Financier*, n°176, mars-avril 2009.

UGAGLIA A., DEL'HOMME B., 2009. L'intégration de la dimension environnementale dans les activités des opérateurs des circuits de distribution - Le cas de la filière vins bordelaise, *Actes du Colloque international VDQS (Vineyard Data Quantification Society), Enometrics XVI,* Namur (Belgique), 22 et 23 mai 2009, 17 p.

UIPP, 2008. *La lettre spéciale de l'UIPP – Produits phytopharmaceutiques*, 4p.

UIPP, 2009. *Les chiffres clés – Produits phytopharmaceutiques, informations pour les professionnels de l'agriculture*, 2009, UIPP Service pro.

UNRUH G.C., 2000. Understanding carbon lock-in, Energy policy, vol. 28, pp. 817-830.

VALENTE M., 2008. Simulations with LSD – Manual, 3 Juin 2008, 193 p. Avalaible at E:/Lsd/Manual/Manual.pdf (consulté le 05/08/11).

VAN DAM D., NIZET J., DEJARDIN M., STREITH M., 2009. *Les agriculteurs biologiques – Ruptures et innovations*, Dijon, Ed. Educagri, 141 p.

VIAUX P., LE MONNIER DE GOUVILLE E., 1994. *Le temps consacré par les agriculteurs à la prise de décision et au suivi technique des cultures*, Institut Supérieur Agricole de Beauvais, 91 p.

VEDEL G., 2006. Développement agricole et conseil aux agriculteurs : de la productivité au développement durable – Chapitre 2, *In* : RÉMY J., BRIVES H., LÉMERY B. (coord.), *Conseiller en agriculture*, Ed. INRA, Educagri, pp. 37-58.

VINIFLHOR INFO, 2009. Pratiques culturales sur vignes et pratiques oenologiques : connaissances et opinions des Français, *Viniflhor Info*, n°160, février 2009, 12 p.

VON HIPPEL E., 1994. 'Sticky Information' and the Locus of Problem Solving: Implications for Innovation, *Management Science*, vol. 40, no°4, april 1994, pp. 429-439.

WAGNER M., 2007. On the relationship between environmental management, environmental innovation and patenting: Evidence from German manufacturing firms, *Research Policy*, vol. 36, n°10, pp. 1587-1602.

WALLISER B., 1989. Instrumental rationality and cognitive rationality, *Theory and Decision*, vol. 27, p. 7-36.

WINTER S., 1984. Schumpeterian competition in alternative technological regimes, *Journal of economic behavior and organization*, vol. 5, pp. 287-320.

WYSS G.S., SEILER K., 2004. *Pollution environnementale et problèmes de dérives des traitements touchant des parcelles viticoles biologiques : campagne d'analyses 2033-2004 – Résultats provisoires*, FIBL, Institut de Recherche en Agriculture Biologique, Frick, Service du contrôle des denrées alimentaires, 2 p.

YILDIZOGLU M., 2001a. Connecting adaptative behavior and expectations in models of innovation: the potential role of artificial neural networks, *European journal of economics and social systems*, vol. 15, n°3, pp. 203-220.

YILDIZOGLU M., 2001b. Modelling adaptative learning: R&D strategies in the model of Nelson & Winter (1982), *Working paper IFREDE-E3i*.

YILDIZOGLU M., 2002. Competing R&D strategies in an evolutionary industry model, *Computational economics*, vol. 19, pp. 52-65.

YILDIZOGLU M., 2011. Approche évolutionniste de la dynamique économique – Chapitre 1, *In* : BÉLIS-BERGOUIGNAN M.C., JULLIEN B., LUNG Y., YILDIZOGLU M. (coord.), *Industries, innovations, institutions – Éléments de dynamique industrielle*, Pessac, Ed. Presses universitaires de Bordeaux, pp. 23-66.

Table des encadrés, figures et tableaux

Table des encadrés, figures et tableaux

Encadrés

Encadré 1 : La directive 91/414/CEE -62-

Encadré 2 : La liste des engagements unitaires possibles en viticulture -64-

Encadré 3 : Les axes du programme Ecophyto 2018 -67-

Figures

Figure 1 : Le marché mondial des pesticides par région du monde -43-

Figure 2 : Quantités de produits chimiques de protection des plantes utilisés en 2003 dans le top 5 européen -44-

Figure 3 : Le marché phytosanitaire en Europe en 2003 -45-

Figure 4 : Evolution du marché français des pesticides -46-

Figure 5 : Quantités de pesticides utilisés en France par type de culture -48-

Figure 6 : Voies de transfert des produits phytosanitaires dans l'environnement -52-

Figure 7 : IFT moyen par région viticole en 2006 -68-

Figure 8 : Synthèse des déterminants de l'adoption des pratiques phytosanitaires économes en fongicides en viticulture -121-

Figure 9 : Le modèle de liaison en chaîne -133-

Figure 10 : Représentation stylisée des interactions pour la réduction des fongicides en viticulture -154-

Figure 11 : Synthèse de la démarche conceptuelle de la thèse -159-

Figure 12 : Evolution de l'échantillon des exploitations viticoles au cours des programmes de recherche -182-

Figure 13 : Répartition géographique des différentes parcelles du réseau expérimental en 2010 -188-

Figure 14 : Eléments composant un *box-plot* -189-

Figure 15 : Représentation temporelle simplifiée du Processus Opérationnel de Décision Mildium -191-

Figure 16 : Relation entre les coûts des activités (*ABC*) et des opérations culturales (*OBC*) -191-

Figure 17 : Composition du coût d'un traitement phytosanitaire dans la méthode *OBC* -193-

Figure 18 : Comparaison du coût total du processus de protection phytosanitaire selon les pratiques, 2010 -197-

Figure 19 : Comparaison des coûts entre le POD Mildium et le processus conventionnel de l'exploitation, 2010 -197-

Figure 20 : Diminution des coûts de production lors de la mise en œuvre du POD Mildium, 2010 -198-

Figure 21 : Coût par région du POD Mildium (à gauche) et de la stratégie conventionnelle (à droite), 2010 -199-

Figure 22 : Réductions des coûts observés avec le POD Mildium selon la région, 2010 -199-

Figure 23 : Réduction de coût avec le POD Mildium par poste de charges, 2010 -202-

Figure 24 : Réduction des coûts avec le POD Mildium après déduction du coût des observations au tarif viticulteur, 2010 -204-

Figure 25 : Réduction des coûts avec le POD Mildium après déduction du coût des observations au tarif conseiller-cadre, 2010 -205-

Figure 26 : Les différentes méthodes de réduction des pesticides citées par les acteurs interrogés, 2011 -223-

Figure 27 : Structure du modèle PEST -247-

Figure 28 : Schéma récapitulatif des principes de fonctionnement du modèle PEST -260-

Figure 29 : Coût des processus de protection phytosanitaires pour l'« *IPM* » (à gauche) et pour la technologie « Pesticides » (à droite) -270-

Figure 30 : Réduction de coût lors du passage à l'« *IPM* » sur 100 simulations -272-

Figure 31 : Marge phytosanitaire des processus de protection phytosanitaire pour l'« *IPM* » (à gauche) et pour la technologie « Pesticides » (à droite) -273-

Figure 32 : Apprentissage interne INT (à gauche) et apprentissage externe EXT (à droite) -277-

Figure 33 : Nombre de périodes avec l'« *IPM* » en fonction du conseiller (*sc, C1,* -280-

C2, C3, C4)

Figure 34 : Nombre de périodes avec l'« *IPM* » en fonction du voisinage (*V1, V2, V3, V4*) -282-

Figure 35 : Réduction d'IFT en % pour le marché (à gauche), en valeur absolue pour le marché (au centre) et en IFT moyen par exploitation (à droite) -284-

Figure 36 : Population d'adoptants à la dernière période en % et en valeur absolue -286-

Figure 37 : Déterminants du nombre de périodes avec l'« *IPM* » (*PeriodIPM*) -287-

Figure 38 : Déterminants de la marge phytosanitaire des exploitations viticoles -289-

Tableaux

Tableau 1 : La production de vin en France en 2009 -21-

Tableau 2 : Récolte viticole française de 1847 à 1858 -38-

Tableau 3 : Prépondérance de l'utilisation des fongicides en France en 2006 -49-

Tableau 4 : Typologie des stratégies de protection des vignobles économes en intrants chimiques -106-

Tableau 5 : Diversité des sources d'innovation pour la réduction des fongicides en viticulture -151-

Tableau 6 : Niveaux de rupture avec l'usage intensif des pesticides en viticulture -174-

Tableau 7 : Echantillon de l'enquête sur les acteurs du secteur, 2011 -192-

Tableau 8 : Critères d'évaluation des résultats du POD Mildium -195-

Tableau 9 : Rythme de réalisation des observations au cours du processus conventionnel dans les exploitations viticoles de l'échantillon, 2010 -209-

Tableau 10 : Sources d'information utilisées par les viticulteurs enquêtés, 2010 -211-

Tableau 11 : Variables retenues pour l'analyse des résultats, modèle PEST -265-

Tableau 12 : Statistiques descriptives relatives au coût des processus de protection phytosanitaire (euros/ha) -271-

Tableau 13 : Test de Mann-Whitney relatif au coût des processus de protection phytosanitaire -271-

Tableau 14 : Statistiques descriptives relatives à la marge phytosanitaire des -274-

processus de protection phytosanitaire (euros/ha)

Tableau 15 : Test de Mann-Whitney relatif à la marge des processus de protection phytosanitaire -274-

Tableau 16 : Test de Mann-Whitney relatif à l'apprentissage interne *INT* et externe *EXT* des exploitations viticoles -278-

Tableau 17 : Test de Mann-Whitney relatif à l'apprentissage externe *EXT* en fonction de l'organisme de conseil -278-

Tableau 18 : Test de Mann-Whitney relatif au niveau de compétences *SKL* en fonction de l'organisme de conseil -279-

Tableau 19 : Statistiques descriptives relatives au nombre de périodes avec l'« *IPM* » en fonction de l'organisme de conseil -280-

Tableau 20 : Test de Mann-Whitney relatif au nombre de périodes avec l'« *IPM* » en fonction de l'organisme de conseil -281-

Tableau 21 : Statistiques descriptives relatives au nombre de périodes avec l'« *IPM* » en fonction du voisinage -282-

Tableau 22 : Test de Mann-Whitney relatif au nombre de périodes avec l'« *IPM* » en fonction du voisinage -282-

Tableau 23 : Test de Mann-Whitney relatif au niveau de compétences *SKL* des exploitations en fonction du voisinage -283-

Tableau 24 : Avantages et inconvénients de la combinaison des proximités dans le cadre de la réduction de l'utilisation des pesticides -307-

ANNEXES

Table des annexes

Annexe I-A : Un point sur l'oïdium -357-

Annexe I-B : Un point sur le mildiou -359-

Annexe II-A : Définitions des innovations environnementales -361-

Annexe II-B : Des opportunités technologiques pour la réduction des pesticides en viticulture -363-

Annexe II-C : Déterminants empiriques des innovations environnementales -365-

Annexe III-A : Référentiel national pour la protection intégrée (extrait) -367-

Annexe III-B : Réflexion sémantique autour des termes itinéraire technique et opération culturale -371-

Annexe III-C : Glossaire des opérations culturales -381-

Annexe III-D : Fiche d'enregistrement et de saisie des données comptables et extra-comptables -403-

Annexe III-E : Questionnaire de l'enquête sur les freins -407-

Annexe III-F : Questionnaire de l'enquête sur le rôle des acteurs du secteur dans la réduction des pesticides -431-

Annexe III-G : Résultats agronomiques et environnementaux du POD Mildium -437-

Annexe III-H : Statistiques complémentaires -449-

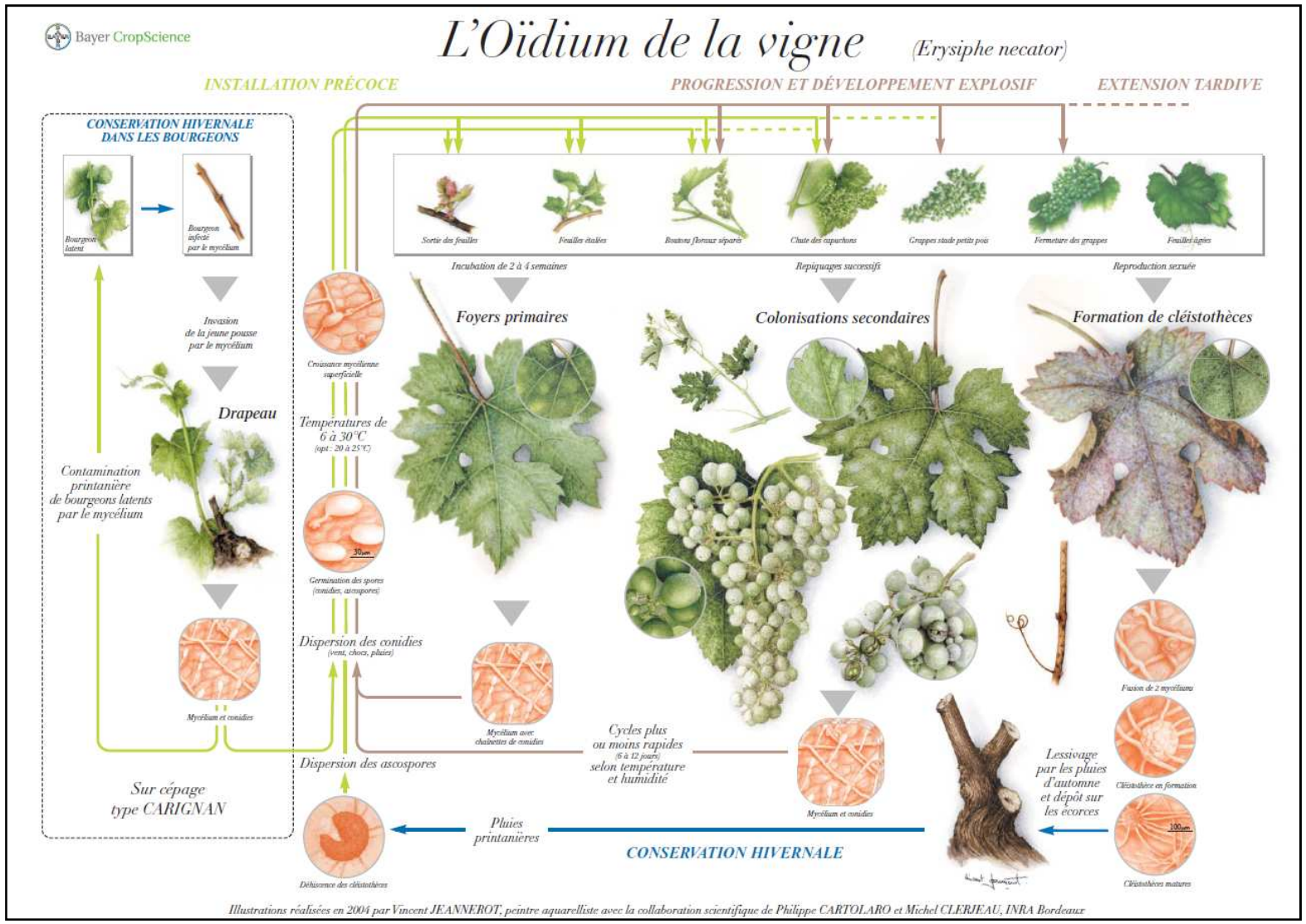
Annexe III-I : Enquête sur la valorisation des pratiques environnementales par les circuits de distribution -457-

Annexe IV-A : Le modèle bioéconomique des programmes ADD Vin et environnement et A2PV SyDéRéT -467-

Annexe I-A : Un point sur l'oïdium

Cette maladie est due au champignon *Uncinula necator*. D'abord décrite en Amérique du Nord, elle est signalée en France dès 1847 et gagne en quelques années tout le vignoble du pays. Cette maladie se caractérise par des symptômes sur feuilles, rameaux et grappes (Galet, 1995). Les tâches sur les feuilles sont caractéristiques. A la face inférieure, on distingue un feutrage blanc grisâtre lorsque le champignon se développe. A l'automne, les tissus attaqués par l'oïdium durant le printemps et l'été prennent sur les sarments une teinte brune ou brun rouge qui pourra persister durant l'hiver. Les inflorescences, quant à elles, si elles sont attaquées avant la floraison, peuvent voir leur croissance stoppée provoquant leur avortement et leur chute. Sur les grappes, les jeunes baies se couvrent d'une fine pellicule blanche et grasse dégageant une odeur de moisi. Les grains se rident puis se flétrissent, finissant par totalement se dessécher. Au final, les vignes envahies par l'oïdium présentent un feuillage terne, de couleur grise. Les risques sont importants puisque toute la récolte peut être perdue, bien que les souches ne soient pas décimées d'une année sur l'autre. Toutefois, les pertes de rendement de l'année concernée peuvent être importantes et le champignon, présent en quantités trop importantes, peut donner un mauvais goût au vin.

Bien que d'autres aient suivi depuis, 1854 fut une année particulièrement marquante, avec une récolte très limitée, entraînant des conséquences économiques et sociales importantes comme la hausse du prix du vin et une modification de l'encépagement pour des cépages moins sensibles. Chaque viticulteur se souvient de mémoire d'homme d'une année à oïdium catastrophique pour sa récolte ou celle des voisins, avec des pertes importantes malgré les traitements phytosanitaires. La maladie est donc particulièrement crainte dans les régions où le climat lui est le plus favorable.


Bayer CropScience
L'Oïdium de la vigne
(Erysiphe necator)
INSTALLATION PRÉCOCE
PROGRESSION ET DÉVELOPPEMENT EXPLOSIF
EXTENSION TARDIVE
CONSERVATION HIVERNALE DANS LES BOURGEONS
Bourgeon latent
Bourgeon infecté par le mycélium
Sortie des feuilles
Feuilles étalées
Boutons floraux séparés
Chute des capuchons
Grappes stade petits pois
Fermeture des grappes
Feuillés âgées
Incubation de 2 à 4 semaines
Repiquages successifs
Reproduction sexuée
Invasion de la jeune pousse par le mycélium
Croissance mycélienne superficielle
Foyers primaires
Colonisations secondaires
Formation de cléistothèces
Drapeau
Températures de 6 à 30°C (opt : 20 à 25°C)
Contamination printanière de bourgeons latents par le mycélium
Germination des spores (conidies, ascospores)
Dispersion des conidies (vent, chocs, pluies)
Mycélium et conidies
Mycélium avec chaînettes de conidies
Fusion de 2 mycéliums
Cléistothèce en formation
Cycles plus ou moins rapides (6 à 12 jours) selon température et humidité
Dispersion des ascospores
Sur cépage type CARIGNAN
Pluies printanières
CONSERVATION HIVERNALE
Lessivage par les pluies d'automne et dépôt sur les écorces
Déhiscence des cléistothèces
Cléistothèces matures
Illustrations réalisées en 2004 par Vincent JEANNEROT, peintre aquarelliste avec la collaboration scientifique de Philippe CARTOLARO et Michel CLERJEAU, INRA Bordeaux

Annexe I-B : Un point sur le mildiou

Le mildiou de la vigne est dû au champignon *Plasmopara viticola*. Ce champignon, également d'origine américaine, a été identifié pour la première fois en Europe en Gironde (Coutras) en 1878. Il a ensuite rapidement conquis tous les vignobles de la surface du globe. Le champignon se développe sur tous les organes herbacés de la vigne, affectionnant particulièrement ceux en voie de croissance car riches en eau. Ce sont les rameaux qui sont touchés en premier au printemps, ceux à proximité du sol par voisinage des flaques d'eau (Galet, 1995). L'humidité a en effet un rôle essentiel dans la diffusion de cette maladie. Sur les feuilles, des tâches jaunes, donnant un effet « tâche d'huile » apparaissent. Si les conditions sont favorables, les tâches se couvrent d'une sorte de poussière blanche. A terme, les feuilles se dessèchent et tombent au sol. Les grains sont attaqués plus tard, avec l'apparition de tâches noirâtres que l'on appelle « rot brun ». La récolte peut être complètement détruite, mais elle compromet de plus l'avenir de la souche par destruction des rameaux et la défoliation automnale. Depuis 1886, année désastreuse suite à une forte attaque de mildiou, les viticulteurs restent méfiants vis-à-vis de cette maladie car les années particulièrement pluvieuses sont synonymes de graves pertes de récolte (1910, 1915, 1930, 1932, 1957, etc.).


Le Mildiou de la Vigne (Plasmopara viticola)
CONTAMINATIONS PRIMAIRES
CONTAMINATIONS SECONDAIRES
Dissémination localisée des zoospores par effet "splash"
Pampres
Foyer primaire
Germination
Enkystement
Zoospores mobiles
Libération des zoospores
Conidiophores
Conidies
Jeunes feuilles
Jeunes inflorescences
Grappes au stade petits pois
Fermeture des grappes
Feuilles âgées
Incubation de 5 à 12 jours
Taches d'huile
Rot gris
Rot brun
Mildiou mosaïque
Défoliation
Pluie et température supérieure à 11°C
Pluies
Dissémination longue distance
Cycles plus ou moins nombreux selon température et humidité
Conidiophores
Feuilles mortes au sol
Oospores ou œufs d'hiver
Germination des oospores et formation des macroconidies
CONSERVATION - MATURATION DES OOSPORES
Illustrations réalisées en 2003 par Vincent JEANNEROT, peintre-aquarelliste avec la collaboration scientifique de Michel CLERJEAU, INRA - ENITA Bordeaux
Bayer CropScience

Annexe II-A : Définitions des innovations environnementales

Tableau II-A : Définitions des innovations environnementales (d'après Saint-Gès, 2006a)

Définition des innovations environnementales	Référence
« Les technologies environnementales comprennent toutes les techniques, procédés et produits qui permettent d'éliminer ou de diminuer les émissions polluantes et/ou l'utilisation de matière premières, des ressources naturelles et d'énergie »	Kemp *et al.*, 1992, p.615
« Toute modification dans les procédés et produits qui réduit les impacts sur l'environnement en comparaison des procédés ou produits auxquels ils ont été substitués »	Malaman, 1996
« Innovation qui empêche ou réduit la pression anthropogénique sur l'environnement, qui remédie à un dommage déjà causé ou qui diagnostique et contrôle les problèmes environnementaux »	Hemmelskamp, 1997
« Procédés nouveaux ou modifiés, techniques, systèmes et produits destinés à éviter ou à réduire des nuisances sur l'environnement »	Kemp et Arundel, 1998
« Les éco-innovations sont toutes les mesures prises par les acteurs pertinents […] qui développent, appliquent ou introduisent des nouvelles idées, des nouveaux comportements, produits et process, et qui contribuent à la réduction des pressions exercées sur l'environnement ou à la réalisation d'objectifs de durabilité spécifiques »	Rennings, 2000, p.322
« Combinaison de compétences, de savoirs, d'équipements et d'organisations requises pour réaliser certains objectifs environnementaux et se conformer à certaines réglementations et pour produire de nouveaux artefacts technologiques »	Oltra et Saint-Jean, 2001
« Les innovations environnementales peuvent être communément définies de deux façons : premièrement par les effets de l'innovation sur l'environnement et deuxièmement par la volonté des innovateurs de réduire l'impact sur l'environnement des produits ou des procédés »	Markusson, 2001
Une innovation environnementale représente « toute action novatrice du point de vue de l'entité considérée, entreprise dans le but de (ou permettant de) réduire ou de gérer des impacts environnementaux négatifs et/ou de maintenir ou d'améliorer des impacts environnementaux positifs »	Gasmi et Grolleau, 2003
Une innovation environnementale est « la production, l'assimilation ou l'exploitation d'un produit, d'un processus de production, d'un service ou d'une méthode commerciale ou de gestion qui est nouvelle pour l'organisation (celle-ci la développant ou l'adoptant) et qui se traduit, tout au long du cycle de vie, par la réduction du risque environnemental, de la pollution ou autres impacts négatifs sur l'utilisation des ressources (incluant la consommation d'énergie) par comparaison aux alternatives pertinentes »	MEI report, 2008

Annexe II-B : Des opportunités technologiques pour la réduction des pesticides en viticulture

Tableau II-B : Trois opportunités technologiques pour la réduction des pesticides en viticulture (Source : auteur)

Processus de protection du vignoble économe en intrants	Description
	Depuis le 10 mai 2001, l'agriculture raisonnée bénéficie d'un cadre légal clair précisé dans l'article L.640 3 du Code Rural. Le Décret n° 2002-631 paru au Journal officiel du 28 Avril 2002 définit l'agriculture raisonnée comme suit : « Les modes de production raisonnés en agriculture consistent en la mise en œuvre, par l'exploitant agricole sur l'ensemble de l'exploitation dans une approche globale de celle-ci, de moyens techniques et de pratiques agricoles conformes aux exigences du référentiel de l'agriculture raisonnée. Le référentiel porte sur le respect de l'environnement, la maîtrise des risques sanitaires, la santé et la sécurité au travail et le bien-être des animaux ».
Lutte raisonnée	La viticulture **raisonnée** correspond à des démarches qui visent, au-delà du respect de la réglementation, à renforcer les impacts positifs des pratiques agricoles sur l'environnement et à en réduire les effets négatifs, sans remettre en cause la rentabilité économique des exploitations. La lutte raisonnée en viticulture essaie de diminuer les pollutions, notamment ponctuelles sur les exploitations (effluents, rinçage des pulvérisateurs au champ par exemples), d'utiliser des produits phytosanitaires moins toxiques et nocifs pour l'environnement bien que chimiques, ainsi que diminuer les traitements appliqués (par les réductions de dose notamment) bien que restant sur des principes préventifs.
Lutte intégrée	Compte tenu de la gravité des pollutions d'origine phytosanitaires et de l'apparition de résistances à ces produits, la FAO a réuni en 1967 un comité d'experts chargés de mettre au point le concept de lutte intégrée[128]. L'objet de la lutte intégrée est de recourir à des solutions alternatives à la lutte chimique, si nécessaire en association avec elle, dans une démarche cohérente assurant l'efficacité attendue tout en réduisant les effets négatifs sur l'environnement. La conception couramment admise aujourd'hui est celle de l'OILB[129] qui propose le concept de protection intégrée (traduction de l'américain *Integrated Pest Management* ou *IPM*) définie comme un « procédé de lutte contre les organismes nuisibles qui utilise un ensemble de méthodes

[128] Pour la définition de la lutte intégrée donnée par la FAO, voir Deguine et al., 2008.
[129] OILB : Organisation Internationale de Lutte Biologique et intégrée contre les animaux et les plantes nuisibles

	satisfaisant les exigences à la fois économiques, écologiques et toxicologiques, en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation et en respectant les seuils de tolérance » (OILB, 1972). En viticulture, cela s'est traduit par le concept de production intégrée de raisin : « production économiquement viable de raisins de haute qualité, donnant priorité à des méthodes écologiquement saines, minimisant les effets non intentionnels indésirables et l'utilisation de produits phytopharmaceutiques en vue de préserver l'environnement et la santé humaine » (OILB, 1993). Le concept de lutte intégrée donne priorité à des méthodes de lutte écologiquement saines et minimise l'utilisation de produits phytopharmaceutiques en vue de préserver l'environnement. Elle donne la priorité à l'utilisation de produits non chimiques issus de la lutte biologique et à un raisonnement intense et restrictif de l'utilisation de produits de synthèse utilisés seulement si nécessaire.
Lutte biologique	La définition officielle (de l'OILB-SROP) stipule que la lutte biologique est « l'utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des ravageurs ». La lutte biologique est basée sur une relation naturelle entre deux êtres vivants : - la cible (de la lutte) est un organisme indésirable, ravageur d'une plante cultivée, mauvaise herbe, parasite du bétail, - l'agent de lutte (ou auxiliaire) est un organisme différent, le plus souvent un parasite (ou parasitoïde), un prédateur ou un agent pathogène du premier, qui le tue à plus ou moins brève échéance en s'en nourrissant ou tout au moins limite son développement. Ce peut être un concurrent (lutte autocide, ci-dessous). Les modalités sont variées et différents classements sont en usage. La lutte biologique en viticulture concerne le plus souvent l'utilisation d'insectes auxiliaires prédateurs des ravageurs de la vigne. Des champignons inoffensifs et concurrents des principaux agents pathogènes sont aussi utilisés pour lutter contre les maladies dans le cas des maladies du bois par exemple (Trichodermas). Enfin, des stimulateurs des défenses naturelles de la vigne (SDN) d'origine naturelle sont utilisés pour améliorer la résistance des plantes aux maladies.

Annexe II-C : Déterminants empiriques des innovations environnementales

Tableau II-C : Une synthèse des études empiriques sur les déterminants des innovations environnementales (Oltra, 2008)

Référence	Données empiriques	Principaux déterminants
Green *et al.*, 1994	Firmes anglaises	Existence et anticipation des réglementations environnementales Gain de parts de marché Réductions de coûts
Florida, 1996	Firmes manufacturières américaines	Innovation dans le secteur Réglementation environnementale Initiatives citoyennes d'entreprise Demande des consommateurs Amélioration de la productivité
Lanjouw et Mody, 1996	Brevets environnementaux	Corrélation positive entre les dépenses de réduction de la pollution et l'innovation. L'innovation dans un pays dépend aussi de la réglementation des autres pays.
Jaffe et Palmer, 1997	Données de panel sur les industries : dépenses de Recherche et Développement et brevets	Pas de corrélation entre les coûts de mise en conformité et l'activité de brevet. Corrélation positive entre les coûts de mise en conformité et les dépenses de Recherche et Développement.
Brunnermeier et Cohen, 2003	Brevets environnementaux américains	Corrélation positive entre la diminution de la pollution, le contrôle des dépenses et l'innovation environnementale
De Vries et Withagen, 2005	Brevets européens sur la diminution du dioxyde de soufre	Validation de l'hypothèse de Porter : une politique environnementale stricte pour le SO2 induit des technologies de réduction.
Mazzanti et Zoboli, 2006	Echantillon de firmes manufacturières italiennes	Implication des firmes dans des groupes et des réseaux Relations industrielles orientées vers l'innovation Coûts relatifs à la réglementation environnementale Recherche et Développement Initiatives volontaires
Frondel *et al.*, 2007	Etude OCDE	Sévérité de la réglementation corrélée positivement avec l'introduction de technologies de bout de chaîne La réduction des coûts tend à favoriser la mise en œuvre les mesures systémiques
Popp *et al.*, 2007	Données de brevet sur l'utilisation du chlore dans l'industrie du papier	La réglementation n'est pas le seul driver de l'innovation et de sa diffusion. La pression des consommateurs est un déterminant antérieur : 1e vague d'innovation
Rehfeld *et al.*, 2007	Données allemandes sur le secteur manufacturier	Effet positive des systèmes de management environnementaux Effet positif mais faible de la réglementation sur les innovations de produit Recherche et Développement et demande ont aussi

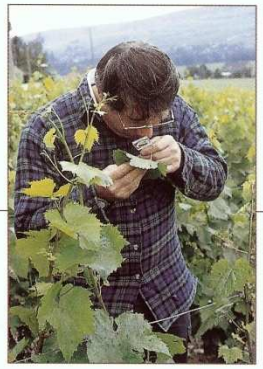
		un effet positif sur ces innovations
Wagner, 2007	Données de brevet sur les firmes manufacturières allemandes	Effet positif des systèmes de management environnementaux sur les innovations de procédé
Horbach, 2008	Deux jeux de données de panel sur les firmes allemandes	Les capacités technologiques des firmes sont améliorées par la Recherche et Développement L'innovation entraîne l'innovation Une anticipation de l'augmentation de la demande augmente l'innovation

Annexe III-A : Extrait du Référentiel national pour la production intégrée de raisins (protection intégrée)

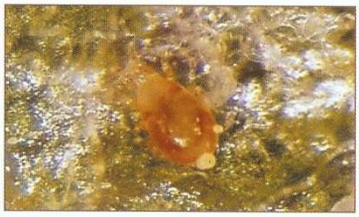
Protection intégrée

OBJECTIFS	ENGAGEMENTS
Réduction de la sensibilité de la plante. **Réduction des intrants pesticides au strict nécessaire.**	Mise en œuvre systématique de la **prophylaxie.** Prise en compte des préconisations des **avertissements agricoles.** Etablir une liste restrictive des maladies et ravageurs à contrôler. Effectuer un suivi biologique de ces maladies et ravageurs. Utilisation des **seuils de tolérance.** Utiliser les informations issues des outils d'évaluation des risques (modèles).

Préciser les conditions pratiques dans les cahiers des charges selon références régionales.



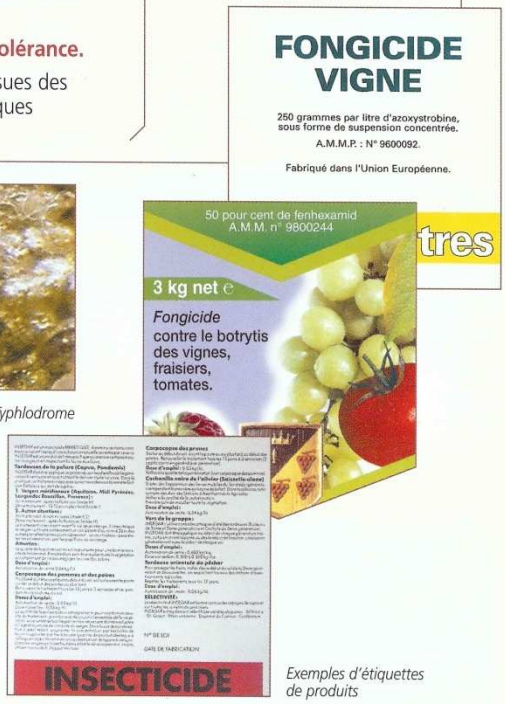
Contrôle dans les vignes



Typhlodrome

Panneaux récupérateurs classiques





Exemples d'étiquettes de produits

LES CRITÈRES RETENUS POUR LA SÉLECTION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES :

- *Risques vis-à-vis de la santé humaine (utilisateurs, non utilisateurs, consommateurs....)*
- *Risque de pollution des eaux de surface et souterraines*
- *Risque de pollution de l'air*
- *Toxicité sur les auxiliaires majeurs*
- *Toxicité envers les autres organismes naturels*
- *Effet favorisant sur ravageurs ou maladies*
- *Sélectivité*
- *Persistance*
- *Perte d'efficacité, risque de résistance*
- *Information incomplète sur le pesticide*

OBJECTIFS	ENGAGEMENTS	RECOMMANDATIONS
Protection de la vigne et de la récolte privilégiant la mise en œuvre de mécanismes de **régulation naturelle.** Réduction de la pollution du milieu naturel. Réduction des risques encourus par **l'utilisateur.**	Introduire ou favoriser le développement de deux **auxiliaires naturels,** dont un acarien phytoseiidae et un autre prédateur ou parasitoïde (à définir régionalement). Priorité aux méthodes de lutte biologique ou biotechnique. **Emploi des produits phytosanitaires les moins dangereux pour l'homme, les animaux et l'environnement.** Classement des produits en 3 catégories (cf. critères de choix dans le texte intégral du référentiel) : - *produits non utilisables (classés T ou T+, acaricides toxiques/phytoséidés, herbicides persistants et solubles…),* - *produits non utilisables sauf dérogation (pyréthrinoïdes si cas de Flavescence Dorée, produits de désinfection du sol si virose avérée. Arsenite de sodium si Esca avéré et uniquement avec panneaux récupérateurs…),* - *produits utilisables avec restriction (les référentiels régionaux doivent préciser les règles de choix et d'usage).* Ces trois catégories de produits sont détaillées dans le texte intégral du référentiel (p. 9). **Tout produit ne peut être utilisé qu'en cas de besoin clairement identifié.**	 *Trichogramme*  *Œufs de Cochylis parasités par une ponte de trichogramme* Minimiser le risque de présence de résidus aux vendanges. Eviter l'utilisation tardive des produits phytosanitaires (selon préconisations régionales).



Adulte de Chrysope



Larve de Chrysope

PROTECTION INTÉGRÉE	Abaque de notation		Notation exploitation	
Indicateurs	0/10	10/10	% ou O/N	Note
ENGAGEMENTS				
◆ Mesures prophylactiques				
Arrachage et brûlage des souches mortes / maladies du bois	Non	Oui		
◆ Suivi et contrôle de l'état sanitaire du vignoble				
- Mildiou	Non	Oui	-	-
- Oïdium	Non	Oui	-	-
- Black-rot	Non	Oui	-	-
- Botrytis	Non	Oui	-	-
◆ Contrôle des populations de ravageurs et respect des seuils de tolérance				
- Surface couverte par piégeage tordeuses / SAU viticole qui le justifie[1]	0 %	100 %	-	-
- Surface sur laquelle des comptages de glomérules sont effectués / SAU viticole	0 %	100 %	-	-
- % parcelles sur lesquelles des comptages d'acariens phytophages sont réalisés	0 %	100 %	-	-
- % parcelles sur lesquelles des comptages de cicadelles sont réalisés	0 %	100 %	-	-
Accès régulier à un service d'avertissement agricole	Non	Oui		
Prise en compte des informations issues de modèles validés, pour la protection du vignoble	Non	Oui		
◆ Faune auxiliaire				
Surface avec présence significative de typhlodromes (1 forme mobile / feuille) / SAU viticole	0 %	100 %		
Surface avec présence d'un autre auxiliaire / SAU viticole[2]	0 %	100 %		
◆ Utilisation des produits phytosanitaires				
Surface [insecticides BT + confusion sexuelle + RCI] / surface à traiter	0 %	100 %		
Enregistrement des apports (date, quantité, produits, justification) / parcelle	Non	Oui		
% de produits utilisés appartenant à la classe « utilisable en PI » :	0 %	100 %	-	-
- Utilisation de produits « non utilisables »	Oui	Non	-	-
- Utilisation de « produits non utilisables sauf dérogation » sans dérogation	Oui	Non	-	-
Surface ayant reçue une application moins de X jours avant récolte / SAU viticole[3]	100 %	0 %		
NOTE MAXIMALE DES ENGAGEMENTS		**190**		
RECOMMANDATIONS				
Brûlage des bois de plus de deux ans dans les parcelles atteintes de maladies du bois	Non	Oui		
NOTE MAXIMALE DES RECOMMANDATIONS		**10**		

1. Pour les régions où la prévision négative des populations est validée.
2. Consulter les listes régionales.
3. A gérer en fonction des situations régionales et des préconisations déjà existantes par région.

Figure III-A : Fiche d'évaluation du chapitre Protection intégrée

Annexe III-B : Réflexion sémantique autour des termes *itinéraire technique*, *opération technique* et *tâche technique*

La viticulture, comme toutes les productions agricoles, a un impact sur le milieu naturel. Depuis quelques années, les viticulteurs sont sensibilisés à l'impact négatif de leurs pratiques sur la qualité de l'environnement et subissent la pression des consommateurs et de la société qui imposent que la qualité du vin ne soit pas obtenue au détriment de l'environnement naturel. Pour répondre aux attentes de la société en matière d'environnement, les viticulteurs doivent mettre en place de nouvelles techniques ou faire évoluer celles qui existent sur leurs exploitations. Cela passe par des décisions techniques. Or, les viticulteurs sont plutôt réticents à ces modifications pourtant nécessaires, en partie car ils en mesurent mal l'impact sur l'équilibre économique de leur exploitation. Ce manque de lisibilité freine la mise en place de pratiques respectueuses de l'environnement.

Jusqu'à présent les méthodes de gestion s'intéressaient au système de production de l'exploitation pour évaluer les coûts de production. Ce raisonnement n'étant plus pertinent pour résoudre la problématique environnementale (Pailler et Corade, 2004), une nouvelle dimension de gestion doit être introduite : le raisonnement au niveau de la mise en œuvre des techniques (et plus particulièrement ici celles qui ont un impact sur l'environnement). Le projet Agriculture et Développement Durable s'inscrit dans ce cadre avec le thème de l'évaluation des coûts associés aux règles d'intervention phytosanitaires. Aujourd'hui, les méthodes de calcul des coûts existantes ne concernent pas cet aspect. Or, c'est bien dans les techniques mises en œuvre au niveau de l'exploitation que se trouvent les possibilités de limiter l'utilisation de produits phytosanitaires. Nous entreprenons donc de rechercher les relations qui existent entre les techniques mises en œuvre et leurs conséquences sur les paramètres économiques, et plus particulièrement sur le niveau des coûts. Quelques essais d'étude de la question ont été menés mais ne sont pas entièrement satisfaisants (URABLT, Chambres d'agriculture de la Loire Atlantique, du Maine-et-Loire et du Gard).

Afin de construire une méthodologie d'étude, nous allons tout d'abord commencer par définir certains termes indispensables à l'étude, mais qui pourront également servir pour

d'autres productions agricoles. Afin d'identifier clairement ce dont il est question, nous devrons définir les termes : *itinéraire technique*, *opération technique*, *tâche technique*, *système de production*… et les illustrer au travers d'exemples concernant la vigne. Ces termes sont couramment employés dans le domaine agricole mais ne désignent pas toujours la même chose. Nous verrons ensuite comment exploiter ces définitions dans le cadre du projet. Cela permettra également que toutes les équipes de recherche impliquées dans le projet travaillent sur la même base.

1. Définitions

1.1. Itinéraire technique

Il s'agit d'un terme couramment employé dans le milieu agricole. La définition que nous en proposons a été inspirée par les travaux de Sebillotte (1974[130] et 1978[131]) : *Un itinéraire technique est une combinaison logique et ordonnée d'opérations techniques appliquées à une espèce donnée dans un milieu donné, qui permettent de contrôler ce milieu et d'en tirer une production donnée*. L'itinéraire technique est un enchaînement d'opérations techniques au cours d'un cycle. Son objectif est bien l'obtention d'une production. Avant de définir l'itinéraire technique, il est donc nécessaire de définir le cycle étudié, l'objet auquel sont appliquées les opérations techniques et ce que l'on considère comme la production associée. Par exemple, en ce qui concerne la vigne, nous pouvons définir plusieurs cycles ayant des productions différentes :

- le cycle de mise en place du vignoble. L'itinéraire technique est la combinaison logique et ordonnée des opérations techniques permettant l'obtention d'une **vigne en production** de cépage donné sur une parcelle donnée ;
- un cycle de vignoble en production. L'itinéraire technique est la combinaison logique et ordonnée des opérations techniques appliquées à un cépage dans une parcelle donnée permettant l'obtention de **raisin de cuve**. Il concerne une période allant de l'après-récolte de l'année n à la récolte de l'année n+1. L'itinéraire technique destiné à l'obtention de raisin de table sera différent du précédent puisque la production est différente : combinaison logique et ordonnée des opérations techniques appliquées à

[130] Sebillotte, 1974 : « *Un itinéraire technique est une combinaison logique et ordonnée de techniques qui permettent de contrôler le milieu et d'en tirer une production donnée.* »
[131] Sebillotte, 1978 : « *Un itinéraire technique est une suite logique et ordonnée de techniques culturales appliquées à une espèce végétale cultivée.* »

un cépage dans une parcelle donnée permettant l'obtention de **raisin de table** (depuis l'après-récolte de l'année n jusqu'à la récolte de l'année n+1). Une exploitation comporte en général plusieurs cépages et des parcelles ayant des caractéristiques pedo-climatiques différentes. Ainsi, plusieurs itinéraires techniques différents sont menés de front sur une exploitation pour une même production ;

- un cycle de la production de vin. L'itinéraire technique est la combinaison logique et ordonnée des opérations techniques appliquées au raisin concernant l'obtention du **vin** en tant que production. Il concerne donc tout le processus de transformation du vin depuis l'après-récolte jusqu'à l'obtention du vin en tant que produit fini. Sur une exploitation, il est possible d'observer autant d'itinéraires techniques de transformation que de types de vins produits sur l'exploitation.

1.2. Opération technique

L'opération technique est une division de l'itinéraire technique (Osty, 1990). *Elle se situe au niveau de l'intervention sur la culture. Il s'agit d'une séquence technique homogène centrée sur une finalité précise et qui est caractérisée par sa modalité.* On entend par modalité une possibilité technique (chimique, mécanique ou manuel par exemple). Le niveau de précision de la modalité ne sera pas exagéré, dans le sens où il ne nous sera pas utile pour la caractérisation à ce niveau de préciser par exemple le type exact d'appareil qui va servir à réaliser l'opération technique.

Donnons un exemple pour illustrer cette définition. L'éclaircissage est une opération technique qui peut avoir les modalités suivantes : *manuel* ou *mécanique*. La finalité associée à cette opération technique est la limitation du rendement à l'hectare en préservant la qualité du raisin. Les choix possibles d'opérations techniques pour un agriculteur voulant concevoir un itinéraire technique sont donnés en *annexe*, mais la liste ne se veut pas exhaustive. Un autre exemple est l'épamprage du tronc qui peut être manuel, chimique ou mécanique. La finalité associée est la suppression des rameaux inutiles qui poussent sur le tronc. Dans le cas d'une opération technique sur une culture, on pourra parler d'opération culturale.

L'itinéraire technique intègre les relations entre les différentes opérations techniques qui s'enchaînent de façon chronologique. Une opération technique se déroule donc à un moment donné de l'itinéraire technique. On notera également qu'une opération

technique peut être réalisée plusieurs fois au cours d'un itinéraire technique. Un itinéraire technique peut par exemple contenir deux épamprages mécaniques ou aucune opération d'épamprage selon les choix de l'agriculteur. Dans tous les cas, chaque opération technique est positionnée à un moment précis de l'itinéraire technique par rapport aux autres opérations, on peut donc distinguer l'épamprage mécanique n°1 et l'épamprage mécanique n°2 comme deux opérations différentes ayant un début et une fin. Il est également possible qu'une opération technique n'ait pas plusieurs modalités possibles. Par exemple, le tirage des bois ne s'effectue que d'une seule manière.

Nous avons choisi de nous intéresser aux opérations dans leur ordre chronologique. D'autres regroupements peuvent être utilisés. Les opérations techniques peuvent également être regroupées en fonction des grandes fonctions qu'elles participent à réaliser : taille, fertilisation, travaux en vert, entretien du vignoble, protection du vignoble, récolte. Par exemple, les travaux en vert regroupent les opérations techniques suivantes : l'ébourgeonnage, le dédoublage des contre bourgeons, l'épamprage du tronc, le rognage, l'effeuillage et l'éclaircissage (Reynier, 2000). Par contre, ces grandes fonctions ne sont pas des divisions de l'itinéraire technique et enlèvent la notion de « logique et ordonné » que nous avons retenu dans la définition de l'itinéraire technique. Nous n'utiliserons donc pas cette classification.

1.3. Tâche technique

Les opérations techniques se décomposent elles-mêmes en tâches techniques (Benoît, 1985). Il s'agit du niveau de découpage le plus fin. *Les tâches techniques sont les actions concrètes accomplies ou à accomplir par un* ***opérateur*** *dans le but de réaliser une opération technique. Elles mobilisent des ressources et un* ***savoir-faire****.* Par exemple, l'opération technique « traitement fongicide chimique » se décompose au travers des tâches suivantes : préparation de la bouillie avec le produit chimique anti-fongique, réglage du pulvérisateur, application de la bouillie sur le feuillage, nettoyage du pulvérisateur. Plus précisément, chaque modalité de chaque opération technique se décompose en un ensemble de tâches à accomplir.

Une tâche technique consomme des facteurs de production comme du travail, des consommations intermédiaires et du capital. Pour une opération technique donnée, il y a autant de possibilités de mise en oeuvre que de contextes possibles liés au système

exploitation-famille et à son environnement. Chaque exploitant a en effet sa façon de mettre en œuvre une opération technique : temps consacré, matériel utilisé, approvisionnements…, qui sont autant de données influant sur les charges. C'est donc à ce niveau de détail qu'il faudra étudier les techniques mises en œuvre par les agriculteurs pour pouvoir identifier les facteurs de production consommés et leurs quantités, ce qui nous permettra par la suite de travailler sur les inducteurs de charges.

2. Relations avec l'approche globale de l'exploitation

Rappels sur le système exploitation-famille

Si on se reporte à l'approche globale de l'exploitation agricole, trois systèmes sont à considérer :

- le système de production : *combinaison complexe de facteurs de production (terre, travail, capital) et d'activités (de production : cultures, élevage, de transformation, de conditionnement, …) respectant les contraintes de l'exploitation et satisfaisant au mieux les objectifs de l'exploitant* ;
- le système de décision : *génère les décisions qui vont orienter et assurer le pilotage du système de production, en fonction des finalités et des objectifs de pilotage. Il comprend un système de finalités et un système de pilotage* ;
- le système d'information : *assure le couplage entre le système de décision et le système de production*.

La place de l'itinéraire technique dans l'approche globale

En fonction des objectifs de pilotage de l'exploitant, des décisions stratégiques sont prises. Ces décisions, quand elles concernent la protection de la culture, sont souvent nommées dans le langage courant « stratégie de lutte, de protection ou de traitement », même si le terme de stratégie fait référence à une notion plus globale, à l'exploitation entière. L'itinéraire technique est à la charnière système de production-système de décision. A partir des décisions stratégiques, l'agriculteur effectue un choix d'itinéraire technique. L'itinéraire est donc le reflet technique des décisions stratégiques. Par exemple, pour l'objectif de pilotage : *obtenir une production de raisins de qualité tout en préservant l'environnement*, une des décisions stratégiques prises sur l'exploitation peut être : *n'utiliser aucun produit chimique*. Le viticulteur choisit donc un itinéraire dit biologique, ce qui restreint ses possibilités de choix d'opérations techniques.

Règles de décision

D'autres types de décisions sont prises sur l'exploitation au niveau des opérations techniques et des tâches techniques. Elles ne relèvent plus de la stratégie, mais plutôt de la tactique. Elles sont prises grâce à des règles de décision. Ces règles déterminent les positionnements des opérations techniques et sont de trois ordres (Aubry, 2000) :

- règles d'enchaînement (positionnement des traitements les uns par rapport aux autres par exemple) ;
- règles de déclenchement (nécessité d'un traitement par exemple) ;
- règles d'exécution (le traitement est-il possible ? par rapport au climat par exemple ; comment exécuter le traitement ?).

Nolot (2002) donne une définition de la règle de décision que nous proposons de retenir : « *Une règle de décision spécifie le raisonnement d'une intervention. Elle fait correspondre un ensemble de choix techniques possibles à un ensemble de situations éventuelles (contexte). Son formalisme est en général : si je suis dans telle situation, alors je ferai tel choix* ».

Dans l'exemple que nous avons pris précédemment où le viticulteur choisit un itinéraire technique biologique, ses choix d'opérations techniques sont restreints. Mais en fonction de ses règles de décision, il pourra tout de même en choisir certaines plutôt que d'autres. Par exemple, il pourra choisir l'opération technique *épamprage manuel* ou *épamprage mécanique* (ou les deux) et les tâches techniques à réaliser. Autre exemple, il pourra choisir de désherber mécaniquement l'inter-rang avec un griffonnage ou un gyrobroyage.

Pour établir certaines des règles de décision, l'agriculteur peut s'aider d'outils d'aide à la décision comme par exemple les modèles de prévision des maladies qui permettent le déclenchement ou le positionnement des traitements les uns par rapport aux autres (EPI, Milvit, Dyonis/mildiou). D'autres permettent d'ajuster les apports d'azote au plus près des besoins de la plante (date et quantités) : Jubil®, N Tester®. Règles de décision et outils d'aide à la décision sont donc deux notions à ne pas confondre. En l'absence de seuils de tolérance facilement repérables pour certaines maladies, les outils d'aide à la décision peuvent être utilisés par les agriculteurs. Il en existe plusieurs comme les modèles informatiques de prévision des risques (EPI/mildiou par exemple), les Avertissements agricoles® édités par la Protection des Végétaux et les dispositifs d'observation mis en place par les agriculteurs eux-mêmes (réseau de ceps de détection dans une parcelle par

exemple). Enfin, les outils d'aide à la décision ont des échelles de validité différentes (parcelle, département, région…).

3. Etude des techniques mises en œuvre sur l'exploitation

3.1. Relation étude des techniques et évaluation des coûts

L'étude des techniques mises en œuvre sur une exploitation est utile car la conduite d'une culture, ou même d'une exploitation, consiste très largement dans les réponses concrètes que donnent les agriculteurs à des questions d'organisation dans le temps et l'espace et de réactions aux aléas (Duru et al., 1990). Landais et Deffontaines (1990) proposent une perspective de gestion technique : le décryptage des opérations réalisées en se référant à l'élaboration des produits. L'approche est globale. Elle s'appuie sur l'enregistrement de l'enchaînement **ordonné** des opérations techniques qui se succèdent sur une parcelle donnée. On se situe à la charnière approche systémique/approche analytique avec la prise en compte des relations entre opérations techniques. Mais le niveau de détail n'est pas suffisant pour déterminer les charges. Comme nous l'avons dit précédemment, il conviendra de travailler au niveau de la tâche technique où nous pourrons identifier la durée de la tâche et les autres ressources consommées, ainsi que les inducteurs de charges.

Il est aussi intéressant pour les agriculteurs de savoir ce que des modifications d'itinéraire technique peuvent engendrer comme répercussion au niveau des coûts. A partir des travaux de Sebillotte (1990), il est possible de dégager un exemple de déroulement de l'étude de la modification de la mise en œuvre d'une opération technique :

- identification de l'opération technique concernée et de l'objectif associé (réduire l'emploi de produits phytosanitaires par exemple) ;
- que faut-il mettre en œuvre pour réaliser cet objectif ? = définition de sous-obectifs (doses appliquées, raisonnement des traitements, mise en place de méthodes de lutte alternatives, réaliser des opérations en vert…) : identification des autres opérations techniques concernées ;
- descendre ainsi en cascade jusqu'à la tâche unitaire qui va nous donner les charges correspondantes sous forme de liste exhaustive.

Cela est également susceptible de nous intéresser dans le cadre de notre étude pour évaluer l'impact d'un changement de méthode de lutte sur les coûts. Bien entendu, il ne s'agit que d'un début de piste mettant en relation les pratiques et l'étude des coûts.

3.2. Etudes déjà réalisées concernant le coût des opérations techniques

Il est tout d'abord nécessaire de mettre en place une méthode pour caractériser les exploitations au niveau individuel. Nous pourrons ainsi nous baser sur cette méthode pour déboucher ensuite sur une typologie d'étude. En effet, pour concevoir des propositions opérationnelles, il sera nécessaire d'adopter une démarche générale permettant de regrouper les exploitations en groupes plus ou moins homogènes, puis de les comparer entre elles ou de comparer des groupes entre eux (Duru et al., 1990 ; Landais et Deffontaines, 1990). Les premiers essais d'étude de l'impact des pratiques sur les coûts ont d'ailleurs été menés à partir d'une caractérisation basée sur les itinéraires techniques. Les exemples suivants sont donnés par ordre chronologique.

Par exemple, l'URABLT[132] a mis au point une méthodologie de calcul où deux modes de conduites de la vigne sont distingués en premier lieu : vignes hautes et larges par rapport à des vignes basses et étroites (Chadourne et al., 2001). Pour chacun de ces modes de conduites, deux types d'itinéraires sont ensuite différenciés :

- un itinéraire classique ;
- un itinéraire qualité plus.

Les itinéraires sont définis ici par les opérations techniques mises en œuvre et leurs particularités. La méthodologie établie permet de calculer le coût d'opérations dites qualitatives. Le coût est calculé par opération technique, ce qui est très intéressant par rapport à notre approche. Mais les coûts étant calculés sur une exploitation théorique, les agriculteurs ne peuvent pas connaître le coût réel de leurs propres opérations techniques.

La Chambre d'agriculture de la Loire Atlantique définit dans son « Référentiel économique du vigneron – Edition 2003 » trois types d'itinéraires techniques avec des caractéristiques différentes pour lesquels sont calculés des coûts complets :

- un itinéraire classique ;
- un itinéraire sécuritaire ;

[132] URABLT : Union Régionale Agricole de Branne Libourne Targon

- un itinéraire raisonné.

Le principe est le même pour la Chambre d'agriculture du Maine-et-Loire. Les itinéraires distingués ne sont cependant pas les mêmes :

- itinéraire conventionnel ;
- itinéraire lutte intégrée ;
- itinéraire bio.

Le document se présente sous la forme de tableaux récapitulatifs des opérations techniques les plus couramment utilisées pour chaque itinéraire technique. Dans les deux cas, la classification des charges est différente de celle utilisée habituellement en comptabilité analytique. La classification est faite ici en charges de structure et charges spécifiques d'opérations. Il s'agit ici aussi d'un coût standard, basé sur des estimations. L'agriculteur ne peut donc pas chiffrer ses propres opérations. La Chambre d'agriculture du Maine-et-Loire est toutefois en train de développer un logiciel (Dionysos) afin de pouvoir calculer les charges de matériel et d'approvisionnement supportées par une exploitation donnée dans un premier temps à partir de références, puis à partir des charges réellement supportées par l'exploitation. Ces méthodes de découpage par opérations techniques et de classification des charges ont été retenues pour essayer de mettre en place une décomposition plus fine des coûts de production (Bayle, 2004 ; Cardinel, 2005). Ces travaux sont à approfondir pour arriver à notre objectif d'évaluation des coûts associés aux interventions phytosanitaires.

Enfin, la Chambre d'agriculture du Gard a conçu en 2005 (Berdou, 2005) un outil de programmation qui permet de sélectionner dans une liste différentes opérations techniques et leurs coûts associés. Mais le coût n'est pas complet puisque certaines charges comme les charges administratives et le fermage ne sont pas incorporées. De plus, il s'agit encore d'un coût standard établi d'après des références et non pas d'après les charges réelles de l'exploitation. Nous pouvons donc constater que le coût réel des opérations techniques d'une exploitation reste à travailler, notamment au niveau des inducteurs de charges. Les études déjà menées présentent toutefois un intérêt dans la conception de la méthode (coûts complets, charges opérationnelles/charges de structure, etc.).

Les trois principaux termes que nous avons abordés (*itinéraire technique*, *opération technique* et *tâche technique*) vont nous servir à caractériser une exploitation et seront à la base de la méthode d'élaboration des coûts que nous souhaitons construire. Un autre

terme est régulièrement utilisé pour désigner la mise en œuvre des techniques par un exploitant. Il s'agit du terme *pratique*. Nous avons toutefois choisi de ne pas le retenir dans notre approche. Il s'agit de manière générale d'un terme employé avec assez peu de rigueur. Ce terme participe à deux sous-systèmes de l'exploitation définis dans l'approche globale : le système de production avec la prise en compte des modalités des techniques utilisées, et le système de décision avec la prise en compte du raisonnement et de l'efficacité (Landais et Deffontaines, 1990). Le niveau d'étude qu'il désigne est, de plus, variable selon les auteurs (tâche technique, opération technique, fonction). Cela complique la tâche du modélisateur. La définition qu'en donnent Bonneviale et al. (1989) et Landais et Deffontaines (1990) ne permet pas d'étoffer notre modèle, ni de situer le terme par rapport à *itinéraire technique*, *opération technique* et *tâche technique*. De plus, pour ce qui concerne l'étude des coûts, nous trouverons les charges qui nous préoccupent dans les tâches techniques définies comme précédemment. Nous n'avons donc pas besoin d'un niveau d'ajouter un niveau de complexité supplémentaire.

Nous avons vu que les premiers essais d'étude de l'impact des pratiques sur les coûts présentent des éléments intéressants. Il nous semblerait judicieux de continuer à travailler sur la caractérisation d'une exploitation grâce à son itinéraire technique. Les définitions que nous avons données plus haut peuvent aussi bien convenir pour réaliser un travail d'observation des tâches techniques mises en œuvre sur une exploitation, que pour travailler sur une modélisation basée sur des itinéraires techniques types. Raisonner à partir de la notion de stratégie technique introduirait par contre une dimension supplémentaire (système de décision) au modèle qui risque de compliquer la gestion de la méthode, d'autant que le terme *itinéraire technique* englobe déjà la notion de choix de l'agriculteur (« logique et ordonné »). Il est aussi plus facile à décrire que la stratégie. Plusieurs types d'itinéraires techniques pourront être proposés comme par exemple un itinéraire conventionnel basé sur des méthodes de lutte dites classiques, un itinéraire dont la protection serait raisonnée, un itinéraire basé sur la lutte intégrée et un itinéraire biologique n'utilisant aucun produit chimique. Les caractéristiques de ces itinéraires seront à définir en fonction des opérations techniques réalisées le plus couramment et de leurs modalités par exemple. Ce travail de typologie constitue une prochaine étape dans le cheminement du projet.

Annexe III-C : Glossaire des opérations culturales et tâches techniques viticoles pour la vigne en production

Nous nous intéresserons tout d'abord à l'itinéraire technique de la vigne en production, c'est-à-dire les opérations effectuées sur des vignes en état de produire dans l'objectif d'obtenir une vendange. Nous nous arrêterons donc avant le transport de la vendange au chai.

➢ Amendement : incorporation d'un produit d'origine organique (compost fermier, écorces, fumier) ou minérale (chaulage) au milieu de culture (le sol) en automne ou en hiver.

Finalité : améliorer la qualité des sols en terme de structure, de composition et d'acidité.

Amendement organique

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de l'épandeur
- Epandage
- Enfouissement
- Nettoyage du matériel

Amendement minéral

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de l'épandeur
- Epandage
- Enfouissement
- Nettoyage du matériel

➢ **Analyses baies** : prélever des baies de raisin avant et au moment de la récolte, puis les analyser.

Finalité : déclencher d'autres opérations de manière pertinente. Les analyses de baies permettent une notation du potentiel qualitatif de la

récolte et de surveiller l'évolution de la maturité des baies (évaluation de la date de récolte).

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Echantillonnage
- Dégustation raisin
- Envoi pour analyse
- Analyse et interprétation

➢ **Analyses bois de taille :** prélever des bois de taille et les analyser.

Finalité : déclencher d'autres opérations de manière pertinente. Les analyses de bois de taille évaluent le degré de vigueur (appréciation de la mise en réserves) de la vigne.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Prélèvement de bois
- Envoi pour analyse
- Analyse et interprétation

➢ **Analyses feuilles** : prélever des pétioles de feuilles ou des feuilles dans la parcelle et les analyser ou les faire analyser.

Finalité : déclencher d'autres opérations de manière pertinente. Les analyses de feuilles permettent d'évaluer le statut minéral de la vigne : correction des carences avec une éventuelle fertilisation foliaire.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Echantillonnage
- Envoi pour analyse
- Analyse et interprétation (laboratoire)

➢ **Analyses sol** : prélever du sol dans une parcelle de vignes et l'analyser.

Finalité : déclencher d'autres opérations de manière pertinente. Les analyses de sol permettent de connaître le statut organique et minéral du sol pour piloter la fertilisation.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Prélèvement de sol à la tarière
- Envoi pour analyse
- Analyse et interprétation (laboratoire)

➢ **Avertissements agricoles** : consiste à s'informer sur les conditions de pression parasitaire par les avertissements agricoles édités par la Protection des Végétaux, l'ITV, les Chambres d'agriculture ou les caves coopératives…

Finalité : déclencher un traitement phytosanitaire de manière pertinente.

Tâches :

- S'abonner
- Lire les avertissements
- Analyser les informations

➢ **Badigeon fongicide** : application d'un produit chimique fongicide sur les plaies de taille de la vigne. Peut être réalisé en même temps que la taille.

Finalité : assurer une protection sanitaire contre les maladies du bois pour protéger les pieds de vigne du dépérissement.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Badigeon : badigeonner les plaies de taille

➢ **Binage** : travail du sol peu profond qui consiste à ameublir la couche superficielle du sol de l'inter rang pour briser la croûte qui se forme sous l'influence des agents atmosphériques. Peut-être renouvelé plusieurs fois dans l'année.

Finalité : évite l'assèchement du sol en limitant les remontées capillaires vers la surface ; meilleure aération du sol.

Effet secondaire possible sur une partie des mauvaises herbes qui rentrent en compétition avec les cultures (absorption d'eau et de sels minéraux).

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage du matériel
- Binage : passage de la bineuse dans les rangs

- Nettoyage du matériel

➢ **Broyage des bois de taille** : après le tirage des bois, broyage des sarments au sol et incorporation à la terre.

Finalité : éliminer les bois de taille et apporter de la matière organique au sol.

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage du matériel
- Andainage
- Broyage

➢ **Brûlage des bois** : après le tirage des bois ou l'arrachage, brûler les bois.

Finalité : éliminer les bois de taille.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Ramasser les bois
- Sortir les bois des rangs
- Brûler les bois

➢ **Calage** : consiste à attacher le pied de vigne sur un fil de fer tendu le long du rang.

Finalité : maintenir le pied de vigne.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Calage

➢ **Complantation** : remplacement des pieds morts ou des pieds manquants par de jeunes pieds de vigne dans une parcelle.

Finalité : entretien du vignoble, maintien de la densité et du potentiel de production.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Repérage - Marquage (écharpage)
- Arrachage

- Préparation : préparation du trou
- Compost : ajout de compost
- Plantation
- Arrosage

➢ **Comptages de grappes** : opération qui consiste à compter le nombre de grappes sur un certain nombre de pieds dans une parcelle.

Finalité : connaître la charge de la vigne pour estimer le rendement.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Comptage : compter les grappes

➢ **Confusion sexuelle** : mise en place de dispositifs qui saturent l'air de la parcelle avec des phéromones que la femelle des vers de la grappe produit pour attirer le mâle en vue d'un accouplement. Le mâle est donc dans l'incapacité de localiser la femelle.

Finalité : empêcher l'accouplement et donc la ponte sur les raisins, c'est-à-dire éviter les dégâts sur les grappes de raisin.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Installation : pose des diffuseurs

➢ **Conseil par des extérieurs** : demander conseil à des professionnels concernant la conduite de la vigne (entretien, tour de parcelle, réunions de bout de champ, visite technicien).

Finalité : aide à la décision.

Tâches :

- Se rendre à l'entretien et retour
- Entretien avec un conseiller
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Tour de parcelle

➢ Décavaillonnage : au printemps, l'espace entre les pieds du rang est dégagé de la terre jusqu'en dessous du point de greffe.

Finalité : ne pas gêner le développement de la vigne (étouffement) ; supprimer l'herbe qui a poussé durant l'hiver entre les ceps.

Décavaillonnage manuel

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Décavaillonner (houe, binette)
- Nettoyage du matériel

Décavaillonnage mécanique

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de l'outil
- Passage de l'inter cep
- Nettoyage du matériel

- **Décompactage** : travail du sol en profondeur.

  Finalité : se prémunir du tassement qui entraîne la diminution de la porosité du sol conditionnant elle-même la circulation de l'air et de l'eau, ainsi que l'enracinement.

  Tâches :

  - Réglage : étalonnage du matériel
  - Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
  - Contrôle : contrôle du réglage de l'outil
  - Passage de l'outil
  - Nettoyage du matériel

- **Dédoublage des contre bourgeons** : dédoublage manuel des pousses après le débourrement. Peut être réalisé en même temps que l'ébourgeonnage.

  Finalité : contrôle manuel de la charge en fonction de la densité et du rendement escompté. Assure l'homogénéité de la végétation (évite l'entassement).

  Tâches :

  - Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
  - Dédoublage manuel

- ***Désagattage** : non pris en compte → épamprage tronc et porte-greffe.*

➢ Désherbage en plein : limiter ou empêcher le développement des adventices de façon totale ou sélective dans la parcelle.

Finalité : contrôle des mauvaises herbes nuisibles au développement de la vigne.

Désherbage en plein chimique

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Préparation : préparation de la bouillie
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage du pulvérisateur
- Pulvérisation
- Rinçage (avec pulvérisation sur la parcelle)
- Vidange : vidange de la bouillie inutilisée après la dernière série de pulvérisations (aire de vidange)
- Nettoyage : nettoyage du pulvérisateur par rinçage interne et externe du pulvérisateur après la dernière série de pulvérisations (aire de nettoyage)

Désherbage en plein thermique

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Vérification des bouteilles de gaz
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage du matériel
- Traitement thermique des vignes
- Nettoyage : nettoyage du matériel

➢ Désherbage sous le rang : limiter ou empêcher le développement des adventices de façon localisée sous le rang.

Finalité : contrôle des mauvaises herbes nuisibles au développement de la vigne.

Désherbage sous le rang chimique

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Préparation : préparation de la bouillie
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour

- Contrôle : contrôle du réglage du pulvérisateur
- Pulvérisation
- Rinçage (avec pulvérisation sur la parcelle)
- Vidange : vidange de la bouillie inutilisée après la dernière série de pulvérisations (aire de vidange)
- Nettoyage : nettoyage du pulvérisateur par rinçage interne et externe du pulvérisateur après la dernière série de pulvérisations (aire de nettoyage)

Désherbage sous le rang thermique

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Vérification des bouteilles de gaz
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage du matériel (facultatif)
- Traitement thermique des vignes
- Nettoyage : nettoyage du matériel

➢ **Discage** : travail superficiel de la terre dans l'inter rang avec des disques. Consiste à ameublir la couche superficielle du sol.

Finalité : évite l'assèchement du sol, aération.

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage du matériel
- Discage : passage de l'outil dans les rangs
- Nettoyage du matériel

➢ **Echardage** : suppression manuelle des entre-cœurs dans la zone fructifère. Peut également avoir lieu en même temps que l'épamprage et le dédoublage.

Finalité : l'aération permet une meilleure maturation des raisins.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Suppression des entre-cœurs (échardage)

- Eclaircissage : consiste à supprimer des grappes de raisin dans la zone fructifère.

  Finalité : réduction de la production, maîtrise du rendement qui permet d'améliorer la qualité de la récolte ; permet aux grappes restantes d'atteindre une meilleure maturité. Evite l'entassement des grappes et améliore l'état sanitaire des raisins.

Eclaircissage chimique (rare)

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Préparation : préparation de la bouillie
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage du pulvérisateur
- Pulvérisation
- Rinçage
- Vidange : vidange de la bouillie inutilisée après la dernière série de pulvérisations (aire de vidange)
- Nettoyage : nettoyage du pulvérisateur par rinçage interne et externe du pulvérisateur après la dernière série de pulvérisations (aire de nettoyage)

Eclaircissage manuel

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Elimination des grappes

- Effeuillage : consiste à enlever un nombre variable de feuilles dans la zone fructifère.

  Finalité : recherche d'une amélioration de l'état sanitaire des raisins. L'aération permet une meilleure pénétration des produits et une meilleure maturation des raisins. La vendange est facilitée.

Effeuillage manuel

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Elimination des feuilles de la zone fructifère

Effeuillage mécanique

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour

- Contrôle : contrôle du réglage de l'appareil (tête, pression)
- Passage dans les rangs
- Nettoyage : nettoyage du matériel

Effeuillage thermique

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Vérification des bouteilles de gaz
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Traitement thermique du feuillage
- Nettoyage : nettoyage du matériel

➢ ***Egrapillonnage*** *: non pris en compte → éclaircissage.*

➢ **Entretien du parc matériel** : consiste à contrôler, maintenir et effectuer des réparations sur le matériel de l'exploitation, hors maintenance effectuée lors d'une opération (montage, réglage, démontage, nettoyage, réparation rapide…). Peut être effectué par un tiers (contrôle du pulvérisateur par exemple).

Finalité : travailler avec un matériel en bon état de fonctionnement (protection de l'utilisateur, de l'environnement, durée de vie du matériel).

Tâches :

- Sortir le matériel
- Démonter le matériel
- Nettoyer le matériel
- Vérifier le matériel
- Réparer le matériel
- Changer des pièces

➢ **Entretien des haies** : maintien et entretien des éléments du paysage et de la biodiversité telles les haies denses et bandes boisées.

Finalité : favoriser les auxiliaires de lutte contre les ennemis de la vigne et la biodiversité.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Plantation de haies

- Rabattage partiel
- Taille latérale

➢ **Entretien du palissage** (sécaillage, carrassonnage) : remplacement manuel des composants du palissage défectueux.

Finalité : développement contrôlé de la vigne

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Remplacements piquets
- Remplacements fils
- Tendre les fils
- Remplacement des culées (amarres)
- Repérage (rare, se fait généralement pendant la taille donc pas de tâche spécifique en général)

➢ **Epamprage astes/ébourgeonnage astes** : retrait manuel de certains bourgeons indésirables sur le bois de l'année précédente sélectionné par le tailleur. Peut être fait en même temps que la taille ou que l'épamprage de la tête.

Finalité : contrôle manuel de la charge en fonction de la densité et du rendement escompté. Première étape de contrôle du rendement avant l'éclaircissage. Assure l'homogénéité de la végétation (évite l'entassement). Sélection des bourgeons qui fourniront le raisin.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Raccourcissement des astes (éventuellement)
- Elimination manuelle des bourgeons sur les astes

➢ **Epamprage tête** : suppression manuelle des pampres inutiles sur la tête du pied.

Finalité : contrôle de la charge en fonction de la densité et du rendement escompté. Evite l'entassement. Nettoyage de la tête.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Suppression des pampres sur le tronc et le porte-greffe

➢ Epamprage tronc et porte-greffe : suppression des pampres inutiles sur le tronc et sur le porte-greffe.

Finalité : nettoyage du pied, mesure prophylactique.

Epamprage tronc et porte-greffe chimique

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Préparation : préparation de la bouillie
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage du pulvérisateur
- Pulvérisation
- Vidange : vidange de la bouillie inutilisée après la dernière série de pulvérisations (aire de vidange)
- Nettoyage : nettoyage du pulvérisateur par rinçage interne et externe du pulvérisateur après la dernière série de pulvérisations (aire de nettoyage)

Epamprage tronc et porte-greffe manuel

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Suppression des pampres sur le tronc et le porte-greffe

Epamprage tronc et porte-greffe mécanique

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de l'outil
- Passage de l'outil dans les rangs
- Nettoyage : nettoyage du matériel

➢ **Fertilisation foliaire** : apport d'éléments minéraux à la vigne par application d'un engrais foliaire liquide.

Finalité : appareil de production maintenu dans des conditions favorables à la production de raisin ; correction des éventuelles carences de la vigne.

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Préparation : préparation de la bouillie

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage du pulvérisateur
- Pulvérisation
- Rinçage (avec pulvérisation sur la parcelle)
- Vidange : vidange de la bouillie inutilisée après la dernière série de pulvérisations (aire de vidange)
- Nettoyage : nettoyage du pulvérisateur par rinçage interne et externe du pulvérisateur après la dernière série de pulvérisations (aire de nettoyage)

➢ Fertilisation au sol : apport d'un engrais minéral au milieu de culture (le sol).

Finalité : maîtrise de la vigueur des vignes en vue d'atteindre l'équilibre souhaité entre rendement et qualité.

Fertilisation minérale au sol

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de l'épandeur
- Epandage
- Enfouissement
- Nettoyage : nettoyage du matériel

Fertilisation organique au sol

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de l'épandeur
- Epandage
- Enfouissement
- Nettoyage : nettoyage du matériel

➢ **Formation** : assister à des journées ou demi-journées de formation (réunion, colloque, conférence…).

Finalité : acquérir de nouvelles compétences.

Tâches :

- Déplacement : se rendre au lieu de formation et retour

- Assister à la formation

➢ **Greffage** : opération qui consiste à souder une portion de végétal (rameau ou bourgeon) sur un autre végétal qui lui servira de support nourricier.

Finalité : modification de l'encépagement d'un vignoble sans avoir recours à l'arrachage.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Greffage

➢ **Griffage** : labour superficiel de la terre de l'inter rang avec des griffes qui présente les mêmes avantages que le binage.

Finalité : sert le plus souvent à l'enfouissement des engrais.

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de l'épandeur
- Griffage (charrue)
- Nettoyage du matériel

➢ **Hersage** : travail superficiel de la terre de l'inter rang avec une herse afin d'ameublir le sol.

Finalité : ameublir et aérer le sol.

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage du matériel
- Passage de la herse dans l'inter rang
- Nettoyage du matériel

➢ **Information** : lire la presse spécialisée.

Finalité : acquérir de nouvelles connaissances et compétences et déclencher d'autres opérations de manière pertinente.

Tâches :

- Recherche d'information
- Abonnement : s'abonner

- Lecture

➢ **Labour chaussage** (buttage) : labour d'automne par lequel on retourne la terre de l'inter rang sur une profondeur de 10 à 15cm avec une charrue. La terre est ramenée contre et entre la base des ceps le long desquels elle s'accumule en une petite butte. II se forme au milieu de l'inter rang un sillon par lequel l'eau s'infiltre.
Sur le sillon seront déposés les engrais et amendements organiques qui seront enfouis par un labour de printemps.

Finalité : assurer une meilleure protection des souches et favoriser l'écoulement des eaux au milieu de l'inter rang ; permet d'enfouir les mauvaises herbes.

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de l'épandeur
- Labourer
- Nettoyage du matériel

➢ **Labour déchaussage** (débuttage) : au printemps, *remise à plat du sol* en ramenant sur toute la largeur de l'intervalle la terre qui avait été rassemblée autour des ceps. Création d'une couche aérée, ameublie.

Finalité : suppression des racines superficielles ; contraint la vigne à un enracinement plus profond ; supprime l'herbe qui a poussé pendant l'hiver ; façons culturales simplifiées facilitées.

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de l'épandeur
- Labourer
- Nettoyage du matériel

➢ Levage/Relevage : relevage des pousses qui se sont allongées et des nouvelles pousses. Positionnement sur la structure de palissage, modification du port naturel de la vigne. Il peut y avoir plusieurs relevages au cours de la saison.

Finalité : le relevage permet d'éviter que la vigne ne pousse de façon désordonnée.

Levage/Relevage manuel

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Lever les fils
- Tirer les cavaliers
- Relevage : relever les rameaux après l'aoûtement
- Resserrage : resserrer les cavaliers
- agrafage

Levage/Relevage mécanique

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de l'outil
- Passage outil : passer la releveuse dans les rangs
- Nettoyage du matériel

➢ **Observations agronomiques** : faire un tour de parcelle (sur un nombre limité de rangs) afin de détecter visuellement les éventuelles carences nécessitant un traitement ou une détection plus fine, ainsi que les travaux en vert à effectuer.

Finalité : déclencher une opération de manière pertinente (fertilisation, opérations en vert…).

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Observation : observation des rangs dans la parcelle

➢ **Observations phytosanitaires** : faire un tour de parcelle (sur un nombre limité de rangs) afin de détecter visuellement ou par comptage les éventuelles maladies (oïdium, mildiou, Botrytis), adventices ou attaques d'insectes nécessitant un traitement ou une détection plus fine.

Finalité : déclencher un traitement phytosanitaire de manière pertinente.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Prélever des feuilles

- Prélever des grappes
- Observation : observation des rangs dans la parcelle
- Dénombrement : comptage des individus

➢ **Piégeage sexuel** : poser des pièges sexuels dans certaines parcelles pour attirer les tordeuses et être capable de surveiller et contrôler la croissance des populations localement.

Finalité : connaissance de la période de risque afin de déclencher un traitement anti-tordeuses quand il est nécessaire.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Pose : mise en place des pièges à tordeuses
- Changement des capsules
- Surveillance : surveiller les pièges dans la parcelle
- Relevé : relever les pièges
- Identification : identification des insectes piégés
- Comptages : détermination du nombre de tordeuses et comparaison au seuil de traitement

➢ **Pliage/Liage** (acanage) : consiste à lier sur un fil de fer tendu le long du rang les bois (appelés astes) laissés lors de la taille. Les astes sont attachées sur le fil de fer du bas avec des agrafes, de la ficelle ou du vime (acanage). Le pliage concerne les vignes taillées en guyot, le liage les vignes taillées en cordon.

Finalité : maîtrise de l'orientation de la végétation au cours du cycle végétatif.

Tâches :

- Déplacement :se rendre à la parcelle et retour
- Pliage/liage : plier/lier les astes

➢ **Poudrage** : appliquer un produit phytosanitaire chimique sous forme de poudre (soufre le plus souvent) à la parcelle.

Finalité : assurer une protection sanitaire conte les maladies affectant les grappes et les feuilles dans le but d'obtenir une production saine et de qualité.

Tâches :

- Réglage : étalonnage de la poudreuse
- Préparation : remplissage de la trémie avec la poudre
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de la poudreuse
- Poudrage
- Recharge de la trémie
- Nettoyage du matériel

➢ **Pré-taillage** : opération mécanique qui consiste à couper les sarments dans les vignes palissées ou non, et ce avant la taille.

Finalité : facilite le tirage des bois.

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de la pré-tailleuse
- Passage outil : passage de l'outil dans les rangs
- Nettoyage du matériel

➢ **Recépage** : consiste à abattre la souche sur le tronc et à reformer sa charpente à partir de gourmands laissés à la taille.

Finalité : reformer la charpente du pied de vigne.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Sélectionner les pieds
- Abattage de la souche
- Recépage

➢ Récolte : ramassage des grappes de raisin sur les pieds de vigne.

Finalité : obtenir une production.

Récolte manuelle

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Sélection : sélection des grappes
- Coupe : couper le raisin
- Tri : tri en bout de parcelle

- Transporter les seaux ou paniers du rang dans le tombereau

Récolte mécanique

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de la vendangeuse
- Tri : tri des grappes pourries devant la machine
- Récolte
- Nettoyage du matériel

➢ **Rognage - écimage** : consiste à supprimer mécaniquement la pointe du rameau ; suppression des extrémités herbacées des pousses.

Finalité : recherche du maintien de la vigne dans des dimensions compatibles avec le passage des machines et d'une bonne pénétration des bouillies de traitement au cœur de la végétation et vers les grappes ; aération.

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de l'outil de coupe
- Rognage : passage dans les rangs et rognage
- Nettoyage du matériel

➢ **Sarclage** : travail superficiel du sol pour couper sous terre avec un instrument tranchant les mauvaises herbes dès leur émergence.

Finalité : arrachage des mauvaises herbes.

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage de l'outil de coupe
- Sarclage : passage dans les rangs avec la sarcleuse mécanique
- Nettoyage du matériel

➢ **Semis** : semer un tapis d'herbe sur l'inter rang ou sur un inter-rang sur deux.

Finalité : installer une couverture végétale semée de façon permanente ou temporaire sur les inter-rangs, un rang sur deux ou seulement sur certains rangs.

Limite l'érosion, le ruissellement, l'amélioration de la portance des sols et la lixiviation des nitrates. Le couvert peut également servir de moyen de limitation de la vigueur (compétition). Limite le développement des adventices en dessous d'un seuil de nuisibilité tout en réduisant significativement les quantités de désherbant employées.

Tâches :

- Réglage : étalonnage du matériel
- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Contrôle : contrôle du réglage du semoir
- Semis : passage dans les rangs avec le semoir
- Roulage
- Nettoyage du matériel

➢ **Surveillance météorologique** : consiste à relever les informations d'une station météorologique située sur une parcelle de l'exploitation.

Finalité : déclencher une autre opération de manière pertinente.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Relevé : relever les informations météorologiques
- Enregistrement : saisir et enregistrer les informations
- Analyse : analyser les informations par des modèles de simulation

➢ **Taille** : consiste à supprimer totalement certains sarments de la vigne et partiellement certains autres ; couper le bois « mort » des ceps ; **sélectionner et préparer les bois** qui serviront de charpente au pied de vigne pour pousser tout au long de l'année.

Finalité : maîtriser le développement et la croissance de la vigne.

Tâches :

- Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
- Taille : taille des bois
- Nettoyage des sécateurs

- **Tirage des bois** : tomber les bois taillés du palissage au milieu de l'intervalle.

  Finalité : enlever manuellement les bois de taille pour permettre aux bois de l'année de se développer.

  Tâches :

  - Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
  - Tomber les fils
  - Enlever les cavaliers
  - Récupérer les cavaliers (si non biodégradables)
  - Tomber les bois au sol au milieu de l'intervalle : mise en andain

- **Tonte** : couper l'herbe des inter-rangs et des tournières enherbés.

  Finalité : entretenir le couvert végétal artificiel ou naturel.

  Tâches :

  - Réglage : étalonnage du matériel
  - Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
  - Contrôle : contrôle du réglage du matériel
  - Tonte

- **Traitement phytosanitaire** : application sur la vigne d'un ou plusieurs produits de lutte chimique (y compris les produits d'origine naturelle du type Bt) sur une parcelle.

  Finalité : assurer une protection sanitaire contre les maladies et les ennemis de la vigne pour obtenir une production saine et de qualité.

  Tâches :

  - Réglage : étalonnage du matériel
  - Préparation : préparation de la bouillie
  - Déplacement : se rendre à la parcelle et retour
  - Contrôle : contrôle du réglage du pulvérisateur
  - Pulvérisation
  - Rinçage (avec pulvérisation sur la parcelle)
  - Vidange : vidange de la bouillie inutilisée après la dernière série de pulvérisations (aire de vidange)
  - Nettoyage : nettoyage du pulvérisateur par rinçage interne et externe du pulvérisateur après la dernière série de pulvérisations (aire de nettoyage).

Annexe III-D : Fiche de données coûts POD Mildium

MILDIUM 2010

Fiche d'évaluation économique

A RENVOYER SÉPARÉMENT A L'ENITAB (par mail : m-nival@enitab.fr)
AU PLUS TARD LE 23 août 2010 DÉLAI DE RIGUEUR POUR UN TRAITEMENT RAPIDE

NOM
DOMAINE :

		Intrants (produits phytosanitaires et adjuvants)					
		Mildium			**Stratégie de l'exploitation**		
Traitements		Produit (nom commercial)	Dose appliquée	Coût unitaire (€/kg ou €/L)	Produit (nom commercial)	Dose appliquée	Coût unitaire (€/kg ou €/L)
T1	Oïdium						
	Mildiou						

Main d'œuvre

Temps moyen de traitement (passé à traiter DANS les parcelles) H/ha

Coût horaire chargé de la main d'œuvre salariée** €/H

(**) : coût horaire brut inclus charges patronnales

Matériel

T2	Oïdium						
	Mildiou						
T3	Oïdium						
	Mildiou						
T4	Oïdium						
	Mildiou						
T5	Oïdium						
	Mildiou						
T6	Oïdium						
	Mildiou						
T7	Oïdiu						

Amortissement annuel des tracteurs et pulvés - et nombre d'heures d'utilisation

	Montant €	**Nb heures**		**Montant €**	**Nb heures**

Dépenses d'entretien sur l'exercice

Assurance

		€		€
		€		€
		€		€
		€		€
		€		€

EFFACER TOUT

	m							
	Mildiou							
T8	Oïdium							
	Mildiou							
T9	Oïdium							
	Mildiou							
T10	Oïdium							
	Mildiou							
T11	Oïdium							
	Mildiou							
T12	Oïdium							

		€	€

Carburant

coût carburant *(moyenne sur l'année)*			€/L
consommation moyenne			L/H
			L/H
			L/H

CONSIGNES DE SAISIE :

1. Ne remplir que les cellules colorées en vert

	Mildiou						
T13	Oïdium						
	Mildiou						

2. En cas de mélange de 2 produits phyto : ne sélectionner que le produit majoritaire et faire la moyenne de la dose et du coût

3. En cas de 'coût aggloméré' en CUMA ou hors CUMA (ex : assurance + entretien), mettre le montant global dans 1 'case' montant et 0 dans toutes les autres (sans autre explication)

4. Si c'est un salarié qui traite : remplir le coût horaire chargé, dans le cas contraire mettre 0 dans la case

Annexe III-E : Enquête sur les freins perçus par les viticulteurs lors de l'adoption du POD Mildium

Description détaillée de l'échantillon

Les exploitations agricoles sont presque toutes des sociétés (cf. tableau n°6), mais il n'y a pas de réelle prédominance d'un type de société en particulier. Quant à la présence physique du propriétaire et de la maîtrise des décisions, 14 exploitations ont un propriétaire présent physiquement sur l'exploitation et contrôlant toutes les décisions sur les 20 exploitations. Parmi les 6 où le propriétaire n'est pas présent physiquement sur l'exploitation, il n'y a pas corrélation avec un type de forme juridique, ou avec la surface en vigne, mais par contre on constate que ces exploitations sont plus particulièrement dans la zone A Aquitaine, plus précisément dans la région du Médoc et ont plus de 12 personnes en main d'œuvre. Presque tous les exploitants ou chefs de culture sont à plein temps (19 cas sur 20). Concernant les structures exploitantes, il y a 6 métayers/fermiers et propriétaires d'une partie, 5 métayers/fermiers exclusifs, et 7 en propriété totale, sachant que 2 n'ont pas répondu. L'âge des exploitants/chefs de culture des EA montre une prédominance pour la classe de 50 à 59 ans avec 10 individus, contre 4 entre 40 et 49 ans, et 6 entre 30 et 39 ans.

1. Le parcellaire : hétérogénéité au sein de l'échantillon

Les parcellaires sont plutôt hétérogènes. La surface moyenne en vigne de nos 30 domaines se situe à 37,6 hectares, avec une médiane à 25,5 hectares. Ainsi, il a été choisi de diviser les domaines en 3 classes : les petites surfaces (inférieures à 12 hectares), les surfaces moyennes (entre 12 et 47 hectares), et les grandes surfaces (supérieures à 47 hectares). Les limites ont été choisies suivant la médiane et le 3ième quartile du box plot en annexe n°5. Nos domaines sont ainsi différenciés suivant leur surface. On retrouve une répartition plutôt homogène suivant les 3 groupes. Les domaines dits de grandes surfaces se trouvent principalement dans la zone A. Les surfaces moyennes sont réparties dans les 4 zones. Tandis que les petites surfaces (<12ha) se situent surtout dans la zone D (est : Bourgogne, Jura, Beaujolais, Champagne). Des indicateurs tels le nombre de parcelles, le nombre d'ilôts, la distance moyenne des parcelles par rapport au siège de l'exploitation, le nombre de kilomètres de la parcelle la plus éloignée, et le nombre de parcelles isolées montrent que les

parcellaires sont très disparates entre eux, mais qu'il n'y a pas de corrélation entre les indicateurs, même pour le nombre de parcelles et la surface en vigne. Il est alors difficile de réaliser des groupes plus caractérisés concernant le parcellaire, ou alors il y en aurait un nombre trop important. Le détail des indicateurs est en annexe n°6.

2. La production : plutôt AOC

La production peut être caractérisée par la production de Vin de table (VDT), de Vin de Pays (VDP) et de Vin d'appellation d'origine contrôlée (AOC). Tous les domaines ne produisent pas des 3 types. Presque tous produisent des vins AOC, 10 produisent des vins de pays, et seulement 6 des vins de table. On remarque que la production de vins AOC est très représentée. La production moyenne au sein des individus produisant des vins AOC s'élève à 1432 hectolitres, pour les vins de pays elle s'élève à 897 hectolitres, et pour les vins de table à 76 hectolitres. On remarque qu'en plus d'une très grande représentation des vins AOC, leur production moyenne est beaucoup plus élevée que pour les autres vins.

3. La main d'œuvre : 1 à 39 personnes

La main d'œuvre des domaines est assez hétérogène, puisqu'il s'agit de 1 à 39 personnes. 13 domaines possèdent 1 à 2 personnes, contre 5 qui possèdent 3 à 5 personnes, 2 avec 6 à 9 personnes et 8 domaines ayant plus de 10 personnes (cf. tableau n°8). 40% possèdent moins de 2 personnes, contre 26% ayant plus de 10 personnes.

4. Les Chiffres d'affaires et régimes d'imposition

Les chiffres d'affaires sont très hétérogènes puisque le domaine ayant le plus petit chiffre d'affaires s'élève à 14 000€, contre plus de 140 000 000 € pour le plus important. Les régimes d'imposition sont en majorité le régime Réel. Concernant le résultat courant, la moitié n'ont pas répondu à la question, néanmoins, ce qu'il ressort est que 4 ont des résultats courants négatifs, 11 ont un résultat inférieur à 1 million euros, et 2 supérieurs à 1 million euros.

5. Vinification et mode de commercialisation

21 domaines vinifient toute leur production sur place, tandis que 2 domaines sont coopérateurs et vinifient sur place et les 7 autres sont totalement coopérateurs. Parmi les 11 coopérateurs, 9 apportent plus de 70% de leur production. Les modes de commercialisation des domaines sont divers, mais on remarque une dominance de ventes à la propriété ou directe (17 domaines ont cité ce mode, soit 21%), et commercialisation par le biais de négociants et grossistes (17 cités, soit 21%) (cf. tableau n°9).

6. Démarches environnementales volontaires

19 domaines déclarent être engagés dans une démarche d'agriculture raisonnée et cela représente plus de 40% au sein des démarches environnementales citées (tableau A). Concernant le reste des démarches environnementales, on constate une répartition très hétérogène. A la question de savoir si les viticulteurs ont suivi une formation pratique en bord de champs en lutte ou protection raisonnée, 80% déclarent que oui.

Démarche environnementale	**Nb. Cit.**	**%**
Non réponse	5	11,1%
Agriculture raisonnée	19	42,2%
Réseau Farre	1	2,2%
Production intégrée	6	13,3%
Agriculture biologique	2	4,4%
Agriconfiance	0	0%
Démarche distributeur	0	0%
ISO 14001	3	6,7%
Adivalor, Vinaelis	2	4,4%
Terra vitis/Pivert	7	15,6%
TOTAL citations	45	100%

Tableau A : Démarches environnementales déjà engagées par les viticulteurs du réseau

7. Expérimentation POD Mildium : 80% pour la première ou deuxième année

25 domaines, soit plus de 80% de nos interrogés, expérimentent le POD Mildium pour la première ou deuxième année. 3 l'expérimentent depuis 3 ans, et 2 depuis 5 ans.

Questionnaire de l'enquête sur les freins

1. Conception du questionnaire

- *Choix des notions étudiées*

Le choix des notions étudiées a été réalisé après recherche bibliographique et consultation d'études. Il a été trouvé que les difficultés que rencontrent les viticulteurs expérimentant des pratiques innovantes telles le POD Mildium s'orientent suivant 5 axes : observations, compétence, sources d'information, organisation, et perception/aversion au risque. La notion « observations » regroupe toutes les questions liées aux caractéristiques des observations faites dans le cadre d'une protection phytosanitaire et des observations dans le cadre de la stratégie Mildium. La notion « compétence » se réfère aux questions liées à l'évaluation de la compétence du viticulteur en matière de connaissance des maladies de la vigne, de son raisonnement de la protection du vignoble, de sa capacité à s'adapter à une stratégie phytosanitaire économe en intrants. La notion « sources d'information » concerne l'accès à des documents d'aide à la décision, la consultation de ces documents, son utilisation, l'accès à des rencontres techniques, la participation à ces rencontres, l'utilisation d'aide fournie par des organismes de la filière et l'identification de ces organismes. La notion « organisation » relève de toutes les questions s'attachant à identifier et comprendre les difficultés organisationnelles existantes ou non au sein de l'exploitation viticole. Ceci concerne la main d'oeuvre, l'équipement, la gestion du temps, et l'approche globale du fonctionnement de l'exploitation. La notion « perception/aversion au risque » concerne les questions de prise ou pas de risque, de perception du risque, et d'évaluation du risque réel. Ces notions ont donc été choisies car elles regroupent, d'après les hypothèses de départ, les principaux freins à la diffusion des innovations environnementales. Il s'agit donc de mieux comprendre chacune de ces notions par l'intermédiaire d'indicateurs afin d'envisager des solutions.

- *Indicateurs choisis correspondants aux notions étudiées*

Les indicateurs choisis nécessitent de correspondre aux notions étudiées. Ils doivent approcher, mesurer ces notions le mieux possible. Pour cela, il y a un réel de besoin de prendre plusieurs indicateurs dû à :

- « l'imperfection de la mesure, étant donné les conditions de déroulement de toute l'enquête ;
- l'imperfection de l'indicateur, étant donné le fait qu'aucune question ne peut jamais approcher de manière entièrement satisfaisante la notion » (Singly, 2005).

Pour chaque notion/axe, des indicateurs ont été choisis. Prenons le cas de l'axe « observations ». Il s'agissait de caractériser les observations réalisées sur le domaine, c'est-à-dire de savoir : qui les réalisent ? quand ? à quelle fréquence ? comment ? où ? durée ? opinion de l'exploitant vis à vis du temps passé ? Toutes ces questions apportent des indications qui permettent de caractériser les observations réalisées sur le domaine. Le questionnaire réalisé est en annexe n°5.

- *Délimitation de l'enquête*

_ *Champ de l'enquête*

La population est l'ensemble des exploitations viticoles et domaines expérimentaux expérimentant le POD Mildium® sur la campagne 2009. L'unité statistique est l'exploitation viticole ou le domaine expérimental. Le champ de l'enquête est l'ensemble des exploitations viticoles et domaines expérimentaux, expérimentant le POD Mildium® sur la campagne 2009.

_ *Processus d'enquête*

Le processus d'enquête utilisé est un recensement, c'est-à-dire une enquête exhaustive de tous les individus. Il ne s'agit pas d'un sondage qui est une fraction de la population. Ce processus est direct, car il ne passe pas par l'intermédiaire d'enquêteurs. Il s'agit d'une enquête postale et par mail. Elle est dite « auto-administrée ». Ce processus a été choisi car il aurait été très couteux en temps de réaliser cette enquête avec un intermédiaire sur le réseau national Mildium. Dans la mesure où il était souhaité d'avoir la vision la plus large possible de la réalisation Mildium, la priorité a été d'enquêter le maximum de personnes. Ce processus d'enquête le permettant, il a été choisi.

_ *Individus enquêtés*

L'enquête s'adressant à tous les individus du réseau Mildium 2009, il y a 32 individus enquêtés. Néanmoins, le traitement des données est sur 30 retours d'enquêtes. Préalablement à l'enquête un test a été réalisé. Le questionnaire a été posé avec

l'intermédiaire d'un enquêteur à un individu volontaire du champ de l'enquête. Ce test a permis de faire quelques corrections au questionnaire avant qu'il soit envoyé à tout le champ de l'enquête.

Informations générales sur l'exploitation

Q1) Coordonnées de l'exploitation :
Nom :
Adresse :
Tél :
Email :
Nom et fonction de la personne interrogée :

Q2) Statut de l'exploitant :
☐ Retraité ☐ Temps plein ☐ Temps partiel
☐ Metayer ☐ Propriétaire

Q3) Âge de l'exploitant :
☐20-29 ☐ 30-39 ☐40-49
☐50-59 ☐60-69 ☐70+

Q4) Diplôme de l'exploitant :

Q5) L'exploitation est :
☐ Exploitation particulière ☐ Domaine experimental

Q6) De quelle surface agricole utile dispose l'exploitation (ha) ? ……ha.

Q7) Combien de parcelles y'a-t-il ? ……

Q8) Quelle est la taille moyenne des parcelles (ha) ? ……..ha.

Q9) Quelle est la surface en ?

AOC : ……ha.

VDP : ……ha.

VDT : ……ha.

Q10) Quels cépages sont cultivés sur l'exploitation ? ……

Q11) Combien de main d'œuvre avez-vous à disposition ? ……..

Q12) Quel est votre régime d'imposition ?

☐Forfait ☐Réel ☐Autre

Q13) Si « Autre », précisez : ……..

Q14) À combien s'élève votre CA ? ……

Q15) À combien s'élève votre résultat courant ? …….

Q16) Effectuez-vous une activité de vinification sur l'exploitation ?

oui/non

Q17) Veuillez indiquer les différents modes de commercialisation de votre production :

☐ Vente à la propriété ☐ GMS

☐ Cave coopérative ☐ Négociants, grossistes

☐ Magasin traditionnel ☐ Autre (à préciser).

Q18) Si cave coopérative, combien de pourcent de votre production cela représente il ? …%.

Q19) Êtes-vous d'ores et déjà engagé dans une démarche environnementale volontaire ?

☐Agriculture raisonnée ☐ Réseau FARRE ☐ Production intégrée

☐ Agriculture biologique ☐ Agriconfiance ☐ Démarche distributeur (un exemple ?)

☐ Iso 14001 ☐ Adivalor, Vinaelis ☐ Terra Vitis/Piverte

Q20) Depuis combien d'années, y compris cette année, expérimentez-vous le protocole Mildium ?

☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5

Vision globale du protocole Mildium

Q21) Avez-vous atteint vos objectifs en terme de rendements ?
Oui/non

Q22) Si non, combien avez-vous perdu ? ……..%.

Q23) Pensez vous que cela soit dû à la pratique Mildium ? oui/non

Q24) Si oui, quelle part estimez-vous due à Mildium ? ……%.

Q25) Qu'en pensez-vous ? ……

Q26) Seriez-vous prêt à adapter le protocole Mildium à toute votre exploitation ?
☐Oui ☐Non ☐Partiellement ☐Cela dépend

Q27) Quelque soit votre réponse, pour quelles raisons ? ……

Q28) Avez-vous rencontré des difficultés de disfonctionnements particuliers lors de l'exécution du protocole Mildium ? oui/non

Q29) Si oui, sur quel(s) poste(s) portai(ent) ces disfonctionnement(s) ?

☐ Main d'œuvre ☐Conditions climatiques
☐ Organisation de travail ☐Approvisionnement
☐Objectifs de production en terme de qualité ☐Objectifs de production en terme de quantité

Adaptation du protocole « Mildium » à la totalité de l'exploitation

Gestion des observations & compétences

Q30) Des observations en parcelle sont-elle faites afin de décider ou non d'un traitement phytosanitaire hors Mildium ? oui/non

Q31) Si « non », pourquoi ? ……..

Q32) Est-ce vous qui vous occupez des observations **hors** Mildium ?

☐Oui ☐ Oui mais pas toujours ☐ Non

Q33) Si « pas toujours » ou « non », qui s'occupe des observations hors Mildium ? …….

Q34) Pourquoi ? ……

Q35) Est-ce la même personne qui observe et qui prend la décision des traitements ? oui/non

Q36) Si non, pourquoi ? …….

Q37) Avez-vous un manque de main d'œuvre pour les observations hors Mildium? oui/non

Q38) Avez-vous un manque de main d'œuvre compétente pour les observations hors Mildium ? oui/non

Q39) Si oui, est-ce un problème de reconnaissance des symptômes ? oui/non

Q40) Si non, précisez quel est le problème : ……..

Q41) Combien de temps prennent les observations hors Mildium? ….. heure/ha.

……heures à la semaine.

Q42) Est-ce : peu/ raisonnable/ trop

Q43) Si c'est « trop », combien de temps par hectare serait acceptable ? ……

Au sujet des observations du protocole Mildium :

Q44) Feriez vous appel à un service comme la chambre d'agriculture ? oui/non

Q45) À qui d'autre feriez vous appel ? ……..

Q46) Formeriez vous du personnel déjà présent sur l'exploitation ? oui/non

Q47) Embaucheriez vous pour former du nouveau personnel ? oui/non

Sources d'information

Q48) De quels moyens d'informations sur les maladies de la vigne disposez vous ?

☐ Avertissements agricoles ☐ Bulletins ADAR

☐ Conseillers viticoles ☐ Modélisation

☐ Fournisseurs ☐ Autres (précisez : ……..).

Q49) Si tous les moyens d'information à votre disposition sur la vigne conseillent de ne pas traiter mais qu'il est annoncé de la pluie, suivez vous vos sources d'information ou vous traitez ?

☐Traitement ☐Non traitement

Q50) Si « Traitement », pourquoi ? …….

Q51) Si vous faites appel à des conseillers viticoles, de quel type d'organisation viennent t'ils ?

☐ Institut technique ☐ Cave coopérative

☐Firme phytosanitaire ☐Autre (précisez : ……).

Q52) Pourquoi ? ……

Q53) Savez-vous s'il y a des groupes de luttes raisonnées dans le coin ? oui/non

Organisation

Q54) Dans le cadre d'un protocole « Mildium » pour toute l'exploitation, seriez-vous prêt à changer votre organisation ?

☐ Oui ☐ Non ☐ Cela dépend

Q55) Si « cela dépend », précisez : …….

Q56) Comment vous approvisionnez vous à l'heure actuelle ?

☐ En début de saison(calendrier)
☐ Au fur et à mesure de la campagne
☐Autre (précisez :……)

Q57) Cette année, y a t'il eu des problèmes pour les approvisionnements en ce qui concerne la partie « Mildium » ? oui/non

Q58) Si « oui », précisez : …….

Q59) Avez-vous, aujourd'hui, les moyens de stocker des produits phyto (un local par exemple) ? oui/non

Q60) Si « non », êtes vous prêt à le réaliser ?
☐ Oui ☐ Non ☐ Cela dépend

Q61) Si « cela dépend », précisez : ……..

Q62) La qualité de pulvérisation de votre matériel vous paraît-elle suffisante ?
☐ Pas du tout ☐ Plutôt non ☐ Cela dépend ☐ Plutôt oui ☐ Tout à fait

Q63) S'il le fallait seriez vous prêt à réinvestir ? oui/non

Q64) Si « non », précisez pourquoi : ……..

Q65) Le matériel de pulvérisation est-il étalonné ? oui/non

Q66) Si « oui », qui le fait ? ……

Aversion aux risques

Q67) Concernant vos autres parcelles hors Mildium, les traitements sont-ils découplés ? Jamais/rarement/ moyennement/ souvent/ toujours

Q68) Si « moyennement », « rarement », ou « jamais », est-ce :
un manque de main d'œuvre ? : oui/non

un manque de matériel de pulvérisation ? : oui/non
une préférence personnelle d'assurance ? : oui/non
un éclatement parcellaire trop contraignant ? : oui/non

Q69) Concernant vos autres parcelles hors Mildium, les traitements sont-ils ciblés ?
☐ Jamais ☐ Rarement ☐ Moyennement ☐ Souvent ☐ Toujours

Q70) Si « Moyennement », « Rarement », ou « Jamais », est-ce :
un manque de main d'œuvre ? : oui/non
pas de matériel de pulvérisation adapté ? : oui/non
un manque de matériel de pulvérisation ? : oui/non
une préférence personnelle d'assurance ? : oui/non
un éclatement parcellaire trop contraignant ? : oui/non

Q71) Avez-vous confiance dans la prise de vos décisions basée sur vos observations ?
Oui/non

Q72) Fonction de la destination de votre vendange, la perte en quantité et qualité tolérée serait-elle la même ? Oui/non

Economique

Q73) D'un point de vue économique, si adopter « Mildium » revenait à plus cher que la campagne de traitement traditionnelle, seriez-vous prêt à le réaliser quand même ?
Oui/non

Q74) Précisez pourquoi : ……
……..

Vos remarques :

Enquête sur les freins – détails et informations complémentaires

Sur les 32 individus composant le réseau Mildium 2009, il y a 30 retours d'enquêtes soit 94% du total. Parmi les 30 individus, 20 sont des exploitations agricoles classiques, et 10 sont des domaines expérimentaux (Lycées agricoles, Domaines d'expérimentations des chambres d'agriculture, ou des interprofessions,…). Dans la zone A se situent 14 domaines dont 10 exploitations agricoles classiques (EA) ; dans la zone B se situent 7 domaines dont 4 EA; dans la zone C se situent 2 domaines dont 1 EA ; dans la zone D se situent 7 domaines dont 5 EA. On remarque une prédominance des domaines se situant dans les zones A et B recouvrant dans l'ensemble : l'Aquitaine et le Languedoc-Roussillon. Les exploitations agricoles sont presque toutes des sociétés, mais il n'y a pas de réelle prédominance d'un type de société en particulier. Quant à la présence physique du propriétaire et du contrôle des décisions, 14 exploitations ont un propriétaire présent physiquement sur l'exploitation et contrôlant toutes les décisions sur les 20 exploitations. Parmi les 6 où le propriétaire n'est pas présent physiquement sur l'exploitation, il n'y a pas corrélation avec un type de forme juridique, ou avec la surface en vigne, mais par contre on constate que ces exploitations sont plus particulièrement dans la zone A d'Aquitaine, plus précisément dans la région du Médoc et ont plus de 12 personnes en main d'œuvre. Presque tous les exploitants ou chefs de culture sont à plein temps (19 cas sur 20). Concernant les structures exploitantes, il y a 6 métayers/fermiers et propriétaires d'une partie, 5 métayers/fermiers exclusifs, et 7 en propriété totale, sachant que 2 n'ont pas répondu. L'âge des exploitants/chefs de culture des EA montre une prédominance pour la classe de 50 à 59 ans avec 10 individus, contre 4 entre 40 et 49 ans, et 6 entre 30 et 39 ans.

1. Description de l'échantillon

1.1. Le parcellaire : hétérogénéité au sein de l'échantillon

Les parcellaires sont plutôt hétérogènes. La surface moyenne en vigne de nos 30 domaines se situe à 37,6 hectares, avec une médiane à 25,5 hectares. Ainsi, il a été choisi de diviser les domaines en 3 classes : les petites surfaces (inférieures à 12 hectares), les surfaces moyennes (entre 12 et 47 hectares), et les grandes surfaces (supérieures à 47 hectares)[133]. Les domaines sont ainsi différenciés suivant leur surface. On retrouve une répartition plutôt homogène suivant les 3 groupes. Les domaines dits de grandes surfaces se trouvent

[133] Les limites ont été choisies suivant la médiane et le 3ième quartile.

principalement dans la zone A. Les surfaces moyennes sont réparties dans les 4 zones. Tandis que les petites surfaces (<12ha) se situent surtout dans la zone D (est : Bourgogne, Jura, Beaujolais, Champagne). Des indicateurs tels le nombre de parcelles, le nombre d'îlots, la distance moyenne des parcelles par rapport au siège de l'exploitation, le nombre de kilomètres de la parcelle la plus éloignée, et le nombre de parcelles isolées montrent que les parcellaires sont très disparates entre eux, mais qu'il n'y a pas de corrélation entre les indicateurs, même pour le nombre de parcelles et la surface en vigne. Il est alors difficile de réaliser des groupes plus caractérisés concernant le parcellaire, ou alors il y en aurait un nombre trop important.

1.2. La production : plutôt AOC

La production peut être caractérisée par la production de Vin de table (VDT), de Vin de Pays (VDP) et de Vin d'appellation d'origine contrôlée (AOC). Tous les domaines ne produisent pas des 3 types. Presque tous produisent des vins AOC, 10 produisent des vins de pays, et seulement 6 des vins de table. On remarque que la production de vins AOC est très représentée. La production moyenne au sein des individus produisant des vins AOC s'élève à 1432 hectolitres, pour les vins de pays elle s'élève à 897 hectolitres, et pour les vins de table à 76 hectolitres. On remarque qu'en plus d'une très grande représentation des vins AOC, leur production moyenne est beaucoup plus élevée que pour les autres vins.

1.3. La main d'œuvre : 1 à 39 personnes

La main d'œuvre des domaines est assez hétérogène, puisqu'il s'agit de 1 à 39 personnes. 13 domaines possèdent 1 à 2 personnes, contre 5 qui possèdent 3 à 5 personnes, 2 avec 6 à 9 personnes et 8 domaines ayant plus de 10 personnes. 40% possèdent moins de 2 personnes, contre 26% ayant plus de 10 personnes.

1.4. Les Chiffres d'affaires et régimes d'imposition

Les chiffres d'affaires sont très hétérogènes puisque le domaine ayant le plus petit chiffre d'affaires s'élève à 14 000€, contre plus de 140 000 000 € pour le plus important. Les régimes d'imposition sont en majorité le régime Réel. Concernant le résultat courant, la moitié n'ont pas répondu à la question, néanmoins, ce qu'il ressort est que 4 ont des résultats courants négatifs, 11 ont un résultat inférieur à 1 million euros, et 2 supérieurs à 1 million euros.

1.5. Vinification et mode de commercialisation

21 domaines vinifient toute leur production sur place, tandis que 2 domaines sont coopérateurs et vinifient sur place et les 7 autres sont totalement coopérateurs. Parmi les 11 coopérateurs, 9 apportent plus de 70% de leur production. Les modes de commercialisation des domaines sont divers, mais on remarque une dominance de ventes à la propriété ou directe (17 domaines ont cité ce mode, soit 21%), et commercialisation par le biais de négociants et grossistes (17 cités, soit 21%).

1.6. Démarches environnementales volontaires

19 domaines déclarent être engagés dans une démarche d'agriculture raisonnée et cela représente plus de 40% au sein des démarches environnementales citées. Concernant le reste des démarches environnementales, on constate une répartition très hétérogène. A la question de savoir si les viticulteurs ont suivi une formation pratique en bord de champs en lutte ou protection raisonnée, 80% déclarent que oui.

1.7. Expérimentation POD Mildium : 80% pour la première ou deuxième année

25 domaines, soit plus de 80% de nos interrogés, expérimentent le POD Mildium pour la première ou deuxième année. 3 l'expérimentent depuis 3 ans, et 2 depuis 5 ans.

2. Pratiques phytosanitaires habituelles et conventionnelles

Il s'agit dans cette partie de caractériser les pratiques phytosanitaires des viticulteurs.

2.1. Les observations sont réalisées mais différemment

Tous réalisent des observations afin de décider d'un traitement phytosanitaire sur leur domaine. Ces observations sont réalisées par le chef d'exploitation ou de culture, accompagné parfois d'un technicien. Les pratiques majoritaires sont d'observer 1 fois par semaine pour 11 domaines et plus d'une fois par semaine pour 11 domaines aussi. La minorité est d'observer moins d'une fois par semaine avec 6 domaines (20%). Les observations sont réalisées en majorité « partout », puisque 15 observent « partout » dont 9 observent exclusivement « partout ». 7 observent exclusivement des « parcelles de référence », et 2 observent exclusivement des « témoins ». Pour les 12 domaines restants : 4 observent « partout », « parcelles de référence » et « témoins » ; 3 observent « parcelles de référence » et « témoins », 3 observent selon les parcelles travaillées ; 1 observe « partout » et les « témoins », enfin 1 observe « partout » et « parcelles de référence ». Ces observations sont réalisées pour 27 cas, soit plus de 80%, à pied. 24 les réalisent uniquement à pied ; les 6 autres les réalisent parfois à l'aide de tracteurs ou véhicules (quad, voiture).

Pour ceux les réalisant en tracteur, ils les réalisent aussi à pied, mais les réalisent forcément « partout ». Dans 20 cas sur 30, l'observateur prend la décision des traitements. Sinon, la décision est prise ou non, selon la position de l'observateur, ou par collaboration avec le responsable.

Dans 26 cas, la compétence nécessaire aux observations sur le domaine est déclarée. Parmi les 2 domaines où elle n'est pas présente, il s'agit pour l'un d'un manque de compétence pour l'oïdium et pour l'autre le mildiou : les deux se trouvant dans la région bordelaise. Pour le 3ième domaine il ne s'agit pas d'un problème de compétence pour les observations, mais de manque de disponibilité pour les réaliser sur une période très chargée. Le temps nécessaire aux observations est de 6 à 30 minutes, mais en moyenne d'environ 19 minutes par hectare lorsque l'on pose la question du temps nécessaire par hectare ; alors qu'il est d'environ 7 minutes par hectare quand la question est posée à la semaine et qu'on convertit à l'hectare. 22 cas sur 30 déclarent trouver cela suffisant, soit 73%.

2.2. Les sources d'informations : essentiellement les bulletins techniques et les conseillers techniques

Les moyens d'information sur l'évolution des risques des maladies de la vigne les plus utilisés sont les bulletins techniques d'information, les conseillers techniques, et les résultats de modèle de prévision des risques. Les bulletins d'information proviennent en majorité des Chambres d'Agriculture Les conseillers techniques proviennent en majorité des Chambres d'Agriculture et des fournisseurs phytosanitaires. Quelques uns proviennent de cave coopérative ou sont des consultants privés. Même si les bulletins techniques et les conseillers représentent une des sources majeures d'information, 18 cas sur 30 déclarent ne pas suivre tout le temps les préconisations de ces derniers. Ils déclarent adapter les décisions à leur situation locale (11 sur 18 réponses), leur organisation de travail (5 sur 18) et leurs observations (3 sur 18). 19 cas sur 30 déclarent savoir s'il existe un groupe de lutte raisonnée dans leur secteur.

2.3. Approvisionnement intrants et matériel satisfaisant

Les approvisionnements en intrants se réalisent dans 50% des cas avant ou en début de saison, dans 50% des cas au fur et à mesure de la campagne. Tous sauf deux, ont un moyen de stocker les produits phytosanitaires. Ces 2 là sont prêts à réaliser un investissement pour remédier à cela. La qualité de pulvérisation est dans l'ensemble satisfaisante. D'ailleurs le matériel est étalonné dans 29 cas sur 30. L'étalonnage a lieu pour 19 domaines chaque

année, pour les autres, au plus long tous les 5 ans. Le débit de buses et la vitesse d'avancement sont les deux critères les plus contrôlés.

2.4. Découplage des traitements peu fréquent

A la question de savoir si les traitements anti-mildiou et anti-oïdium sont découplés fréquemment ou pas, 14 domaines attestent découpler rarement ou jamais. 14 découplent parfois et seulement 2 découplent souvent, d'ailleurs il s'agit de deux coopérateurs. Les raisons avancées de ce non découplage sont principalement : un problème de temps de travail (13 sur 14 réponses), une volonté de contrôler les risques au maximum (5 sur 14), et un parcellaire trop contraignant (5 sur 14), une volonté de limiter le nombre de passages (3 sur 14). Apparent, il ne s'agit pas d'un problème de matériel de pulvérisation.

2.5. Récapitulatif des pratiques de la protection phytosanitaire habituelle de l'échantillon

Des observations sont réalisées afin de décider d'un traitement phytosanitaire, d'après les déclarations des viticulteurs interrogés. Les décisions de traitement, suite aux observations, sont effectuées par les viticulteurs seuls ou accompagnés d'un technicien. D'après les déclarations des viticulteurs, les compétences nécessaires aux observations sont bien présentes sur les domaines dans 26 cas. La fréquence des observations est au minimum d'une fois par semaine (22 cas sur 30). Elles sont réalisées pour plus de 50% des domaines « partout » et pour 80% à pied. Elles durent en moyenne entre 7 à 19 minutes par hectare, et 2/3 des viticulteurs jugent cela suffisant.

Parmi les sources d'information les plus utilisées, on trouve les bulletins techniques d'information et plus particulièrement ceux distribués par les Chambres d'agriculture ; et les conseillers techniques qui viennent en majorité des chambres et des fournisseurs phytosanitaires. Néanmoins, les préconisations de ces sources d'informations sont dans plus de 50% des cas non suivies. Certaines des raisons sont une adaptation à la situation locale et à l'organisation de travail. Seulement 3 cas disent adapter en fonction de leurs observations. Concernant les approvisionnements en intrants et matériel de pulvérisation, tous, sauf deux, ont un moyen de stocker les produits phytosanitaires. Les deux n'en ayant pas, sont prêts à investir. La qualité de pulvérisation est satisfaisante dans l'ensemble. Le découplage des traitements anti-mildiou et anti-oïdium est dans presque 50% des cas rare ou inexistant : la raison principale étant un manque de temps de travail.

3. Analyse des points les moins maîtrisés en vue de l'adoption du POD Mildium

Il s'agit de faire en quelque sorte une comparaison des pratiques habituelles et des supposées pratiques liées au POD Mildium. De cette comparaison de quelques points, il s'agit d'appréhender les points qui sont maîtrisés et ceux qui posent des difficultés dans l'éventualité de l'adoption du POD Mildium sur toute l'exploitation. Après comparaison des points majeurs dans la mise en œuvre du POD Mildium avec les pratiques habituelles des viticulteurs de notre échantillon, on remarque que les observations apparaissent comme le point le moins bien maîtrisé aujourd'hui. A priori, seulement 30% de notre échantillon mettrait déjà en œuvre des observations qui regroupent plusieurs caractéristiques du POD Mildium. Ceci signifie que les 70% restant observent très différemment de ce qui est fait pour le POD Mildium. Ces 70% n'observent pas de parcelles de références, soit ne le font pas à pied, soit le font plus d'une fois par semaine ou combinent plusieurs de ces derniers critères. Donc le cas de l'adoption du POD Mildium, le changement concernant les observations est le point touchant le plus de viticulteurs dans notre échantillon. Ensuite, le découplage des traitements anti-mildiou et anti-oïdium se situe comme le second point le moins maîtrisé. Seuls 50% découplent ces traitements « parfois ou souvent ». Or le découplage est un des principes du POD Mildium. De plus, on remarque que parmi les 8 exploitations agricoles qui découplent rarement ou jamais, 7 ont des exploitants dont l'âge est supérieur à 50 ans. Aussi, les surfaces moyennes sont celles qui découplent le moins, tandis que les petites surfaces découplent le plus, les grandes surfaces étant entre les deux.
Le troisième point le moins maîtrisé est la prise d'information et la planification du travail.
Tous utilisent des moyens d'information tel les bulletins d'informations techniques et/ou des conseillers viticoles, mais 60% ne suivent pas forcément les préconisations de ces moyens d'informations, ils adaptent à leur situation locale, à leur organisation de travail, mais faiblement à leurs observations. Or avec le POD Mildium, les observations sont des indicateurs majeurs.

La compétence pour reconnaître les maladies (mildiou et oïdium) s'élève à hauteur de 86,70%. Elle se retrouve en tant que quatrième point. A priori, ce point ne pose pas problème pour notre échantillon, dans le cas de l'adoption du POD Mildium. Mais reste la question de la durée de ces observations qui est difficile à mesurer et à estimer concernant le POD Mildium. En effet, il s'agirait d'observer une heure voire une heure et demi environ par parcelle de référence dans le cas d'un passage à la stratégie Mildium sur toute l'exploitation. Mais la taille et le nombre des parcelles de référence n'étant pas fixée, on ne

peut pas comparer. Donc ce point ne peut pas être apprécié de façon correcte. On peut estimer qu'avec une moyenne de 7 à 19 minutes par hectare et par semaine, cela est trop faible par rapport à une observation faite dans le POD Mildium d'une heure par parcelle de référence et une surveillance régulière du vignoble.

Concernant les approvisionnements et le matériel, d'après la comparaison il n'y aurait aucun problème vis-à-vis du passage à Mildium. En effet, aucun problème concernant la pulvérisation n'est signalé, et un très faible pourcentage est concerné pour des soucis de stockage des produits. Pour conclure, les pratiques habituelles des viticulteurs de l'échantillon ne correspondent pas forcément aux pratiques dans le cadre du POD Mildium. En effet, parmi les point majeurs comparés, les observations, le découplage des traitements, et la prise d'information mêlée à la planification du travail sont les points les moins en correspondance avec les pratiques du POD Mildium parce que touchant la plus importante proportion de l'échantillon.

4. La mise en œuvre du POD Mildium rencontre des difficultés

Il s'agit de s'intéresser dans cette partie à l'évaluation de la mise en œuvre du POD Mildium sur l'échantillon 2009. Cette évaluation comprend en partie la question de l'extension du POD Mildium au sein des domaines enquêtés : quelles sont les difficultés rencontrées s'il y en a ?

4.1. Les objectifs

Les objectifs en termes de rendements sont atteints pour 22 cas sur 26 (2 cas n'ont pas répondu à la question). Les pertes des 4 domaines s'élèvent de 10 à 15%. Les objectifs en termes de qualité sont atteints pour 23 cas sur 25 (5 domaines n'ont pas répondu). Les pertes sont estimées dues à la mise en œuvre du POD Mildium pour 4 cas. Pour l'un elle est la cause à 100% des pertes, pour un autre à 50%, pour un autre à 4% et pour le dernier ce n'est pas précisé.

4.2. La tolérance de perte

La tolérance en termes de pertes diffère suivant le potentiel qualitatif d'une parcelle. Pour une parcelle à haut potentiel qualitatif, la tolérance de perte est principalement inférieure à 5% (16 cas), et 10% (10 cas). Pour une parcelle à moyen potentiel, la tolérance est principalement inférieure à 5% (10 cas) et 10% (10 cas). Néanmoins, 5 cas tolèrent 15% de pertes et 3 cas 20%. Pour une parcelle à faible potentiel, la tolérance est principalement de

10% (10 cas), mais pour 8 cas elle est inférieure à 5%, pour 2 à 15%, pour 5 à 20%, pour 1 à 30% et pour 1 à 50%.

4.3. Acceptabilité économique

D'un point de vue économique, si Mildium revenait à plus cher qu'une campagne traditionnelle, 14 domaines le réaliseraient quand même contre 15.

Les raisons du OUI :

- pour limiter l'impact sur l'environnement dû à l'utilisation des produits phytosanitaires.

Les raisons du NON :

- situation économique ne permettant pas un surcoût ;
- prise de risque combinée à un surcoût : aberrant ;
- revient à dire que Mildium est un échec puisque l'objectif devrait être environnemental et économique.

4.4. Difficultés opérationnelles

11 domaines ont rencontré des difficultés opérationnelles et 19 n'ont pas eu de difficultés opérationnelles. Les difficultés rencontrées portaient principalement sur l'organisation de travail, et les conditions climatiques. Plus précisément ces difficultés proviennent d'une concurrence avec d'autres travaux sur l'exploitation (observations, traitements, autres travaux), ce qui engendre des problèmes de réactivité et d'organisation du personnel ; un souci de positionnement des traitements dû à des contraintes liées à des conditions climatiques difficiles (pluies, sols lourds, vents) ; un suivi de processus un peu délicat ; et enfin des soucis d'organisation liés à la taille réduite de la parcelle du POD Mildium. Les suggestions apportées portent sur la mise en place du modèle informatique lié au POD Mildium, de simplifier la lecture du document relatif au POD Mildium, de former le personnel aux observations, et d'augmenter la taille de la parcelle expérimentale.

4.5. L'extension du POD Mildium fait face à plusieurs contraintes

Dans cette partie du questionnaire il s'agissait de savoir si les domaines interrogés étaient prêts à étendre le POD Mildium sur leur exploitation. Dans le cas d'une extension avec la même prise en charge des observations par les Chambres d'Agriculture, l'INRA ou organismes techniques, seul 7 domaines seraient prêts. Ces domaines déclarent apprécier le suivi technique d'un organisme extérieur et le fait de pouvoir économiser des intrants. Pour certains, le concept du POD Mildium est très proche de ce qu'ils réalisent déjà, donc cela ne leur pose aucun problème, surtout si les observations sont réalisées par des extérieurs.

Concernant les 6 domaines qui ont répondu « non » à l'extension, certains de par leur nature de domaine expérimental ne peuvent étendre le POD Mildium à tout le domaine, pour les autres il s'agit essentiellement d'un problème de perception de risque trop important par rapport à un fort potentiel qualitatif des parcelles, et d'une difficulté de réactivité pour les traitements avant chaque pluie. 11 domaines déclarent être prêts à étendre le POD Mildium « partiellement » sur leur exploitation. Les raisons invoquées sont une méfiance vis-à-vis du protocole, un manque de recul, un souhait de plus de tests, de validation sur plusieurs années, car la perception du risque est trop importante. Pour les domaines ayant répondu « cela dépend » au nombre de 5, l'un déclare émettre une réserve quant à la validation par sa direction car des risques de pertes existent, un souhaite une efficacité technico-économique supérieure à la stratégie traditionnelle, deux sont réservés quant à leur réactivité d'intervention, et un est réservé quant au risque de pertes perçus qui peut lui coûter la perte de marché lié à sa perte de compétitivité.

Dans le cas d'une extension, mais sans la prise en charge des observations, c'est-à-dire de manière autonome, 8 domaines sont prêts à étendre le POD Mildium à toute leur exploitation. Pour les autres, il s'agit soit d'une extension partielle (14 cas), ou d'un refus (8 cas). Pour ceux refusant, les raisons viennent de la concurrence avec d'autres travaux, un manque de temps, un manque d'accès aux données (météo, modèles maladies), des observations jugées trop longues, et un manque d'assurance, un souhait de se reposer sur une tierce personne. Pour un domaine le manque de compétence est précisé. Pour les domaines déclarant le mettre en œuvre partiellement, les raisons viennent de besoin d'un appui, d'un soutien technique, car il y a un manque d'assurance, mais aussi d'un problème de temps pour les observations qui apparaît comme un frein. Il s'agit soit d'un souci de gestion du temps ou un manque de main d'œuvre.

Concernant précisément les observations spécifiques dans le cadre du POD Mildium, 22 cas sur 30 déclarent pouvoir les réaliser eux-mêmes. 5 affirment pouvoir les réaliser pour le mildiou et 2 pour aucune des 2 maladies. Dans l'ensemble, les exploitants se déclarent compétents. A la question de savoir s'ils feraient appel aux services de la Chambre d'Agriculture pour les réaliser, 22 seraient d'accord et 8 non. Par contre 9 pourraient faire appel à quelqu'un d'autre tel : un technicien coopérative, technicien distributeur, un consultant privé…Concernant la formation du personnel de leur domaine, 20 seraient prêt à le former, contre 9 non. Par contre pour embaucher du nouveau personnel aucun ne souhaite le faire. Un changement d'organisation lors de l'extension du POD Mildium sur

l'exploitation est accepté par 14 domaines, contre 8 qui refusent. Néanmoins, pour 7 cas dont la réponse était « cela dépend », cela vient d'une nécessaire validation du protocole du POD Mildium, de garantir des pertes en dessous d'un seuil acceptable (10% pour un domaine), d'un changement concernant la gestion du personnel voir de l'embauche.

4.6. Récapitulatif des contraintes citées pour l'extension du POD Mildium à toute l'exploitation

Moins de 25% seraient prêts à étendre le POD Mildium sur tout leur domaine avec le même système de prise en charge des observations que sur l'année 2009. Les 75% autres ne souhaitent pas pour les raisons principales suivantes :

- méfiance vis-à-vis du protocole, souhait de plus de tests, car perception du risque de pertes importante ;
- perception du risque de perte trop important par rapport au potentiel qualitatif des parcelles ;
- réactivité de traitement qui est estimée pas à la hauteur pour les traitements avant les pluies.

Quand on repose la question, mais cette fois sans la prise en charge des observations par un autre organisme, 25% seraient prêts à étendre le POD Mildium à tout leur domaine. Les raisons des 75% autres sont :

- manque de temps pour les observations ;
- manque de temps, concurrence avec d'autres travaux ;
- manque d'accès aux données (maladies, météo,…) ;
- manque d'assurance, souhait d'un soutien technique.

Le manque de temps pour les observations et le manque d'assurance sont les raisons les plus fréquemment citées. On remarque que c'est le manque de temps le plus problématique d'après les viticulteurs. En effet, le manque de temps pour les observations est cité comme une des raisons de la non extension du POD Mildium, alors que 73,3% déclarent être compétents pour les observations à faire pour le POD Mildium. Quand au changement de leur organisation au sein du domaine, presque 50% sont prêts à le faire. Mais pour les autres et particulièrement pour ceux ayant répondu « cela dépend », le risque lié aux pertes est un frein majeur.

5. Le changement pour la mise en œuvre du POD Mildium face à de nombreuses difficultés, l'extension sujette à des réticences

Les pratiques usuelles des viticulteurs de l'échantillon ne sont pas forcément en adéquation avec les pratiques du POD Mildium. D'ailleurs, les observations, le découplage des traitements anti-oïdium et anti-mildiou, la prise d'information mêlée à la planification sont les points les moins en adéquation avec les pratiques du POD Mildium. Les problèmes rencontrés lors de la mise en œuvre du POD Mildium sont alors issus de cet éloignement entre les pratiques usuelles et celle du POD. Mais une contrainte majeure est la perception de risque, suite à l'utilisation du POD Mildium, qui n'est pas directement liée aux pratiques. Cette non acceptabilité est le point critique lorsqu'il s'agit d'étendre le POD Mildium à l'ensemble de l'exploitation. Malgré cela, d'autres freins sont présents pour la mise en œuvre du POD Mildium. Par ordre d'importance à priori, les contraintes et difficultés rencontrées sont les suivantes :

- une méfiance vis-à-vis du protocole du POD Mildium ;
- une perception de risque très importante vis-à-vis des pertes perçues comme possibles,
- les observations jugées longues, mais néanmoins la durée des observations actuelles ne correspond pas à celle prévue pour le POD Mildium futur (environ 1 heure à 1h30 par parcelle de référence) ;
- l'organisation de travail : manque de temps, donc peu ou pas de découplage des traitements, observations venant en concurrence avec autres travaux, ou manque de main d'œuvre ;
- les conditions climatiques : pouvant engendrées des problèmes de réactivité pour les traitements.

Parmi les caractéristiques des individus, on remarque que ceux qui refusent catégoriquement l'extension du POD Mildium sans prise en charge des observations par l'extérieur, disposent de moins de 3 personnes par domaine, qu'ils expérimentent le POD Mildium que depuis 1 ou 2 ans, et qu'ils proviennent majoritairement de la zone D, soit la champagne, le jura, le beaujolais, et la bourgogne. Par contre ceux qui déclarent être prêt à mettre en œuvre le POD Mildium sur tout leur domaine ont généralement plus de 14 personnes sauf pour deux domaines, et ils sont majoritairement dans la zone A, soit l'Aquitaine, mais l'Aquitaine étant la zone présentant le plus d'individus. Donc, il semblerait que certaines caractéristiques telles le nombre de main d'œuvre, et la localisation influent sur l'extension du POD Mildium.

Quand on compare les résultats à ceux de l'étude sur l'année 2008, on retrouve dans l'ensemble les mêmes résultats, sauf que cette année le matériel n'est pas une limite.
L'évaluation économique et de la mise en oeuvre de l'innovation environnementale Processus Opérationnel de Décision Mildium (POD Mildium) montre que le coût n'est pas un frein puisque toutes les exploitations sauf une ont réalisé des économies sur l'année 2009. Dans 85% des cas expérimentés en 2009, il y a alliance des performances économiques, agronomiques, de rendements et de qualité. Néanmoins, des difficultés subsistent et concernent la mise en œuvre de l'innovation POD Mildium sur l'exploitation viticole par les viticulteurs. Les principaux points posant des difficultés et des réticences sont la perception du risque vis-à-vis des pertes en rendement et/ou qualité, les observations dans le cadre du POD Mildium qui sont jugées trop longues, l'organisation du travail, et les problèmes liés aux conditions climatiques. Ceci soulève la question de voir l'acceptabilité de l'innovation POD Mildium à l'échelle de l'exploitation par les viticulteurs, mais aussi de réfléchir sur les moyens pour combler ces difficultés.

Annexe III-F : Questionnaire de l'enquête auprès des acteurs du secteur viticole

I – Rapports de l'organisme avec les viticulteurs

1. Quelle est votre fonction au sein de l'organisme ?

2. Quelles sont les missions et activités de votre organisme au sein de la filière viticole?

3. Quels sont les types de relations de votre organisme avec les viticulteurs ?

	Pas du tout	**Un peu**	**beaucoup**	**Remarques, détails**
Formation : quel type				
Conseil : quel type				
Diagnostic cultural				
Suivi technique				
Aide à la prise de décision				
suivi économique				
approvisionnement				
rédacteur d'un cahier des charges				
communication, promotion du produit				
Achat produits viticoles				
autre : précisez				

II – Positionnement par rapport au plan Ecophyto 2018

4. Avez-vous entendu parler du plan Ecophyto 2018 ? ❍ oui ❍ non Si non, question 9

5. Si oui, selon vous, comment se décline-t-il (grands axes, actions concrètes...) ?

6. Pour vous, la politique de réduction des pesticides menée dans le cadre du Plan Ecophyto 2018 c'est plutôt ?

	Oui	**Non**
Une plus-value économique		
Un manque à gagner		
Une question d'éthique		
Un effet de mode		
Une réglementation à respecter		
Autre, précisez...		

7. Vous sentez vous concerné par le plan Ecophyto 2018 et de quelle manière impacte-t-il votre activité ? ❍ oui ❍ non

Si non, question 9

8. La mise en œuvre de ce plan va-t-elle induire une évolution de votre rôle?

❍ oui ❍ non

Si oui, laquelle ?

<u>III – Application du plan Ecophyto 2018 à l'échelle de l'organisme</u>

9. Connaissez-vous des méthodes de réduction de l'usage des pesticides ? ❍ oui ❍ non

(plusieurs réponses possibles) :

Mildium ; Optidose ; Greensicker ; Travail du sol ; Utilisation de produits particuliers ; Stimulation des défenses naturelles ; Génétique : résistance variétale ; Cahier des charges ; Outil d'aide à la précision ; Raisonner les traitements ; Autres ;

10. Contribuez-vous à leur mise en œuvre sur le terrain ? ❍ oui ❍ non

A) Si oui, quelle(s) étape(s) ?

	OUI	**NON**
Expérimentation		
Formation initiale		
Formation continue		
Diffusion de l'information		

Incitation (financière, cahier des charges...)		
Réalisation des observations		
Aide à la prise de décision		
Autre, précisez...		

B) Si oui, à quelle échelle ?

C) Si oui, avec quels moyens humains ?

D) Avez-vous la volonté de développer ce secteur ? ❍ oui ❍ non

Si non, question 11

E) Si oui, comment ?

F) Travaillez-vous en partenariat avec d'autres acteurs de la filière sur la politique de réduction des produits phytosanitaires ? ❍ oui ❍ non

Si oui, lesquels et à quelle(s) étape(s)?

Nom méthode :	Formation initiale	Formation continue	Diffusion info	Incitation	Réalisation observations	Aide prise de décision	Autre, précisez...
Caves coopératives							
Caves d'approvisionnement							
Organismes de conseil							
Fournisseurs de produits phytosanitaires							
Organismes de recherche							
Organismes de formation							
Négociants							
Centre de gestion							
Conseillers privés							
Organismes de défense et de gestion							
Instituts techniques							

(CA, Interprofession,…)							
Autre... : précisez							

Si non, l'envisageriez-vous ? ❍ oui ❍ non

IV – Au sujet du POD Mildium

11. Les viticulteurs sont demandeurs d'un appui dans la mise en œuvre de ce type de méthodes. Seriez-vous susceptible d'intervenir afin de les accompagner dans ce projet ?
❍ oui ❍ non

12. Si oui, à quelle(s) étape(s) ?

	Oui	**Non**
Expérimentation		
Formation initiale		
Formation continue		
Incitation (financière, cahier des charges...)		
Diffusion de l'information		
Données climatiques		
Indice Local Mildiou		
Réalisation des observations		
Aide à la prise de décision		
Autre, précisez...		

13. Si non, pourquoi ?

V – Interactions avec les autres acteurs du secteur

14. Selon vous, à quelle(s) étape(s) verriez-vous l'intervention d'autres acteurs de la filière dans l'accompagnement des viticulteurs ?

	Formation initiale	Formation continue	Diffusion info	Incitation	Réalisation observations	Aide prise de décision	Autre, précisez...

Caves coopératives							
Caves d'approvisionnement							
Organismes de conseil							
Fournisseurs de produits phytosanitaires							
Organismes de recherche							
Organismes de formation							
Négociants							
Centre de gestion							
Conseillers privés							
Organismes de défense et de gestion							
Instituts techniques							
Autre... : précisez							

15. Que manque-t-il selon vous dans l'aide aux viticulteurs ?

16. Qui d'après vous doit le faire ?

17. Avez-vous des compléments à rajouter par rapport au thème de l'enquête ?

Annexe III-G : Résultats agronomiques et environnementaux du POD Mildium

1. Distribution fréquentielle des traitements selon le POD Mildium

La figure A montre, selon les zones géographiques, la distribution des traitements réalisés selon le POD Mildium. Elle traduit bien l'adaptabilité du processus aux différents contextes de pression parasitaire rencontrés.

Oïdium :

- au niveau de la façade atlantique, uniquement deux traitements obligatoires ont été réalisés sur la quasi-totalité des parcelles T1 (plus rarement T2) et T3 ;
- sur le vignoble septentrional, le traitement obligatoire de pré-floraison s'est réparti sur le T1 et le T2. Peu de traitements optionnels ont été réalisés en post-floraison ;
- en zone méridionale, 3 parcelles ont reçu 2 traitements en pré-floraison (cépage carignan) et 5 parcelles un traitement optionnel T4 du à une présence précoce de symptômes. Les traitements ont néanmoins été arrêtés très tôt (pas de T5) au regard des pratiques habituelles.

Mildiou :

- en zone atlantique, toutes les parcelles ont reçu au moins un traitement de préfloraison. Au moins un traitement optionnel a également été appliqué en postfloraison (T4/T5) sur 60% parcelles. Seulement 12% ont reçu les 2 traitements (2 parcelles) ;
- en zone septentrionale, des traitements de pré-floraison ont été réalisés uniquement sur 35% des parcelles (15% avec 2 traitements T1 et T2). Des traitements optionnels de post-floraison ont été appliqués sur 70% des parcelles dont 50% avec 2 traitements ;
- en zone méridonale, au moins un traitement a été réalisés en pré-floraison sur 75% des parcelles (seulement 15% avec 2 traitements), 60% en post-floraison. 50% seulement des parcelles ont reçu des traitements optionnels en pré et en postfloraison.

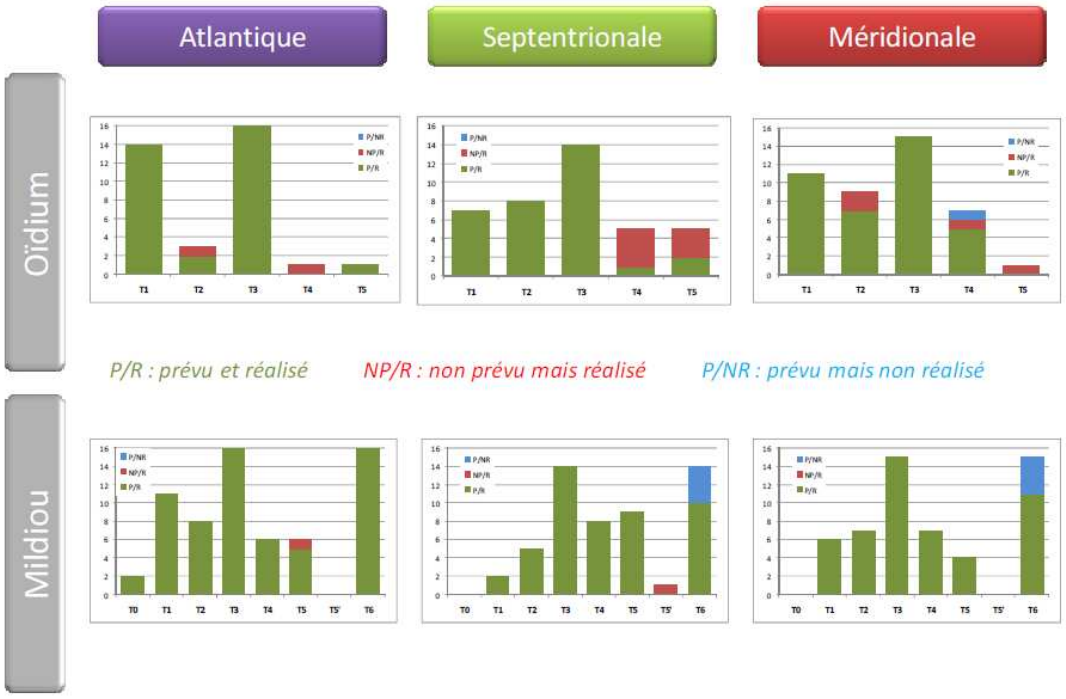


Figure A : Distribution des différents traitements appliqués en 2010 contre l'oïdium et le mildiou à chaque étape du POD Mildium, en nombre de parcelles traitées dans les 3 zones viticoles

La figure A permet également d'appréhender le respect du suivi du protocole Mildium par l'ensemble des opérateurs. Quelques parcelles présentent des traitements non prévus par le protocole, essentiellement contre l'oïdium. Il s'agit de seuils d'intervention modifiés par les expérimentateurs ou de traitements supplémentaires réalisés en situation de maladie déclarée et jugée trop importante. Quelques traitements prévus par le protocole n'ont pas été effectués. Il s'agit des traitements obligatoires cupriques T6 de fin de saison, non réalisés pour des problèmes pratiques ou jugés inutiles par les expérimentateurs. Malgré ces quelques écarts, le respect du protocole reste globalement satisfaisant compte tenu du nombre d'opérateurs différents intervenants dans les expérimentations (une vingtaine).

2. La consommation d'intrants

Les figures B et C montrent les dispersions respectives des nombres de traitements et des IFT obtenues avec l'application du POD Mildium et comparées à celles observées chez les viticulteurs sur des parcelles voisines. Ces dispersions sont globalement plus faibles avec le POD Mildium, surtout pour l'oïdium. La réduction de traitement est d'environ 50% pour l'oïdium et varie de 23 à 40% pour le mildiou selon les régions. Cette réduction est plus faible

en zone méridionale du fait des stratégies de protection contre le mildiou déjà faiblement consommatrices d'intrants dans ces vignobles. Concernant l'IFT la réduction est similaire pour l'oïdium et un peu plus faible pour le mildiou (environ 30%) compte tenu des pratiques de réduction de doses assez courantes contre ce bio-agresseur. D'un point de vu global contre ces deux bio-agresseurs, la réduction des intrants obtenue en 2010 au sein ce réseau par l'application du POD Mildium est de 43% du nombre de traitement et de 39% de l'IFT. Il est intéressant de remarquer que ces résultats sont très proches de ceux obtenus en 2008 et 2009 dans des conditions de pressions parasitaires très différentes épidémies de mildiou globalement très fortes en 2008 et moyennes en 2009, faible présence de l'oïdium.

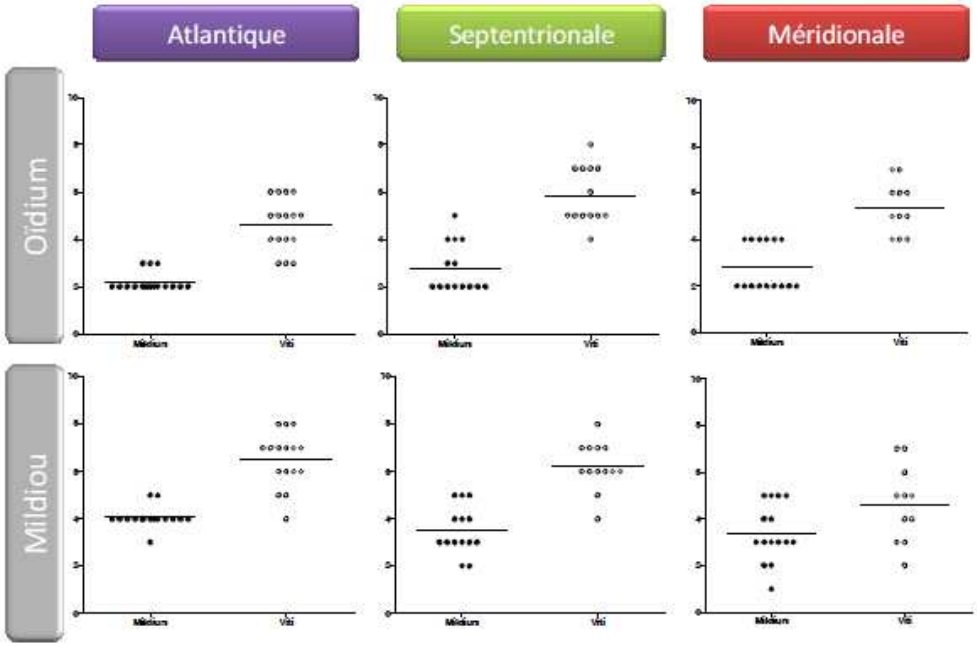


Figure B : Comparaison du nombre de traitements réalisé en 2010 avec le POD Mildium (à gauche) et avec la stratégie du viticulteur (à droite)

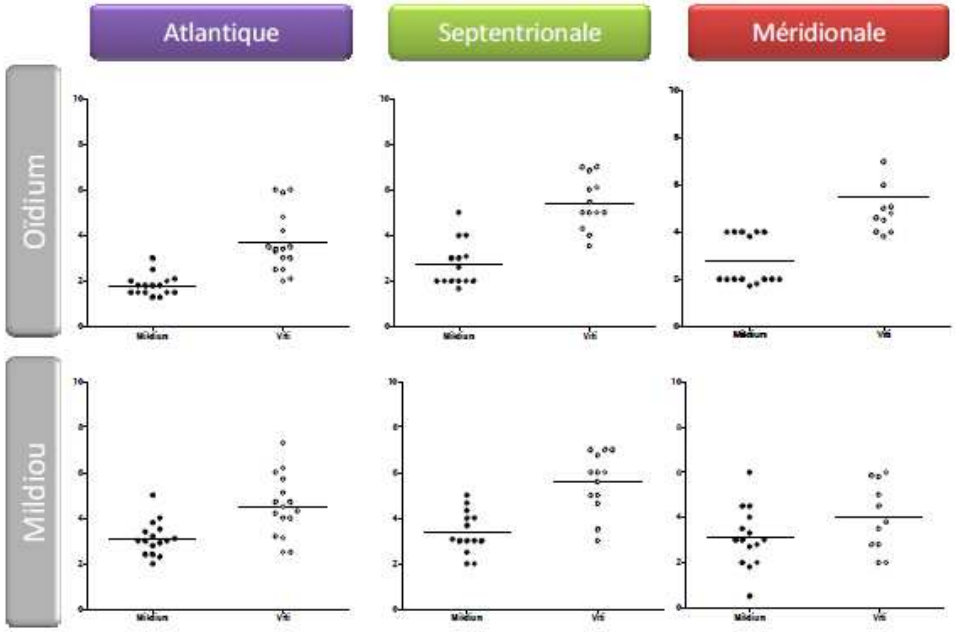


Figure C : Comparaison de l'IFT obtenue en 2010 avec Mildium (à gauche) et avec la stratégie du viticulteur (à droite)

	Nombre de traitement			IFT		
	Atlantique	Septentrionale	Méridionale	Atlantique	Septentrionale	Méridionale
Oïdium	-50%	-52%	-47%	-46%	-49%	-43%
Mildiou	-35%	-41%	-23%	-26%	-34%	-33%
Mildiou + Oïdium	-42%	-49%	-36%	-35%	-44%	-37%
Moyenne		**-43%**			**-39%**	

Tableau D : Réduction moyenne d'intrants réalisée grâce au POD Mildium par rapport à la stratégie du viticulteur

3. Niveaux de dégâts et performances de la récolte

Sur grappes, la dispersion des niveaux d'attaque observés avec le POD Mildium est très proche de celle obtenue avec les stratégies des viticulteurs pour les zones atlantique et méridionale. Les niveaux d'attaque sont globalement très faibles notamment aux niveaux des dégâts (intensité d'attaque). Comme le montrent les niveaux de maladies sur certaines parcelles avec la stratégie conventionnelle (viticulteur), la maîtrise de ces bio-agresseurs a été plus difficile en zone septentrionale. Dans ce contexte, les dégâts observés avec le POD Mildium sont supérieurs, avec plus de parcelles présentant des niveaux de d'attaque élevés sur grappes. Sur feuilles, la dispersion des niveaux d'attaque est plus importante avec le POD Mildium, au niveau des zones atlantique et septentrionales. Aucune différence n'est observée en zone méridionale.

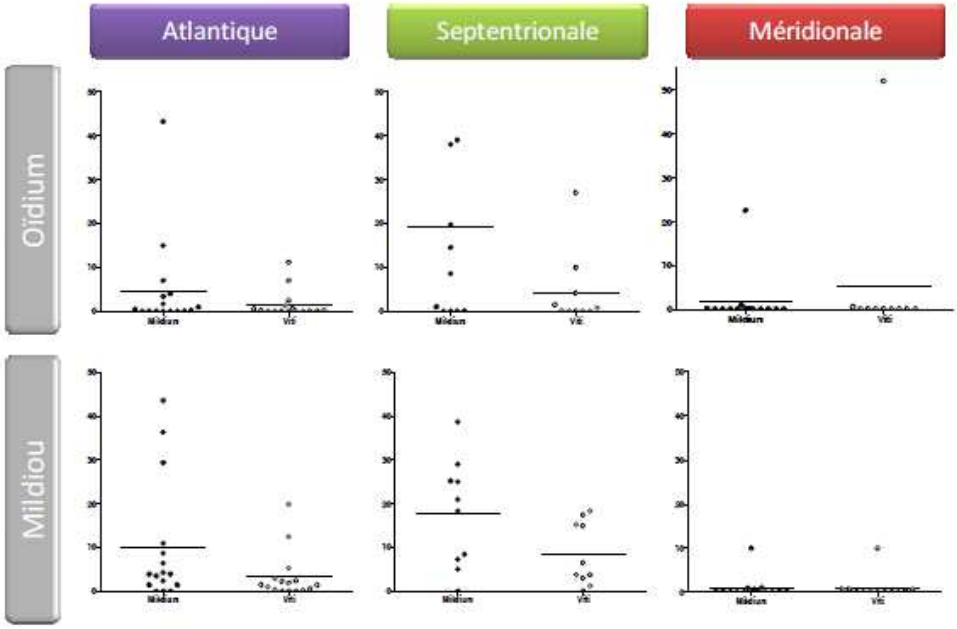


Figure E : Fréquences de grappes attaquées (%) observés à la véraison avec le POD Mildium (à gauche) et la stratégie du viticulteur (à droite)

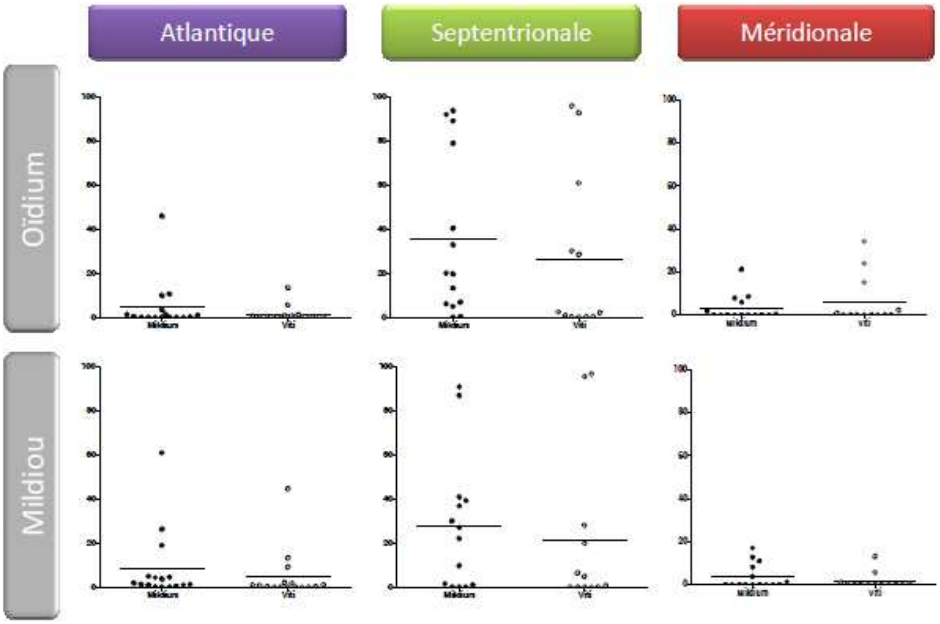


Figure F : Intensités d'attaque sur grappes (%) observées à la véraison avec le POD Mildium (à gauche) et la stratégie du viticulteur (à droite)

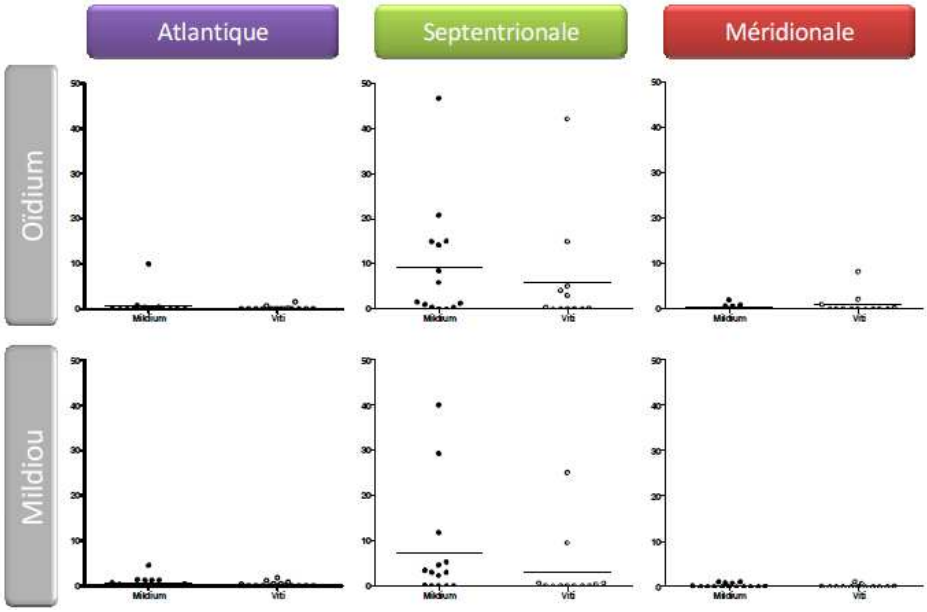


Figure G : Intensités d'attaque sur feuilles (%) observées à la récolte avec le POD Mildium (à gauche) et la stratégie du viticulteur (à droite)

En complément des données quantitatives enregistrées sur les niveaux de maladie, une appréciation qualitative de la récolte a été demandée aux viticulteurs. Elle a pour but d'évaluer la satisfaction des objectifs de production au regard des performances de protection contre le mildiou et l'oïdium et dans le contexte de l'année. Elle concerne plusieurs aspects (i) l'état sanitaire visuel de la parcelle (ii) l'atteinte des objectifs quantitatifs et qualitatifs. Concernant les parcelles de référence conduites selon la stratégie du viticulteur, les performances sont jugés satisfaisantes dans tous les cas en zones atlantique et méridionale. En zone septentrionale, le résultat n'est jugé qu'acceptable pour la moitié des parcelles. Pour la stratégie Mildium, les performances sont jugées satisfaisantes en zone méridionale. En zone atlantique, 3 parcelles présentent un état sanitaire visuel acceptable et deux parcelles des objectifs qualitatifs acceptables ou non satisfaisants. Pour la zone septentrionale, les performances d'environ 30% des parcelles sont jugés non satisfaisantes. Ainsi, lorsque les épidémies de mildiou et d'oïdium sont difficilement maîtrisées par les viticulteurs, l'application du POD Mildium entraîne une dégradation des performances, avec néanmoins des niveaux qui peuvent être variables.

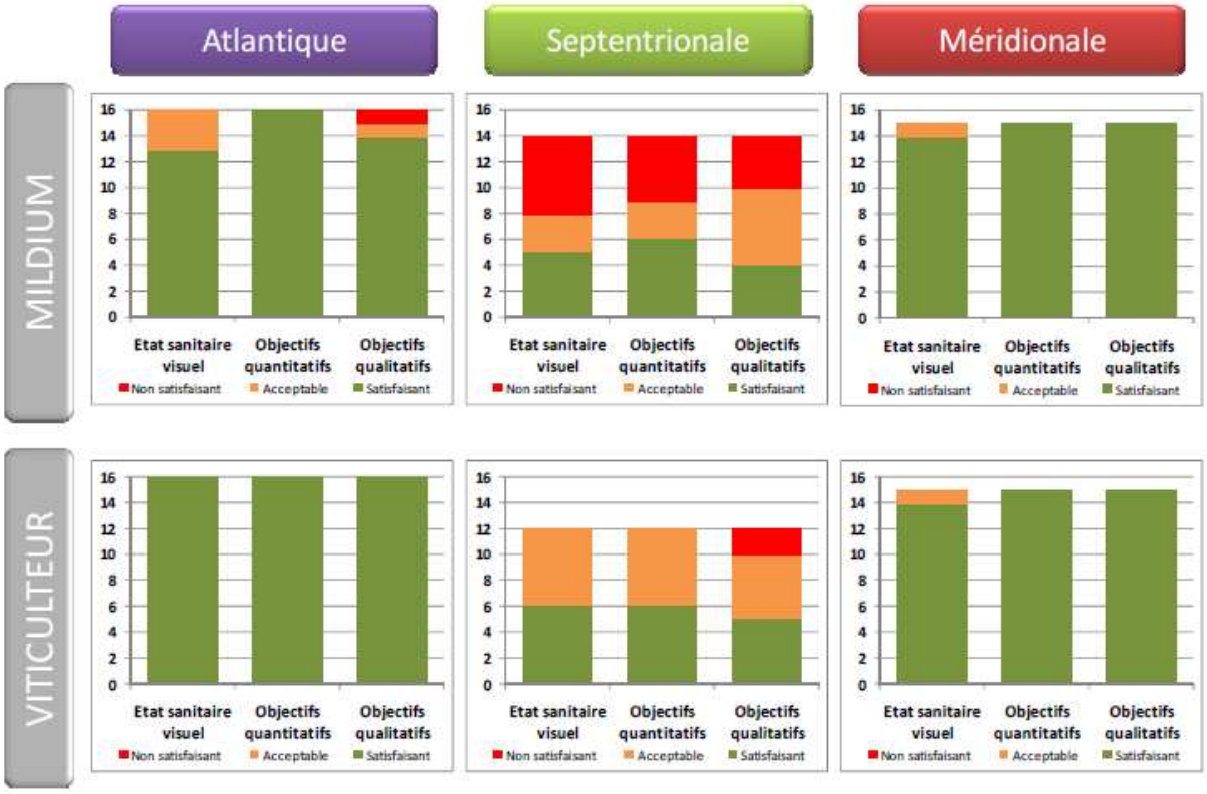


Figure H : Estimation qualitative de la satisfaction du viticulteur sur les performances du POD Mildium et de sa propre stratégie, en nombre de parcelles dans les différentes classes

4. Bilan des performances techniques

Sur l'année 2010, l'application du POD Mildium permet une protection contre le mildiou et l'oïdium satisfaisante pour 70 à 80% des parcelles, avec des niveaux d'infestation faibles à nulle. Pour 10 à 15% des parcelles, les niveaux de symptômes sur feuilles et/ou grappes sont plus élevés qu'avec une stratégie classique mais jugés néanmoins acceptable compte tenu des conditions de l'année. Enfin, pour 10 à 15%, les performances du POD Mildium sont jugés insuffisantes, entrainant une dégradation de la quantité et/ou qualité de la récolte. L'économie d'intrants est en moyenne de 40% d'IFT (oïdium et mildiou) avec des variations selon les régions. Au niveau du réseau de parcelles, il n'existe aucune relation entre l'économie de traitements réalisée et les performances observées (données non présentées) Ces résultats sont tout à fait similaires à ceux obtenus en 2008 et 2009, pour des profils de développement épidémiques très différents. L'ensemble de ces éléments confirment la pertinence du prototype Mildium à l'échelle parcellaire avec des performances techniques acceptables à satisfaisantes dans 85% des situations. Néanmoins, les 15% d'échecs observés montrent également que ce processus ne peut être utilisé, à ce stade, comme une « recette » facile d'emploi et universelle mais doit être amélioré afin de gagner en robustesse. Nous

reviendrons ci-dessous sur quelques points d'amélioration que l'expérience pluri-annuelle à un niveau national d'expérimentation permet d'identifier. Le dilemme méthodologique récurrent consiste à choisir entre complexification d'un POD Mildium unique ou spécialisation par secteur climatique ou cépage. L'examen des cas d'échecs permet l'identification des points de blocage et de motiver les pistes de modification.

Analyse des cas d'échec de la stratégie Mildium en 2010

En 2010, sur les 8 parcelles où les résultats ont été jugés insuffisantes, 5 sont concernées par la gestion de l'oïdium et 3 par celle du mildiou. Les figures I et J présentent les 5 parcelles où des niveaux de dégâts importants d'oïdium sont observés sur grappes. Trois parcelles présentent des niveaux d'attaque peu différents entre la stratégie du viticulteur et le POD Mildium malgré des nombres différents de traitements mis en œuvre. Pour deux parcelles (1039LE V-Cha et 1033BLAN-Mer), il apparaît que l'application du POD Mildium a généré un nombre trop faible de traitements du à une absence de détection des symptômes d'oïdium lors des observations C1 et C2. Il n'a ainsi pas permis le déclenchement du traitement T4 (nouaison – grains de pois) qui couvre la fin de période de réceptivité des grappes.

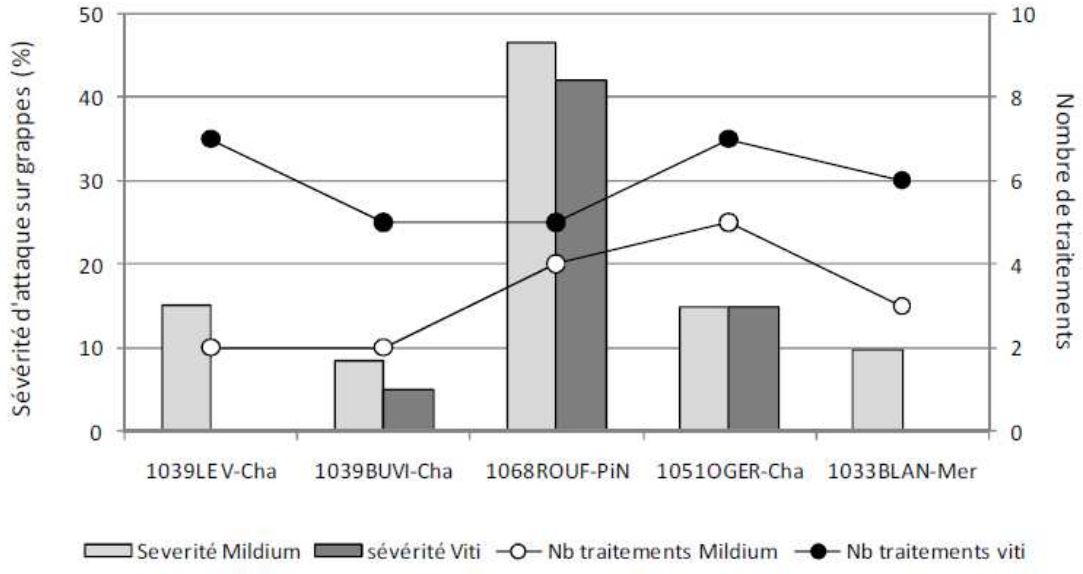


Figure I : Sévérité d'attaque d'oïdium sur grappes et nombre de traitements réalisés sur les parcelles « POD Mildium » et « viticulteur »

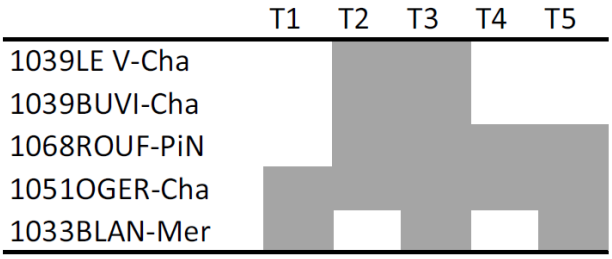


Figure J : Positionnement des traitements oïdium selon le POD Mildium (sur 5 parcelles avec niveaux de dégâts élevés sur grappes)

Les figures K et L présentent les 2 parcelles avec niveaux de dégâts élevés de mildiou sur grappes et une parcelle (**) avec infestation importante sur feuilles en fin de saison. Pour les parcelles 1071-CHAN-Gam et 1071CHEV-Cha, la stratégie Mildium a fait débuter les traitements tardivement (T2 ou T3). L'efficacité globale aurait été améliorée par un déclenchement plus précoce de ces applications. La limite du POD Mildium à ce niveau concerne l'interprétation du risque mildiou local (ILM), sans doute pas assez anticipatrice. Le POD Mildium ne doit pas être interprété, pour ce qui concerne le mildiou, comme une procédure purement « réactive » de gestion de symptômes à la parcelle. L'interprétation d'ILM fait appel à des modèles de risque, mais également à un savoir-faire d'anticipation imparfaitement modélisé à l'heure actuelle. Ce point avait déjà été observé en 2008 et 2009, notamment en zones atlantique et septentrionale. Pour la parcelle 1071-ST D-PiN, le traitement T6 n'a pas été réalisé et a donc pénalisé l'efficacité sur le feuillage de la stratégie Mildium.

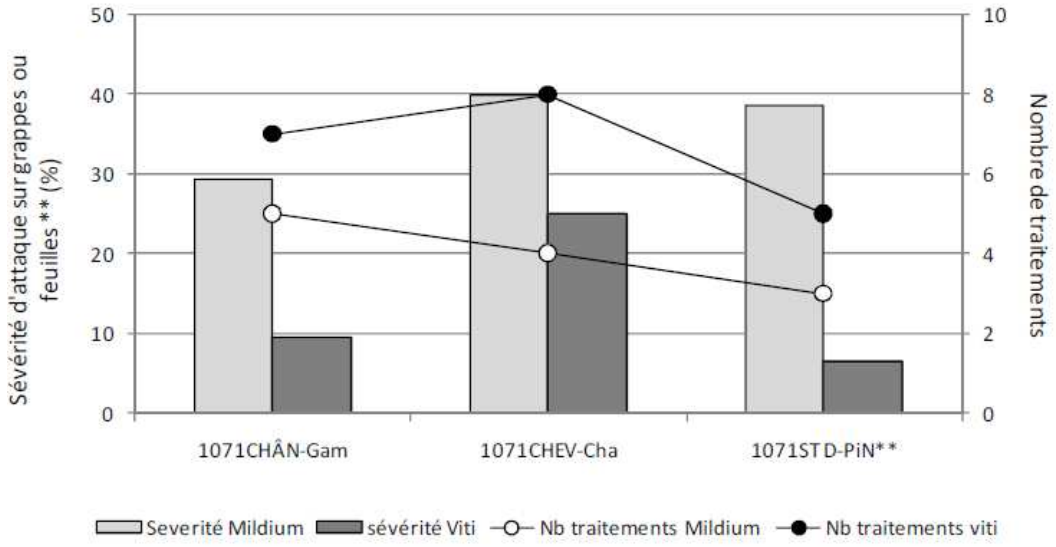


Figure K : sévérité d'attaque de mildiou sur grappes ou feuilles (**) et nombre de traitements réalisés sur les parcelles « POD Mildium » et « viticulteur »

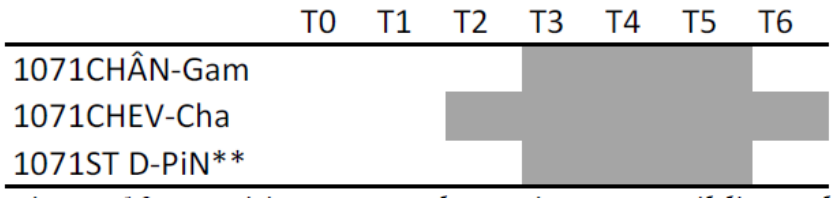


Figure L : Positionnement des traitements mildiou selon le POD Mildium (sur 3 parcelles avec niveaux de dégâts élevés sur grappes ou feuilles)

Identification des points à améliorer.

Les expérimentations conduites de 2008 à 2010 ont ainsi permis d'identifier trois points majeurs, causes d'échecs récurrents et dont la maîtrise est susceptible d'améliorer les performances techniques du POD Mildium sans en dégrader l'intérêt en termes d'économie de traitements.

- dans les vignobles de la façade atlantique et septentrionale la maîtrise des épidémies précoces de mildiou est un élément essentiel qui conditionne l'efficacité des stratégies. Des traitements optionnels précoces doivent être déclenchés même en l'absence de symptômes afin de pouvoir limiter par la suite le nombre d'applications de fongicides en post-floraison. Dans ces vignobles, la priorité doit être donnée à l'ILM pour le déclenchement de ces traitements précoces, et en tout état de cause d'au moins un traitement avant floraison dans les conditions climatiques courantes. Une gestion assez précoce permet de limiter le nombre de traitements ultérieurs avec une efficacité acceptable. Une gestion prudente de l'ILM en phase pré-floraison est également pertinente en zone méridionale, mais il n'est pas rare, sur certaines zones, que le premier anti-mildiou soit déclenché à juste titre à la floraison. Comme il est opportun pour la faisabilité de bien gérer conjointement anti-oïdium et anti-mildiou, il est possible que dans des appropriations locales ultérieures dérivées du POD Mildium, cette gestion conjointe diffère en zone atlantique et en zone septentrionale ;
- l'application du POD Mildium entraîne fréquemment le développement du mildiou sur le feuillage en fin de saison, particulièrement en zone septentrionale et atlantique. Ce développement peut être préoccupant dans certaines situations : cépages tardifs et conditions de maturité limitantes. Des résultats (non présentés) ont montrés qu'un traitement supplémentaire entre le T5 et le T6, pouvait améliorer la protection du feuillage. Les indicateurs utilisés pourraient être liés aux caractéristiques de la parcelle et/ou à l'observation C3 ainsi qu'aux pluies annoncées. Compte tenu de l'objectif de protection assigné à ce traitement, il doit pouvoir être réalisé à dose réduite ;

- dans le POD Mildium, le déclenchement du traitement T4 oïdium est uniquement basé sur les observations précoces (C1 et C2) qui sont parfois délicates sur certains cépages à feuillage dits peu sensibles. De plus, certaines épidémies se développent tardivement et ne sont pas facilement identifiables par les observations précoces. Ces cas sont rencontrés plus fréquemment dans les vignobles de la zone septentrionale. Il apparaît nécessaire d'inclure un indicateur supplémentaire (ou se substituant à une des observations C1 ou C2) dans ou hors parcelle, permettant le déclenchement de ce traitement, la parcelle n'assurant pas elle-même, sur feuilles, la détectabilité du risque pré et post-floraison. Cet indicateur peut être basé sur : (i) l'observation supplémentaire avant l'étape 4 (ii) l'historique parcellaire rendant ce traitement obligatoire pour certaines parcelles (iii) un indicateur de risque local type réseaux d'observation ou modélisation. Les deux derniers indicateurs peuvent être combinés.

Annexe III-H : Test d'hypothèses sur les différences de coût

Nous avons mis en évidence des différences entre les montants des coûts du POD Mildium et de la stratégie conventionnelle en nous basant sur la moyenne des binômes de parcelles engagées dans le dispositif pour lesquelles nous avons pu recueillir les données économiques. Nous avons fait la même observation concernant les montants économisés grâce au POD Mildium. Ceci nous a permis de conclure à l'efficacité de la stratégie Mildium puisqu'elle conduit à réaliser des économies sur le coût des traitements (en raison de la diminution du nombre de passages) pour la quasi-totalité des binômes (avec une seule exception). Cependant, dès lors que nous sommes amenés à comparer les binômes entre eux, les différences que nous avions pu constater sur les moyennes peuvent être masquées par la forte variabilité des montants d'une parcelle à l'autre au sein de la population totale ou bien des sous-populations par région ou par taille d'exploitation ou par cépage ou par année. C'est pourquoi, nous avons souhaité compléter notre étude statistique principale par des tests d'hypothèses (test de Student) afin de vérifier si le POD Mildium est plus ou moins efficace économiquement en fonction des cépages, de la taille des exploitations, des régions, des années. Cette étude complémentaire doit permettre de mettre en évidence des écarts significatifs, très significatifs ou hautement significatifs lorsqu'il y en a.

1. Hypothèse 1 – *Effet cépage*

Énoncé de l'hypothèse : Chez les cépages sensibles au mildiou et / ou à l'oïdium le nombre de traitements économisés est moins important que chez les cépages peu sensibles.

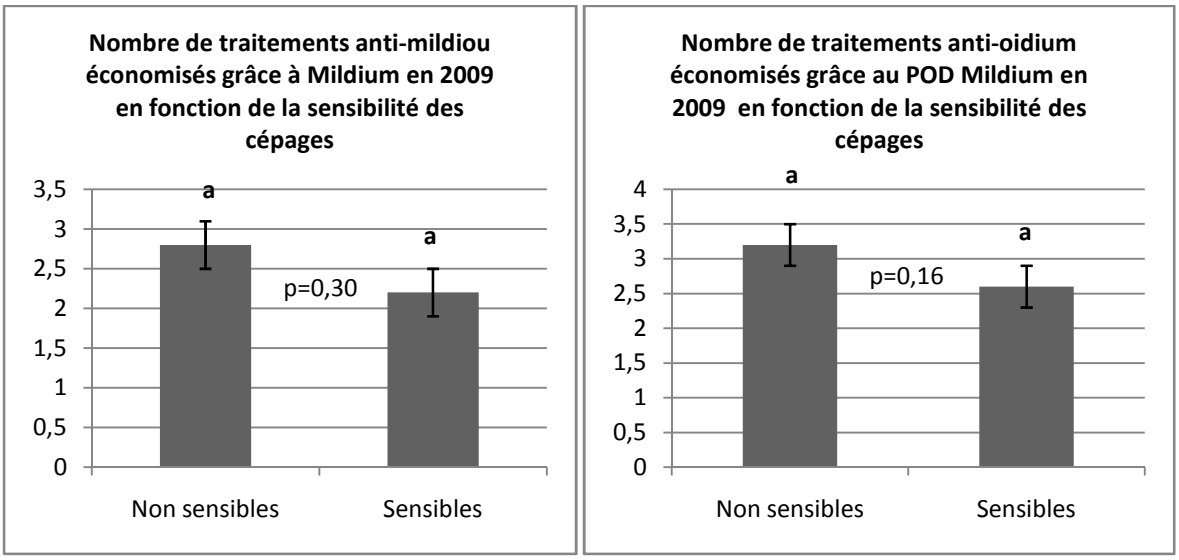
Tableau A : Nombre de traitements économisés en fonction du cépage

	Nombre de traitements économisés				
Cépage	**Anti-Mildiou**	**Anti-Oïdium**	**Total**	**Sensibilité Mildiou**	**Sensibilité Oïdium**
Cabernet Franc	2	2	4	oui	oui
Cabernet Sauvignon	2,8	2,7	5,5	non	oui
Carignan Noir	0	1,8	**1,8**	oui	oui
Chardonnay	2	1,3	3,3	non	oui
Gamay	0,8	1,8	2,6	oui	oui

Grenache Noir	1,7	1,7	3,4	non	oui
Merlot	2,3	3,2	5,5	oui	non
Pinot Noir	4	2	6	oui	oui
Sémillon	2	4	6	oui	non
Syrah	1	1	2	non	non
Trousseau	4	3	**7**	oui	oui
Ugni Blanc	1	4	5	oui	non
TOTAL	**2**	**2,4**	**4,3**		

Tableau B : Nombre de traitements économisés en fonction de la sensibilité aux maladies

	Nombre de traitements économisés		
Sensibilité cépages	**Anti-Mildiou**	**Anti-Oïdium**	**Total**
oui	2,2	2,6	**4,8**
non	2,8	3,2	**6,0**



Réponse : Il n'y a pas de différence de nombre de traitements économisés entre les cépages sensibles et les cépages non sensibles au mildiou et / ou à l'oïdium. Aucun effet cépage n'est mis en évidence pour les années 2008-2009.

Remarque : En moyenne le nombre de traitements économisés est plus important pour les cépages considérés comme peu sensibles aux maladies. Mais la variabilité des résultats entre

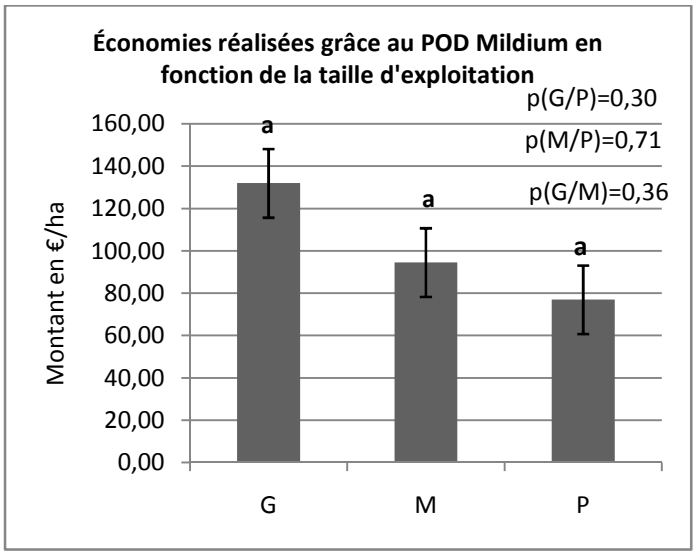
les cépages et au sein d'un même cépage est forte (car les résultats dépendent aussi de la sensibilité des parcelles et de la qualité de la protection phytosanitaire).

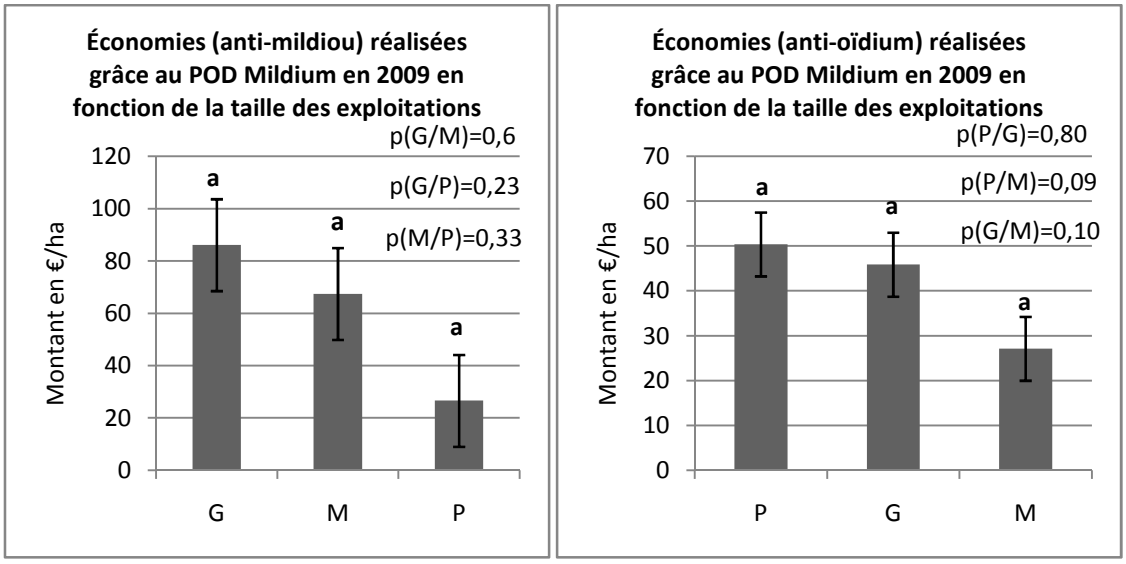
2. Hypothèse 2 – *Effet taille*

Énoncé de l'hypothèse : Les économies d'intrants sont plus importantes pour les parcelles appartenant aux exploitations de grande taille.
A priori : Les exploitations de grande taille réalisent des économies d'échelle contrairement aux autres types d'exploitations.

Tableau C : Nombre de traitements économisés en fonction de la taille des exploitations

	Montants d'intrants économisés		
Taille	**Anti-Mildiou**	**Anti-Oïdium**	**Total**
Grande (G)	86,09 €/ha	45,87 €/ha	**131,96 €/ha**
Moyenne (M)	67,42 €/ha	27,14 €/ha	**94,56 €/ha**
Petite (P)	26,64 €/ha	50,37 €/ha	**77,00 €/ha**





Résultat : Il n'y a pas de différence de montant d'intrants économisé quelle que soit la taille des exploitations. Aucun effet taille n'est mis en évidence pour les années 2008-2009. Notre *a priori* n'était pas fondé.

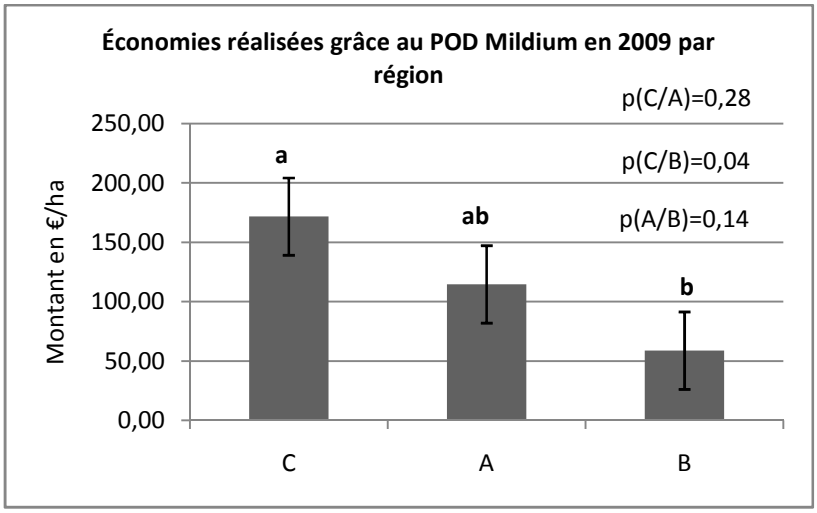
3. Hypothèse 3 – *Effet région*

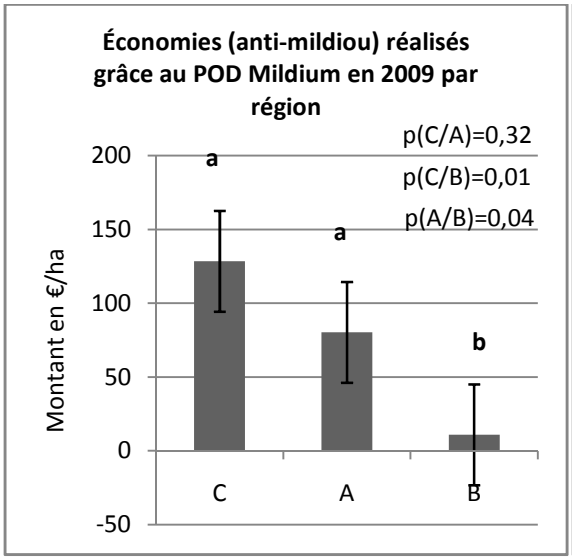
Énoncé de l'hypothèse : Dans la région Nord-Est (B) les économies d'intrants sont plus importantes que dans les deux autres régions.

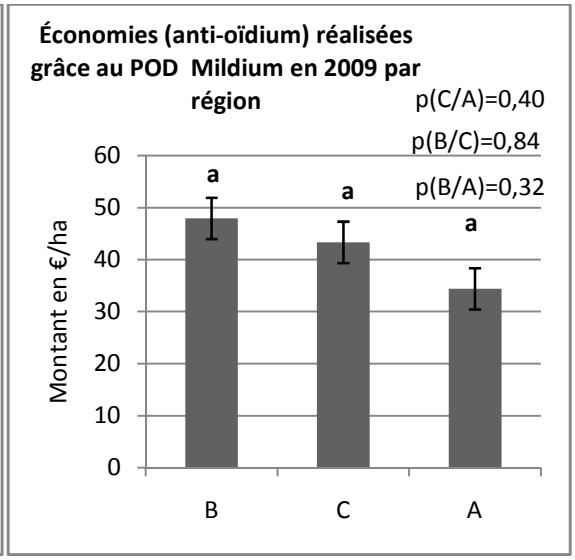
A priori : La région Nord-Est est moins exposée à la pression de mildiou et d'oïdium en raison de ses conditions climatiques moins favorables au développement de ces pathogènes.

Tableau D : Montants d'intrants économisés en fonction de la région

	Montants d'intrants économisés		
Région	**Anti-Mildiou**	**Anti-Oïdium**	**Total**
A	80,32 €/ha	34,41 €/ha	**114,73 €/ha**
B	10,97 €/ha	47,94 €/ha	**58,91 €/ha**
C	128,46 €/ha	43,35 €/ha	**171,82 €/ha**







Résultat : Il existe une différence significative d'économies de traitements entre les régions C et B. Il n'y a pas de différence de montant d'anti-oïdium économisé entre les trois régions, en revanche, il y a une différence significative entre les régions A et B, et même très significative entre C et B pour ce qui concerne le montant d'anti-mildiou économisé. La région du Sud-Est se distingue donc très nettement des deux autres par son faible montant d'économie en matière d'intrants anti-mildiou. Nous avons mis en évidence un effet région pour les années 2008-2009 distinguant la région Sud-Est vis-à-vis de la lutte anti-mildiou.

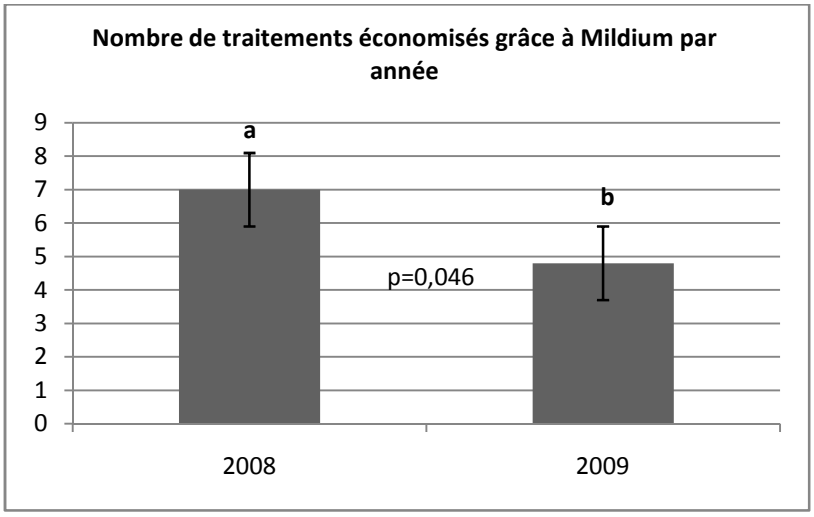
4. Hypothèse 4 – *Effet millésime*

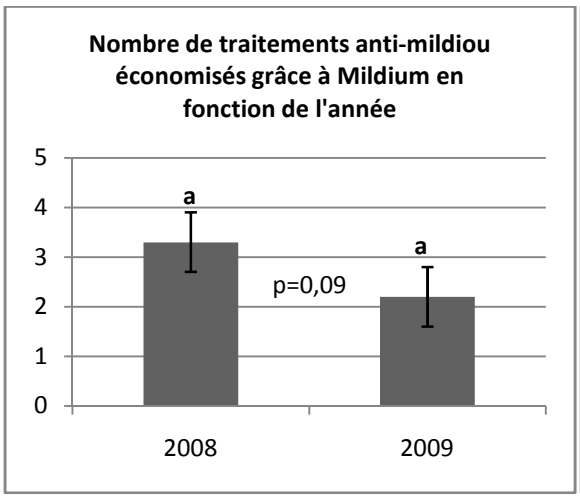
Énoncé de l'hypothèse : Le nombre de traitements économisés varie d'une année sur l'autre.

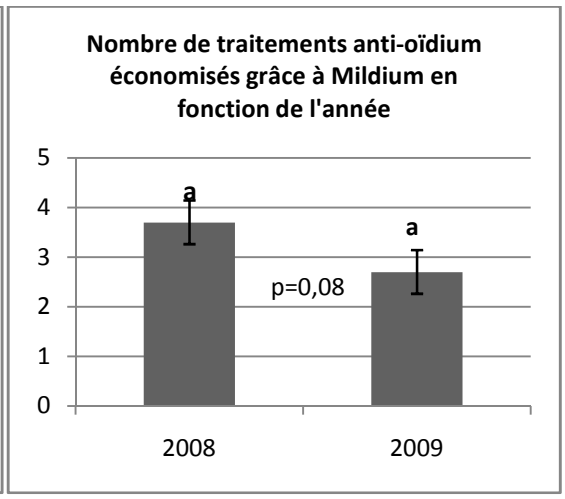
A priori : Lorsque la pression de maladie est forte le nombre de traitements économisés est moins important.

Tableau E : Nombre de traitements économisés en fonction de la pression de la maladie

	Nombre de traitements économisés			**Pression de maladie**
Année	**Anti-Mildiou**	**Anti-Oïdium**	**Total**	**(mildiou et oïdium)**
2008	3,3	3,7	**7**	Forte
2009	2,2	2,7	**4,9**	Modérée







Résultat : Il y a une différence légèrement significative du nombre de traitements économisés en fonction de l'année. Nous pouvons donc mettre en évidence un effet millésime pour les années 2008-2009. En revanche, si l'on prend les deux maladies séparément, on constate qu'il n'y a pas de différence d'économie de traitement selon les

années. Cette constatation renforce l'idée qu'il était nécessaire et judicieux de gérer le mildiou et l'oïdium au sein d'un même processus opérationnel.

Remarque : A la lecture des moyennes dans le tableau, on se rend compte que le nombre de traitements économisés est plus important l'année où la pression de maladie est la plus forte. Ceci paraît contradictoire. Cependant il peut y avoir une explication : en année de forte pression, les parcelles font l'objet d'une surveillance accrue (fréquence élevée, intervalles courts entre chaque visite), ce qui permet un meilleur raisonnement des traitements (on ne traite que s'il y a un risque de dépassement d'un seuil de tolérance). Il se peut qu'en année de forte pression le viticulteur soit prêt à accepter des taux d'attaques plus élevés sur feuille ou sur grappe alors qu'il sera peut être moins souple l'année où la pression de maladie est modérée.

Annexe III-I : Enquête sur la valorisation des pratiques environnementales par les circuits de distribution

Les résultats de l'enquête

Dans le programme de recherche pluridisciplinaire ADD Vin et environnement, une notion de prix à été abordée par le côté consommateur (Bazoche et al., 2009). Mais elle ne peut pas suffire à elle seule pour apprécier la sensibilité du marché aux vins « environnementaux ». Faute de pouvoir quantifier de manière satisfaisante la sensibilité du marché aux vins « environnementaux »[134], il a donc été choisi de procéder par approche qualitative, en réalisant une enquête auprès des opérateurs de la mise en marché. En effet, leur perception peut jouer un rôle essentiel dans la diffusion d'un produit, et dans sa valorisation. A défaut de pouvoir mesurer en valeur la sensibilité des prix pour un vin « environnemental », il est possible à travers une enquête d'apprécier la perception de ce côté « environnemental » du vin, voir si elle est connue, acceptée voire prônée par les circuits de distribution. Et recueillir l'avis de ces opérateurs quant à la possible valorisation d'un tel vin sur le marché. La mise en marché des vins, en prenant l'exemple des vins de Bordeaux, fait appel à plusieurs types d'opérateurs : producteurs, coopératives, négociants, cavistes, grande distribution, interprofession. Il a donc été choisi d'approcher ces différentes familles. L'enquête a été réalisée durant l'été 2008, auprès de 12 opérateurs, répartis comme indiqué dans le tableau A.

[134] Une autre voie possible aurait été de voir les prix des vins affichant une étiquette « environnementale », par comparaison aux vins « conventionnels ». Deux raisons de fond rendent difficile cette voie. D'abord, la notion de prix du vin est tellement volatile qu'une telle comparaison n'aurait pas de sens quant à l'interprétation de la sensibilité des circuits à l'argument environnemental. On peut trouver des vins à des prix tellement différents pour une même catégorie (des écarts souvent de 1 à 10) que toute tentative d'interprétation de la différence de valeur est délicate, car on n'a pas d'idée précise de cette différence de valeur à retenir. De surcroît, il est difficile d'attribuer un éventuel écart de prix entre deux vins à leur caractère « environnemental ». Les dimensions de « qualité », de « notoriété », de « rareté » expliquent aussi la valeur d'un vin, sans qu'il soit possible d'attribuer une part de valeur à chaque caractéristique. Enfin, les seules valeurs un peu fiables publiées sont des valeurs de transactions en vrac (publiées par les interprofessions régionales souvent), et là encore une comparaison d'un cours du vrac par rapport à des bouteilles étiquetées « environnement » ne serait pas pertinente.

Tableau A : Echantillon de l'enquête sur les possibilités de valorisation des pratiques environnementales par les circuits de distribution

Opérateur	**Nombre**
Producteurs, caves particulières	2
Coopératives	1
Négociants	2
Cavistes – acheteurs CHR	1
Acheteurs GMS	3
Syndicat	2
Interprofession	1
TOTAL	**12**

Quand on s'intéresse au résultat d'une exploitation, on peut également envisager à la partie qui concerne le prix. Au-delà des études portant sur le consentement à payer des consommateurs qui, nous l'avons vu plus haut, montrent que celui-ci est relativement faible pour les pratiques environnementales[135], nous nous sommes également intéressés dans un deuxième temps à la capacité du marché à restituer d'éventuels bonus pour des vins élaborés en prenant en compte l'environnement. Nous entendons ici par le marché les acteurs des différents circuits de commercialisation et de distribution qui sont en capacité de différencier le prix des produits en fonction des pratiques, notamment à travers des cahiers des charges. Pour ce qui concerne la capacité du marché à permettre une différenciation des prix de produits obtenus par des pratiques respectueuses de l'environnement, nous disposions de peu d'informations, excepté sur l'agriculture biologique et sur les prix pratiqués par des acheteurs (négociants, grande distribution) dans le cadre de contrats avec respect par le viticulteur d'un cahier des charges pouvant inclure des paramètres environnementaux (référence). Notre travail de recherche a donc été conduit à partir de l'hypothèse que le pouvoir de différenciation du prix est différent selon les types de marchés et de circuits utilisés. De ce niveau de différenciation sur les prix et de l'impact sur les coûts dépendront largement l'incitation à mettre en œuvre des pratiques techniques innovantes en matière environnementale.

[135] Cela a d'ailleurs été confirmé par des travaux conduits au cours du projet ADD Vin et environnement (Bazoche et al., 2009b).

3.4. Un manque de valorisation potentielle exprimé par les acteurs de la filière

Les avis recueillis lors de cette enquête permettent d'avoir une première approche de la sensibilité du marché des vins à la question environnementale. L'enquête que nous avons menée (cf. guide d'entretien) devra sans doute être enrichie, mais elle renseigne d'ores et déjà sur plusieurs notions. Tout d'abord, la prise de conscience en matière environnementale des acteurs de la distribution est réelle (3.2.1.). Toutefois, cela se traduit de manière différente dans leurs actions (3.2.2.). En termes de vision pour le futur, ils énoncent clairement leurs attentes envers une labellisation « environnementale » claire et unique et une tendance de fond amenée à se développer (3.2.3.) sans toutefois beaucoup d'espoir de valorisation à attendre (3.2.4.).

3.4.1. Des résultats homogènes montrant une sensibilité réelle pour l'environnement

Fort logiquement, la première notion abordée a été celle de la connaissance par les opérateurs des signes différenciant les vins en matière environnementale. Une quasi-unanimité ressort, tous les opérateurs connaissant aujourd'hui les principaux signes de qualité environnementale utilisés pour le vin (tableau B). Les signes officiels de qualité, comme les marques de distributeurs (même si pour ces dernières les réponses sont moins nettes, soit parce que les personnes ne les connaissent pas, soit parce qu'elles ne les rangent pas dans la catégorie « environnementale ») sont bien identifiés par les opérateurs enquêtés. Cependant, leur connaissance des signes « environnementaux » ne va pas jusqu'à connaître leur importance en terme de marché, jugée plutôt marginale (en dehors de l'exportation). Cette connaissance des signes environnementaux ne signifie pas cependant que nos enquêtés accordent la même valeur à ces signes. Trois idées se dégagent :

- la notion de « raisonné » est discutable, car elle se contente souvent de suivre la réglementation ;
- tous nos enquêtés ne placent pas la viticulture biologique sur le plan environnemental et certains (distributeurs, interprofession) pensent que les preuves ne sont pas suffisantes pour qu'ils considèrent eux-mêmes ce signe comme environnemental[136] ;
- la majorité des enquêtés croit que le consommateur ne connaît pas ces signes de qualité.

[136] Cela fait référence au problème du cuivre utilisé parfois de manière importante et considéré comme toxique lorsque stocké dans les sols.

Tableau B : Connaissance des signes environnementaux par les acteurs des circuits de distribution (2008)

Opérateur	Connaissance sur l'environnement	Pratique environnementale[137]
Producteurs, caves particulières	OUI pour Signes Officiels de Qualité (SOQ)	Pas de démarche concrète en dehors SOQ (AR, PI, AB) Production d'un vin « climatiquement neutre » (bilan carbone)
Coopératives	OUI pour SOQ	Des démarches environnementales dans les caves, plus en lien avec la qualité qu'avec l'environnement (gestion des déchets)
Négociants	OUI pour SOQ	Des démarches de gestion de domaines intégrant l'environnement Essai infructueux sur emballage (Tetrapak pour Canada) Pas de communication sur cela
Cavistes – acheteurs CHR	Pas sûr sur SOQ OUI sur l'activité du magasin	Non sur la vente de vins de Bordeaux Gestion des déchets
Acheteurs GMS	OUI pour SOQ	Approche par référentiel : démarche volontaire + accompagnement OUI, sur l'activité de la GMS
Syndicat + Interprofession	OUI pour SOQ	Pas intégré dans les démarches prioritaires (réforme des agréments et appellations) Bilan carbone fait pour la filière vitivinicole

Pour mieux comprendre la sensibilité des opérateurs à la dimension environnementale, il leur a été demandé d'expliquer leurs démarches intégrant une dimension environnementale. Deux grands types de réponses ont été recueillis : des réponses renseignant sur la mise en avant de vins environnementaux dans l'entreprise (seuls les opérateurs producteurs et/ou vendeurs de vin en bouteille ont répondu : producteurs indépendants, coopératives, négociants), des réponses expliquant comment les entreprises intègrent l'environnement dans leurs activités. Sur le premier point, tous les opérateurs

[137] A noter que plusieurs opérateurs ont déclaré que Bordeaux n'était sans doute pas la meilleure région pour produire du vin « environnemental », en raison du contexte pédoclimatique qui serait plus propice au développement des maladies.

affichent en général un ou plusieurs produits à dimension environnementale, mais tous ont mentionné le côté minoritaire de ces produits, voire marginal. De façon très dominante, ces produits sont le plus souvent destinés à l'exportation (sauf pour les distributeurs). Surtout, les opérateurs ont souvent expliqué le côté confus, peu clair, donc peu compréhensible par les consommateurs des signes existants. Les deux opérateurs non producteurs directs (cavistes, interprofession) ont aussi indiqué le côté non prioritaire pour eux de cet affichage de vins environnementaux. Un producteur a mentionné comme frein le coût de telles démarches. Mais, au-delà de la commercialisation de vins « environnementaux », les opérateurs prennent en compte la dimension environnementale dans leurs activités.

3.4.2. Une implication différente des opérateurs : la dimension environnementale dépasse la vision purement commerciale

Sur les démarches adoptées dans les entreprises, on retrouve plusieurs approches, connues en matière environnementale :

- une démarche de type certification (ISO, SME,…) intégrant l'environnement ;
- des initiatives ponctuelles (gestion des déchets, changement d'emballages, …) ;
- une approche réellement environnementale (bilan carbone, référentiel de production, …).

Si la diversité des modalités de prise en compte ressort, il n'en demeure pas moins que tous les opérateurs disent inclure ou vouloir inclure dans leur activité l'aspect environnemental, au-delà de l'affichage de ce caractère sur les vins commercialisés. On peut donc souligner cette sensibilité affichée, qui se traduit dans plusieurs cas par des pratiques s'inscrivant dans cette logique. L'environnement est donc une vraie problématique abordée au sein de la filière viticole, et pas seulement pour afficher cette dimension sur le vin, au contraire même pourrait-on dire. Autrement dit, ce n'est pas parce que les clients potentiels ne sont pas identifiés comme étant sensibles aux vins « environnementaux », que ce soit par désintérêt ou par manque de compréhension de cette dimension, que les opérateurs ne prennent pas en compte dans leur démarche cet aspect. La dimension environnementale dépasse la vision purement commerciale, elle se retrouve dans les activités des entreprises plus que dans l'affichage que font les entreprises.

Les opérateurs enquêtés connaissent donc l'existence de signes « environnementaux » pour les vins, même s'ils ne sont pas unanimes pour accorder cette dimension environnementale aux signes officiels. Par contre, ils considèrent ces signes comme faiblement identifiés par les

consommateurs (hormis pour l'exportation). Mais tous ont par ailleurs adopté des pratiques environnementales dans leurs activités. Pour mieux cerner leur vision, nous avons abordé avec eux la perception d'un marché des « vins environnementaux ». Deux notions ressortent clairement : la tendance de fond en faveur de vins « environnementaux », donc un besoin de clarification des affichages, et une absence pour le moment de valorisation possible de ce critère par le marché français.

3.2.3. Une attente d'une « labellisation » environnementale

Les opérateurs enquêtés ont sur ce point également montré une homogénéité de points de vue desquels nous dégageons une tendance de fond. Tout d'abord, ils pensent que la tendance des consommateurs pour privilégier des vins environnementaux est une tendance de fond, qui va s'amplifier et se développer (tableau C). Certes, les opérateurs nuancent parfois leur propos, surtout s'ils ne sont pas en prise directe avec les consommateurs. Mais ils soulignent avec la même homogénéité la confusion qui règne aujourd'hui sur le marché. La connotation « environnementale » n'est pas claire, entre la notion de durabilité, de nature, de santé, l'amalgame est fréquent. Si donc les consommateurs sont intéressés par des produits affichant un contenu environnemental, le problème actuel réside donc plutôt dans la clarification de cet affichage que dans l'identification d'un besoin. D'ailleurs, certains opérateurs pensent que le manque de lisibilité des vins « environnementaux » explique le manque de demande plus explicite des consommateurs. Car ces opérateurs sont persuadés que c'est l'offre de vins identifiés « environnementaux » qui peut entraîner une réelle prise en compte par les consommateurs de ce mode de consommation. D'où leur demande, relayée par pratiquement tous les autres opérateurs : un label clairement identifié sur ce côté environnemental.

Tableau C : Perception des opérateurs sur le marché des vins « environnementaux » (2008)

Opérateur	**Perception globale**	**Valorisation possible**
Producteurs, caves particulières	Tendance de fond Pas d'identification claire de la demande Demande en termes d'image	Pas de retombée en matière de prix

Coopératives	Le client est sensible Pas pris en compte dans la relation commerciale	Pas d'intérêt commercial
Négociants	Sensibilité marquée à l'export mais le contenu environnemental est flou Les cahiers de charges perdent de leur intérêt face au prix	Le prix reste le premier critère de choix et peu de place pour valorisation environnementale
Cavistes – acheteurs CHR	Pas de demande claire du consommateur Pas de communication	Le particulier est sensible d'abord au prix
Acheteurs GMS	L'export est réceptif Il faut clarifier l'affichage	Il faut initier la demande par l'offre (prix raisonnable)
Syndicat + Interprofession	Pas de demande exprimée, par manque de lisibilité des produits	Marché focalisé sur le prix, donc peu de place pour prix environnemental

Cette perception du besoin d'un « label » environnemental pour les vins ressort en effet chez presque tous les opérateurs. Sans définir vraiment ce qu'un tel label devrait contenir, nos enquêtés soulignent en fait la confusion, le manque de clarté des signes actuels. Nos enquêtés voient en un tel signe la possibilité pour les consommateurs de reconnaître plus facilement ces vins, donc pour les opérateurs eux-mêmes la possibilité de produire et commercialiser de tels vins. Il est intéressant de noter cette contradiction apparente du marché actuel : plusieurs signes co-existent, plusieurs opérateurs en ont rajouté, ce qui pourrait être le signe d'une réelle nécessité de différenciation d'un concept porteur. En fait, personne finalement n'est satisfait de cette multiplication de signes, jugés finalement plus perturbateurs qu'utiles. Mais si la demande pour une clarification (simplification ?) de l'identification du signe « environnemental » semble partagée, on ne voit pas en quoi rajouter encore une identification va simplifier les choses. De plus, le point d'achoppement pourrait bien être la définition de ce contenu « environnemental ». Ce que traduit finalement peut-être la pluralité des signes actuels, pouvoir afficher plusieurs sensibilités environnementales. Cette quasi-unanimité pour un signe clair est donc peut-être une échappatoire, une sorte de vœu pieux qui permet de ne pas s'engager trop fortement chacun, et de s'en remettre à un tiers (l'Etat ?) pour formuler ce type de label. Car les signes

officiels actuels (AB, AR) pourraient très bien être la base de cette démarche, sans qu'il soit nécessaire aujourd'hui de trouver une nouvelle identification. Ce refuge derrière l'absence de label clair s'explique peut-être par la dernière notion mise en avant : la valorisation potentielle des vins environnementaux.

3.4.3. Le marché ne valorise pas ou peu la notion environnementale

C'est la dernière perception apportée par notre enquête : l'espoir de valorisation par le marché de vins « environnementaux ». Comme pour les autres notions abordées, les enquêtés ont à nouveau traduit un point de vue assez homogène. Et très peu enthousiasmant : il n'y a pas pour le moment sur le marché français de possibilité de valoriser par un prix supérieur des vins environnementaux. En effet, d'après nos enquêtés, le critère principal d'achat de vins par les consommateurs est le prix, bien avant toute autre notion. Si par cas un vin environnemental est vendu plus cher, parce que plus coûteux, il n'est pas envisageable, d'après nos enquêtés, de trouver un débouché facile pour ce vin. Bien sûr cette idée générale doit être nuancée, mais la tendance générale est nette. Le marché du vin reste avant tout sensible au prix, et le retournement de conjoncture économique ne fait que renforcer cet aspect prioritaire donné au prix. Il est intéressant d'observer que des producteurs aux distributeurs, une grande correspondance de vue ressort. La réponse semble cependant concerner avant tout le vin vendu dans les circuits de commercialisation les plus importants, à savoir les Grandes et Moyennes Surfaces (GMS). Et ne doit peut-être pas être généralisée à tous les circuits, ni tous les vins. Rappelons ici que notre enquête porte sur les vins de Bordeaux, et que sa généralisation serait donc hasardeuse. Néanmoins, cette perception d'un vin environnemental qui ne se différenciera pas par le prix renvoie bien à la question de l'avenir de ces produits. Certes, la preuve qu'un tel vin coûte plus cher à produire n'est pas avérée, même si cette idée est couramment admise ; notre sous-partie précédente le montre. Donc fort logiquement, les professionnels de la filière pensent que l'avenir de tels vins passe par un prix de vente plus élevé sur le marché. Du coup, devant l'impossibilité actuelle du marché de répondre à cette exigence, l'avenir de tels produits ne semble pas très évident. C'est en tout cas le message renvoyé par cette enquête.

Guide d'entretien - circuits de distribution

Chaque entretien a duré entre une et deux heures. Les informations ont été recueillies d'après un guide d'entretien composé de deux parties :

1) **Première partie : connaissances des opérateurs sur la question environnementale**

- ***Connaissances sur la question environnementale***

- Êtes-vous sensible à la question concernant la qualité environnementale des produits ?
- Quel est votre sentiment sur l'idée de « contenu environnemental » des produits ?
- A votre avis, qu'est ce qui détermine et définit la qualité environnementale d'un produit ?
- Selon vous, quel concept, quelle image, quelles valeurs sont mis en avant dans la notion environnementale ?
- Quelles sont les moyens de mettre en avant la qualité environnementale des vins (labels, etc.) ?
- Savez-vous quelles distinctions environnementales sont porteuses ?
- Percevez-vous la montée en puissance de la demande de vos clients (acheteurs, consommateurs) en termes de qualité environnementale des produits ?

- ***Pratique***

- Donnez-vous une place importante à l'environnement dans vos pratiques ?
- Si oui, comment gérez-vous l'environnement (étiquettes, label, cahier des charges producteurs, publicité, etc.) ?
- Quels sont les volumes concernés ?
- Quelle est votre implication pour le développement de pratiques environnementales ?

- ***Demande/offre environnementale***

- La demande de vos clients en termes d'environnement est-elle importante ?
- Quelle forme prend-elle ?
- Quelle offre avez-vous en terme de produits respectueux de l'environnement (nombre de produits, de producteurs, volume) ?

2) <u>Deuxième partie : perception du marché par les opérateurs</u>

- Pensez-vous que la qualité environnementale des produits est un concept qui va être amené à se développer (effet de mode, demande réelle) ?
- Est-ce une mention valorisante ?

- Si oui, comment (droit à produire, différentiation par le prix ou pas, affichage publicitaire seul ou avec valorisation, etc.) ?

- Quelle est votre lecture des attentes du marché : intérieur ?, à l'export ?

- Comment pensez-vous que les bonnes pratiques des viticulteurs puissent être intégrées dans une stratégie commerciale ?

- Y voyez-vous un argument de marché, un nouveau créneau ?

- Comment l'exploiter ?

- Quelles sont les perspectives ?

- Pensez-vous que les consommateurs sont prêts à payer plus cher afin de valoriser les pratiques des producteurs ?

Annexe IV-A : Un modèle bioéconomique pluridisciplinaire

(Source : Bazoche *et al.*, 2009b)

L'objectif de ce modèle bioéconomique est d'évaluer et de comparer, à l'échelle d'une parcelle, l'intérêt et les risques associés à différentes stratégies de traitement contre le mildiou et l'oïdium. Afin d'évaluer ces risques selon la variabilité des conditions climatiques nous utilisons un ensemble de scénarios climatiques. Nous évaluerons pour chaque stratégie de traitement, décrite par un ensemble de règles d'action, et pour chaque scénario climatique (figure A) :

• les dégâts occasionnés sur la surface foliaire par ces agents pathogènes compte tenu de leur dynamique de développement en parallèle avec la croissance et le développement de la vigne ;

• les dommages sur la récolte ;

• leurs conséquences économiques compte tenu du contexte économique (rendement d'appellation, prix de vente, coûts des opérations de traitement et d'observation, coûts fixes).

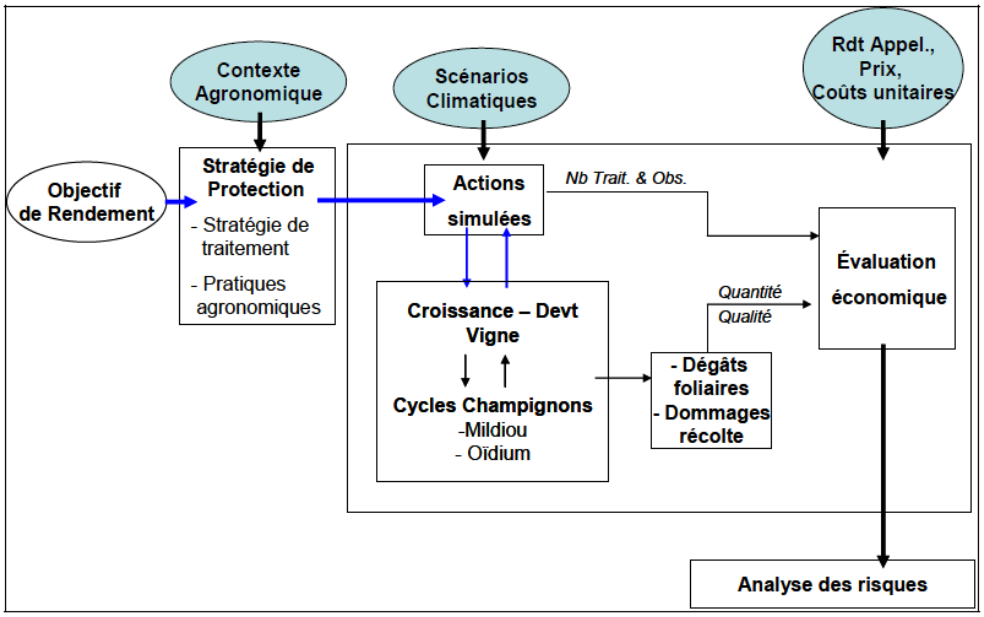


Figure A : Modèle pour l'évaluation technico-économique de stratégies de protection du vignoble

Evaluation des dégâts foliaires

La parcelle est considérée comme « une grande feuille ». La surface foliaire totale (SFT(t)) et son évolution (Δ SFT(t)) sont fournies par le modèle STICS-VIGNE. Trois mécanismes sont envisagés, et jour par jour la surface foliaire totale est décomposée en quatre compartiments exclusifs :

- la contamination par le pathogène (compartiment SFM(t)) ;
- la résistance ontogénique correspondant à la surface saine ayant atteint un âge limite rendant ces surfaces résistantes à des contaminations par le pathogène (compartiment SFR(t) et paramètre *resist*) ;
- la protection par les traitements correspondant à la surface saine et non résistante protégée par le dernier traitement à la date J (compartiment SFP(t, J)) ;
- le dernier compartiment (compartiment SFS(t)) correspond à la surface susceptible d'être contaminée par le pathogène si les conditions sont favorables, soit : la surface saine, non résistante et non protégée par les traitements. On peut écrire alors :
  SFS(t) = SFT(t) – SFM(t) – SFR(t) - SFP(t, J).

Jour par jour, la surface foliaire totale est répartie dans ces quatre compartiments selon ces mécanismes.

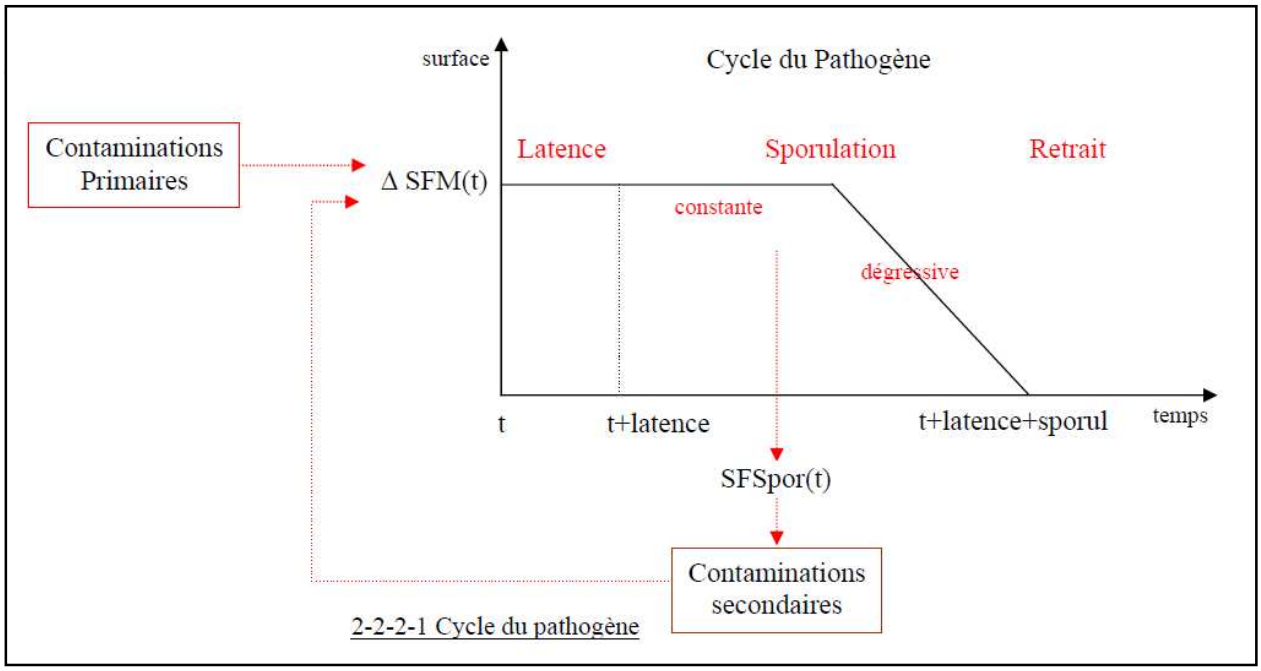


Figure B : Développement des contaminations foliaires par le pathogène

Ce cycle comporte trois phases :

- latence : Après germination des spores, la latence correspond au développement du mycélium dans les feuilles. Classiquement la latence est modélisée selon les températures. Après une partie de cette durée de latence les lésions foliaires deviennent observables ; cette durée correspond à la durée d'incubation ;
- sporulation : Développement des organes sporifères générant des spores susceptibles de nouvelles contaminations pendant une la durée de sporulation (paramètre *sporul*). On pourra modéliser la sporulation comme une fonction à deux pentes : phase de sporulation maximale, puis dégressive (paramètre *sporul_triangul*). Chaque jour, compte tenu des surfaces précédemment contaminées, nous pouvons calculer la surface sporulante totale dans la parcelle (fonction SFSpor(t)) ;
- retrait : passée la phase de sporulation les surfaces contaminées ne sont plus contaminantes.

Contaminations primaires

Elles correspondent à la contamination des feuilles par les formes de sauvegarde hivernale du pathogène dans le sol en capacité de contamination, ou par les spores venant de parcelles voisines. Elles permettent l'initialisation du cycle du pathogène lors d'une campagne viticole. Nous ne modéliserons pas directement ce mécanisme, mais formulerons des scénarios de contaminations primaires sur la base d'une règle. Nous avons développés une règle basée sur :

- une période possible de contamination délimitée par deux stades phénologiques de la vigne (paramètres *CP_Stade_Deb* et *CP_Stade_Fin*) ;
- une condition climatique basée sur un seuil de pluie et/ou de température favorables à ces contaminations (paramètres *CP_Seuil_Pluie* et *CP_Seuil_Temp*). Pour le Mildiou, c'est en fait l'intensité des pluies qui, avec le phénomène de « splashing », permet la contamination des feuilles par les oospores contaminants du sol. Cette donnée climatique n'étant pas systématiquement disponible, nous avons choisi de la représenter via un seuil de pluie ;
- une surface contaminée chaque fois que ces conditions climatiques sont vérifiées (paramètre *CP_Surf*) ;
- un nombre de contaminations primaires maximales durant la période phénologique possible (paramètre *CP_Nb_Max*). On pourra, selon le pathogène, limiter ou non ce nombre de contaminations primaires.

L'utilisation de cette règle génère des contaminations primaires selon la formule suivante :

ΔSFM(t) = CP_Surf si Stade(t) ∈ [CP_Stade_Deb , CP_Stade_Fin [et Pluie(t) >= CP_Seuil_Pluie et T_Moy(t) >= CP_Seuil_Temp et Nb_CP(t-1) < CP_Nb_Max sinon Δ SFM(t) = 0
avec Stade(t), Pluie(t) et T_Moy(t) respectivement pour le jour t, le stade phénologique de la vigne, la quantité de pluie et la température moyenne en base 0°; et Nb_CP(t-1) le nombre de contaminations primaires comptabilisée la veille.

Contaminations secondaires

La surface sporulante génèrent de nouvelles lésions sur la surface foliaire susceptible d'être contaminée (SFS (t)). C'est le moteur du développement du pathogène sur la surface foliaire. Nous avons retenu de modéliser ces contaminations secondaires selon le modèle, inspiré de Van der Planck, développé par Blaise et Gessler (1992). La surface contaminée au jour t peut alors s'écrire :
ΔSFM(t) = KF . SFSpor(t) . SFS(t) / SFM(t)
où KF est le pouvoir de contamination des surfaces sporulantes vis-à-vis de la surface saine (ni résistante ni protégée par les traitements) ramenée à la surface totale.
Ces contaminations secondaires peuvent être sujètent à des conditions d'humidité, notamment pour le mildiou. Celui-ci nécessite la présence d'eau libre sur les feuilles pendant une durée suffisante pour la germination des spores. Nous avons modélisé cette condition via une condition sur le niveau de pluie (paramètre *CS_Seuil_Pluie*) et transformé dans la formule 3 le paramètre KF par une fonction KF(t) , soit :
Δ SFM(t) = KF(t) . SFSpor(t) . SFS(t) / SFM(t) avec si Pluie(t) >= CS_Seuil_Pluie , KF(t) = KF sinon KF(t) = 0

Résistance ontogénique

Afin de calculer la surface saine ayant atteint l'âge de résistance ontogénique, chaque jour la surface contaminée (Δ SFM(t)), venant des contaminations primaires et/ou secondaires, est répartie et cumulée selon l'« âge » de ces surfaces foliaires au prorata de la croissance de la vigne au jour le jour (Δ SFT(t)). Sur cette base, Δ SFR(t) est alors Δ SFT(t-resist) décrémentée des surfaces contaminées d'âge t-resist.

Protection de la surface foliaire par les traitements

La protection des surfaces foliaires par un traitement au jour J (SFP (t, J)) est modélisée selon deux paramètres :

- le taux de protection de la surface foliaire susceptible d'être contaminée (SFS (t)) au jour J du dernier traitement (paramètre *Trait_F_Efficacite*). Ce paramètre permet de

faire varier la « qualité » de chaque traitement ou l'efficacité des produits utilisés et peut varier selon la stratégie de traitement ;

- la durée de cette protection (paramètre *Trait_F_Durée*). Cette durée peut être différente de la « durée de rémanence », celle-ci étant évaluée pour chaque produit en intégrant la croissance future de la vigne, ce que notre modèle fait déjà.

Nous n'avons pas envisagé d'effet des traitements sur les surfaces déjà contaminées (donc, ni sur la part en cours de latence, ni sur celle en cours de sporulation) mais seulement comme une protection de la surface susceptible d'être contaminée. Nous n'avons donc pas envisagé d'effet des traitements sur le cycle en cours du pathogène. On notera également que les surfaces foliaires générées après un traitement ne sont pas protégées.

Dommages sur le rendement

STICS-Vigne nous fournit le rendement potentiel pour chaque scénario climatique (Rpot(t)) et son évolution (ΔRpot(t)), selon l'objectif de rendement (nombre de grappes), les conduites agronomiques et les facteurs limitants du « millésime ». Nous n'avons pas voulu modéliser directement le développement du pathogène sur les raisins, mais tenté d'évaluer les pertes de rendement selon son développement foliaire après la floraison. D'autre part, un développement précoce de la maladie peut induire des pertes d'organes (grappes et/ou baies par grappes). STICS-Vigne ne nous fournit pas d'éléments pour cela puisque Rpot(t) correspond au « remplissage » des grappes/baies après la floraison. Nous avons toutefois tenté d'évaluer ce type de perte, avec une modélisation du même type, selon le développement pré-floraison du pathogène sur la base d'une hypothèse sur l'élaboration du nombre d'organe avant la floraison. Nous avons alors combiné les conséquences des attaques pré et post floraison du pathogène sur le rendement.

Dégâts quantitatifs sur les « raisins »

Quatre mécanismes sont envisagés :

- la croissance potentielle du rendement issue de STICS-Vigne évaluée par son taux potentiel de croissance (ΔRpot(t) / Rpot(t)) ;
- la sensibilité des raisins au pathogène (fonction SENSR(t), décroissante de 1 à 0 après la floraison) ;
- la protection liée au dernier traitement à la date J (fonction PROTR(t, J)), décroissante de 1 à 0 après J ;
- la perte, au jour le jour, du rendement liée au pathogène (rdet(t)). Cette perte est évaluée selon le développement foliaire du pathogène ; développement évalué par la

surface sporulante (SFSpor (t)). Soit, si r(t) est la quantité de raisin produite compte tenu de la présence éventuelle du pathogène :

rdet(t) = r(t-1) . [KR (t) . SFSpor(t) . SENSR(t)] . [1 – PROTR (t, J)]

où KR(t) est le pouvoir de contamination des surfaces sporulantes sur les raisins selon les conditions climatiques et lié au paramètre KR de la même façon que pour les dégâts foliaires (cf. formule ci-dessus).

Le premier terme r(t-1) est le rendement en cours ; le terme [KR (t) . SFSpor(t) . SENSR(t)] évalue les pertes possibles du rendement en cours liées à la présence du pathogène selon le niveau de sensibilité au pathogène ; le dernier terme [1 – PROTR (t, J)] représente l'effet de la protection des traitements : il prend la valeur 0 le jour du traitement donc évite toute perte, puis croit au fur et à mesure de la perte d'efficacité du dernier traitement et donc potentialise les pertes de rendement dues au pathogène. La fonction r(t) est alors, en supposant la croissance du raisin au taux potentiel et en décrémentant les pertes liées au pathogène :

r(t) = r(t-1) + [r(t-1) . ΔRpot(t) / Rpot(t)] - rdet(t) avec r(t) = Rpot (t) avant toute perte liée au pathogène.

On notera que, dans cette formulation, les quantités détruites au jour t induisent également des pertes à venir compte tenu de l'évolution potentielle qu'elles auraient pu avoir.

Dégâts quantitatifs sur le nombre d'organes (grappes, baies)

Nous avons retenu un type de modèle équivalent au précédent pour envisager les pertes d'organes liées à des contaminations pré-floraison du pathogène.

Quatre mécanismes sont modélisés :

- un taux de formation du nombre de grappe/baies potentiel (compris entre 0 et 1) et sa croissance « potentielle » que nous simulerons comme linéaire entre un stade initial de la vigne et la floraison (gpot(t) et Δgpot(t) / gpot(t)) ;
- la sensibilité des grappes/baies au pathogène (fonction SENSG(t), que nous considérerons en fait comme égale à 1 jusqu'à la floraison) ;
- la protection liée au dernier traitement à la date J (fonction PROTG (t, J)), décroissante de 1 à 0 après ce traitement ;
- la perte, au jour le jour, du taux d'organe vis-à-vis du potentiel liée à la présence du pathogène (gdet(t)). Celle-ci est évaluée, comme précédemment, selon le développement foliaire du pathogène évalué par la surface sporulante. Soit, si g(t) est le taux d'organe compte tenu de la présence éventuelle du pathogène :

  gdet(t) = g(t-1) . [KG (t) . SFSpor(t) . SENSG(t)] . [1 – PROTG (t, J)]

où KG(t) est le pouvoir de contamination des surfaces sporulantes sur la croissance des organes selon les conditions climatiques et lié au paramètre KG de la même façon que pour les dégâts foliaires et les dommages raisins (cf. formule 4 ci-dessus). Les termes de la fonction ont la même signification que dans la formule ci-dessus.

La fonction g(t) est alors, en supposant la croissance du taux d'organe au potentiel et en décrémentant l'effet des pertes liées au pathogène :

$g(t) = g(t-1) + [\, g(t-1) \,.\, \Delta gpot(t) \,/\, gpot(t) \,] - gdet(t)$ avec $g(t) = gpot(t)$ avant toute perte d'organe liée au pathogène.

A la floraison $G = g(floraison)$ est alors le taux d'organes (≤ 1) disponibles vis-à-vis du potentiel, tenant compte des pertes éventuelles liées au pathogène.

Dégâts quantitatifs sur le rendement

Nous combinerons alors l'effet des pertes pré-floraison (élaboration du nombre d'organes) et post-floraison (phase de remplissage) avec :

- le taux de grappes et de baies, vis à vis du potentiel obtenu à la floraison en présence du pathogène ($G = g(floraison)$) qui permet d'évaluer la perte de rendement potentiel liées aux pertes pré-floraison ;
- la fonction de rendement simulée ($R(t)$) ;
- la fonction de perte de rendement ($Rdet(t)$) calculée comme précédemment.

  Soit :

  $Rdet(t) = R(t-1) \,.\, [\, KR(t) \,.\, SFSpor(t) \,.\, SENSR(t) \,] \,.\, [\, 1 - PROTR(t, J) \,]$

  $R(t) = R(t-1) + [\, R(t-1) \,.\, G \,.\, \Delta Rpot(t) \,/\, Rpot(t) \,] - Rdet(t)$ avec $R(t) = G \,.\, Rpot(t)$ avant toute perte sur le raisin liée au pathogène.

Lien entre le modèle bio économique et STICS-Vigne

Le modèle bio économique utilise des jeux de données de simulation issus de STICS-Vigne, soit pour chaque scénario climatique :

- la croissance de la surface foliaire ;
- la croissance du rendement potentiel ;
- les dates de stades phénologiques clefs (débourrement, floraison, véraison, maturité).

Le modèle bio économique évalue alors les dégâts foliaires et les dommages sur la récolte liés à la présence du pathogène selon différentes stratégies de traitement.

Mais il n'y a pas de rétroaction, durant la campagne viticole, entre l'évaluation de ces dégâts et de ces dommages avec le fonctionnement du modèle STICS-Vigne. Aucune compensation n'est alors envisagée.

Stratégies de traitement

Actuellement deux types de stratégies de traitement sont représentés :

- stratégies systématiques ;
- stratégie « Mildium » simplifiée.

Pour chacune de ces stratégies, il est possible de paramétrer différemment les effets des traitements (taux d'efficacité, durée et courbe d'efficacité).

Stratégies systématiques

Elles consistent, à partir d'un stade phénologique de la vigne pour le démarrage des traitements, à effectuer de façon systématique des traitements à fréquence fixe jusqu'à un stade phénologique de la vigne pour la fin des traitements.

Stratégie « Mildium »

Elle est simulée de façon simplifiée sans en inclure tous les détails. Nous avons représenté ses différentes étapes d'observations et de décision en intégrant une durée minimale entre deux traitements. La difficulté majeure est que le POD Midium utilise des seuils de fréquence de dégâts foliaires par cep, voire des seuils de fréquence de dommages sur la récolte par cep pour l'oïdium, alors que le modèle bio économique n'évalue que des indicateurs de sévérité. La représentation du POD Mildium dans notre modèle nécessite donc de caler des seuils de sévérité (dégâts foliaires, voire dommages récolte), seuls indicateurs modélisés, avec les seuils de fréquence par cep utilisés dans le POD. Ce qui nécessite d'évaluer les liens entre incidence/cep, incidence/organe (feuilles ou raisins), sévérité/organe. L'Indice Local Mildiou (ILM) du POD est, dans le modèle bio économique, paramétrable selon les scénarios climatiques ; mais il reste alors constant sur toute la campagne (0 ou 1). L'autre point qui pose problème est que dans le POD Midium les décisions de traitement sont prises conjointement pour le mildiou et l'oïdium. Pour le moment, le modèle bio économique gère séparément les deux pathogènes. Une version du modèle gérant conjointement les deux pathogènes est en cours de préparation.

Calculs économiques

Des calculs économiques simplifiés avaient été prévus dans le modèle. Compte-tenu de la nature du travail de thèse, nous n'utiliserons pas ces sorties du modèle agronomique, préférant le positionnement évolutionniste adopté ici.

Calibrage du modèle bio économique

Compte tenu des deux années successives (2007, 2008) de fortes pressions du mildiou sur les vignobles français, nous avons choisi de porter nos efforts, dans un premier temps, sur ce pathogène. Toutefois les références bibliographiques pouvant informer les paramètres de notre modèle sont très pauvres. Blaise et Gessler (1992) fournissent les paramètres permettant de calculer la durée de latence selon les températures. Compte-tenu de cette pauvreté des références bibliographiques pour informer les valeurs des paramètres phytopathologiques nécessaires à notre modèle, nous avons tenté de les évaluer à partir de résultats obtenus par des suivis de parcelles non traitées. On notera qu'une des difficultés du mécanisme de contamination du mildiou est qu'il est « discret » puisqu'il dépend directement de l'occurrence de conditions climatiques favorables. Tout en sachant que ce n'est qu'une approximation, du fait, soit d'un manque de connaissance soit de la non disponibilité des paramètres climatiques, nous avons modélisé ces conditions uniquement sur la base de seuils sur les pluies et les températures. Donc le positionnement des séquences de pluie est essentiel pour la comparaison des résultats des simulations avec des données observées. D'autre part, les paramètres des contaminations foliaires secondaires (*KF, resist, sporul*) vont dans le même sens : l'augmentation de leur valeur augmente les surfaces contaminées. La durée de la latence a elle un effet à la fois sur la dynamique de contamination mais également sur le positionnement de cette dynamique vis-vis des séquences de pluie.

Source des données utilisées et choix d'une parcelle

L'Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV), en lien avec d'autres organismes de développement, a établi un réseau de parcelles non traitées sur lesquelles ils mesurent depuis plusieurs années, pour divers pathogènes (dont le mildiou et l'oïdium), l'évolution des fréquences et des sévérités des contaminations (foliaires et raisin). Nous disposions d'un jeu de données issu de STICS-Vigne, pour une parcelle de Merlot avec les données climatiques de la station INRA Bordeaux de La Ferrade sur la commune de Villenave-d'Ornon. Nous avons choisi parmi les parcelles suivies une, de même cépage, proche de l'INRA Bordeaux, soit une parcelle de Merlot sise commune de Pompignac. Nous avons également pu utiliser les données de pluies et de températures enregistrées sur une station météorologique présente dans cette commune. Ces premiers résultats peuvent certainement être encore affinés, mais ils montrent que l'on peut relativement bien estimer la dynamique de la maladie ; d'autant plus que la marge d'incertitude que nous avons introduit (+- 10%) reste faible vis-à-vis du système de notation dont les experts savent qu'il

induit un effet « observateur » important. Toutefois les effets des fortes températures sur la latence doivent être revues ; de même il serait utile de préciser la courbe de sensibilité des raisins au pathogène.

Table des matières

Table des matières

SOMMAIRE **-9-**

INTRODUCTION GÉNÉRALE **-11-**

CHAPITRE 1 : Vers le besoin d'adoption de nouvelles pratiques phytosanitaires en viticulture **-29-**

Introduction du chapitre **-31-**

1. L'utilisation des pesticides, une technologie dominante, mais problématique en protection des vignobles **-32-**
   1.1. L'avènement des pesticides en viticulture **-33-**
      1.1.1. La protection des cultures, une préoccupation ancienne **-33-**
      1.1.2. Le rôle des pesticides pour la sécurité alimentaire **-35-**
      1.1.3. Les pesticides sont essentiels au maintien de la productivité viticole **-36-**
      1.1.4. Une coévolution de l'utilisation des pesticides de synthèse et des directives données par les institutions après la Seconde Guerre mondiale **-39-**
   1.2. Une consommation importante de pesticides dans la viticulture française **-42-**
      1.2.1. La position de la France dans le marché mondial et européen des pesticide **-43-**
      1.2.2. La vigne, une culture dépendante des fongicide **-47-**
   1.3. Les problèmes environnementaux et de santé publique posés par l'utilisation des pesticides en viticulture **-50-**
      1.3.1. Des impacts significatifs sur tous les compartiments de l'environnement **-50-**
      1.3.2. Des impacts démontrés ou pressentis sur la santé des viticulteurs et des consommateurs **-55-**

2. Une nécessité grandissante d'intégrer les enjeux environnementaux en viticulture **-58-**
   2.1. Un contexte institutionnel en faveur de la réduction de l'usage des pesticides, mais peu spécifique à la viticulture **-59-**
      2.1.1. Le « paquet pesticides » européen, vers une utilisation durable des pesticides **-59-**
      2.1.2. Une évolution de la politique française inscrite dans la lignée des directives européennes **-63-**
      2.1.3. Le Grenelle de l'environnement et ses conséquences pour la viticulture **-66-**
   2.2. Une remise en cause de l'usage des pesticides par la société civile **-69-**
      2.2.1. Des consommateurs exigeants en matière de qualité des produits,

mais vis-à-vis de l'impact sur leur santé plus que sur l'environnement **-69-**
2.2.2. Des riverains qui subissent les pratiques phytosanitaires des viticulteurs **-72-**

3. Une dynamique qui a conduit les viticulteurs à une situation de verrouillage technologique **-74-**
3.1. Un *lock-in* intense en faveur de l'utilisation des pesticides **-74-**
3.1.1. Des pratiques viticoles qui peinent à prendre en compte l'environnement **-75-**
3.1.2. Des mécanismes économiques à l'œuvre **-77-**
3.1.3. Des difficultés de régulation inhérentes à la structure du secteur **-79-**
3.2. Un paradigme phytosanitaire bien établi et difficile à dépasser **-81-**
3.2.1. Le paradigme des pesticides **-81-**
3.2.2. Une évolution des pratiques phytosanitaires limitée par le paradigme des pesticides **-82-**

Conclusion du chapitre **-85-**

Chapitre 2 : Une conceptualisation évolutionniste du changement de pratiques phytosanitaires en viticulture **-87-**

Introduction du chapitre **-89-**

1. La réduction des pesticides en termes d'innovations environnementales **-91-**
1.1. La réduction des pesticides nécessite des innovations de processus incrémentales **-92-**
1.1.1. L'appréhension du changement technique en viticulture par le concept d'innovation **-92-**
1.1.2. Des innovations qui impactent le processus de production **-94-**
1.1.3. Le degré de nouveauté des innovations pour la réduction des pesticides **-97-**
1.2. Les spécificités des innovations environnementales pour la réduction des pesticides en viticulture **-100-**
1.2.1. La définition des innovations environnementales **-100-**
1.2.2. Caractérisation des processus de protection du vignoble économes en pesticides en termes d'innovations environnementales **-102-**
1.2.3. Trois innovations environnementales de processus pour réduire les fongicides en viticulture **-105-**
1.3. Les apports de l'approche évolutionniste pour analyser la réduction des pesticides en viticulture **-108-**
1.3.1. L'incertitude liée à la réduction des pesticides **-108-**
1.3.2. La double externalité positive des innovations environnementales **-111-**
1.4. Les déterminants de la réduction des pesticides en viticulture **-112-**
1.4.1. Le rôle primordial de la réglementation pour encourager les innovations environnementales **-113-**
1.4.2. L'approche évolutionniste met également en avant la demande et les opportunités technologiques comme déterminants des innovations

environnementales **-118-**

2. L'analyse de la réduction des fongicides en viticulture nécessite un recentrage sur la question des processus d'apprentissage dans le secteur viticole **-122-**

2.1. Un changement de pratiques phytosanitaires qui repose sur des processus d'apprentissage **-122-**

2.1.1. Des routines phytosanitaires à faire évoluer **-123-**

2.1.2. La réduction des pesticides nécessite la mise en œuvre de processus d'apprentissage **-125-**

2.2. Une conceptualisation de l'apprentissage basée sur la distinction apprentissage interne et apprentissage externe **-129-**

2.2.1. Des connaissances et compétences provenant de sources internes et externes **-130-**

2.2.2. Un changement de pratiques qui nécessite des interactions pour acquérir de nouvelles compétences **-131-**

2.3. De l'intérêt d'une étude spécifique au secteur viticole pour appréhender la dynamique du changement de pratiques phytosanitaires **-134-**

2.3.1. L'agriculture, un secteur dominé par l'offre d'innovation **-135-**

2.3.2. De la nécessité de prendre en compte les spécificités du secteur viticole pour l'analyse de la réduction des pesticides en viticulture **-137-**

3. L'apprentissage des viticulteurs repose sur l'activation des proximités sur le territoire **-141-**

3.1. Le rôle des proximités dans l'apprentissage pour la réduction des fongicides en viticulture **-142-**

3.1.1. Les notions de proximités géographique et organisée **-142-**

3.1.2. Le rôle des proximités dans la résolution du conflit environnemental **-144-**

3.1.3. L'activation de la proximité géographique par la proximité organisée **-147-**

3.2. L'implication des acteurs du territoire pour la réduction des fongicides **-148-**

3.2.1. Les sources externes de connaissances et de compétences pour la réduction des fongicides en viticulture **-149-**

3.2.2. Une conceptualisation de l'apprentissage basée sur l'imitation et le conseil **-151-**

Conclusion du chapitre **-157-**

Chapitre 3 : L'*Integrated Pest Management*, un processus de protection phytosanitaire validé qui rencontre des freins lors de son adoption **-161-**

Introduction du chapitre **-163-**

1. L'*IPM*, des pratiques nouvelles et systémiques pour la réduction des pesticides en viticulture **-165-**

1.1. Définition de l'*IPM* **-165-**

1.1.1. Des lignes directrices pour la production intégrée de raisins édictées par l'OILB/SROP au niveau international **-166-**

1.1.2. Le référentiel national pour la production intégrée de raisins **-168-**

1.2. Un plébiscite pour l'*IPM* au niveau international **-169-**

*1.2.1. Caractérisation des exploitations ayant adopté l'*IPM *aux* USA **-170-**

*1.2.2. Des scenarii prospectifs de réduction des pesticides en viticulture grâce à l'*IPM **-173-**

2. Le POD Mildium, un exemple de processus phytosanitaire *IPM* pour réduire les fongicides en viticulture **-175-**

2.1. Des programmes de recherche dédiés à l'analyse de la réduction des fongicides en viticulture **-176-**

2.1.1. Des programmes de recherche pluridisciplinaires centrés sur l'innovation POD Mildium **-177-**

2.1.2. Le POD Mildium, une innovation environnementale de processus **-179-**

2.1.3. Description des actions conduites au cours de la thèse **-183-**

2.2. Démarche et méthode d'analyse des résultats **-186-**

2.2.1. Proposition d'un cadre méthodologique pour calculer le coût des processus phytosanitaires : la méthode Operation Based Costing (OBC) **-186-**

2.2.2. Dispositifs d'enquêtes **-190-**

2.2.3. Méthodes d'analyse des données **-193-**

3. Évaluation qualitative de la performance économique et des freins à la mise en œuvre du POD Mildium **-195-**

3.1. Évaluation de la performance économique du POD Mildium **-196-**

3.1.1. Analyse de groupe autour de l'impact économique de l'adoption du POD Mildium dans les exploitations viticoles **-196-**

3.1.2. Structuration des coûts et des économies réalisées : intrants et matériel sont majoritaires **-201-**

3.1.3. L'intégration du coût des observations à l'évaluation économique du POD Mildium **-203-**

3.1.4. Des trajectoires gagnant-gagnant possibles avec l'adoption du POD Mildium **-206-**

3.2. Des freins identifiés par les viticulteurs pour la réduction des pesticides **-208-**

3.2.1. Identification des pratiques phytosanitaires conventionnelles dans les exploitations enquêtées **-208-**

3.2.2. Analyse des points critiques en vue de l'adoption du POD Mildium à l'échelle des exploitations **-212-**

3.2.3. Acceptabilité et modalités de mise en œuvre du POD Mildium **-214-**

3.2.4. L'adoption du POD Mildium repose sur des questions d'apprentissage **-219-**

3.3. Quel accompagnement pour la mise en œuvre du POD Mildium ? **-220-**

3.3.1. Connaissance du plan Ecophyto 2018 et de son impact sur les activités des organismes du secteur **-221-**

3.3.2. Des méthodes de réduction des pesticides pour l'application du plan Ecophyto 2018 **-223-**

3.3.3. L'organisation de l'accompagnement vers la réduction des pesticides dans le secteur viticole, des rôles à repréciser et des manques à combler **-225-**

3.3.4. Un accompagnement des viticulteurs possible mais à organiser **-227-**

Conclusion du chapitre **-229-**

Chapitre 4 : PEST, un modèle évolutionniste de l'apprentissage des viticulteurs pour la réduction des pesticides -231-

Introduction du chapitre **-233-**

1. Un modèle évolutionniste pour analyser la réduction des pesticides en viticulture **-235-**
   1.1. De l'intérêt de la modélisation évolutionniste pour notre cas d'étude **-235-**
      1.1.1. Les principes généraux de la modélisation évolutionniste : hétérogénéité des firmes et des routines décisionnelles **-236-**
      1.1.2. Des simulations en grand nombre pour explorer la dynamique de changement de pratiques phytosanitaires **-238-**
      1.1.3. Une conceptualisation de l'apprentissage basée sur la distinction apprentissage interne et apprentissage externe **-241-**
   1.2. Structure et description du modèle de simulation PEST **-245-**
      1.2.1. Les objectifs et fondements de la structure du modèle PEST **-245-**
      1.2.2. Les fonctions de production et de coût (module 1) **-248-**
      1.2.3. La fonction d'apprentissage des exploitations et le changement technologique (module 2) **-252-**
      1.2.4. Le conseil comme accompagnement des viticulteurs (module 3) **-257-**

2. Une dynamique centrée sur l'apprentissage des viticulteurs **-261-**
   2.1. La mise en œuvre du modèle et les méthodes d'interprétation des simulations **-261-**
      2.1.1. L'initialisation du modèle et la méthode de simulation **-261-**
      2.1.2. La méthode et les outils d'analyse des résultats **-264-**
   2.2. Analyse des propriétés du modèle pour la réduction des pesticides en viticulture **-269-**
      2.2.1. Une innovation environnementale validée économiquement **-270-**
      2.2.2. De l'importance de l'apprentissage externe pour l'adoption des innovations environnementales **-276-**
      2.2.3. Des objectifs de diminution des pesticides utilisés difficiles à atteindre **-283-**
      2.2.4. Les déterminants de l'adoption de l'« IPM *» dans le modèle PEST* **-286-**

3. Une mise en perspective des résultats pour l'accompagnement des viticulteurs dans la réduction des pesticides **-291-**
   3.1. Une approche originale de l'innovation en agriculture **-291-**
      3.1.1. Une approche de l'innovation basée sur les processus d'apprentissage des viticulteurs **-292-**
      3.1.2. Des approfondissements nécessaires pour la conceptualisation du processus d'apprentissage des viticulteurs **-293-**
   3.2. De la nécessité de trouver une adéquation entre pratiques phytosanitaires et politiques publiques **-294-**
      3.2.1. Le besoin de combiner les innovations environnementales pour satisfaire les objectifs fixés par les politiques publiques **-295-**
      3.2.2. Le besoin du renforcement des politiques publiques de développement agricole **-297-**

3.3. Les organismes de conseil des territoires viticoles à l'articulation de la réduction des pesticides en viticulture **-300-**

3.3.1. De l'implication d'organismes créateurs de proximités pour la réduction des pesticides en viticulture **-301-**

3.3.2. Les coopératives vitivinicoles actrices de l'amélioration des pratiques en viticulture **-303-**

Conclusion du chapitre **-309-**

CONCLUSION GÉNÉRALE **-311-**

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES **-321-**

LISTE DES ENCADRÉS, FIGURES ET TABLEAUX **-347-**

ANNEXES **-353-**