PSL
UNIVERSITÉ PARIS

THÈSE DE DOCTORAT
DE L'UNIVERSITÉ PSL

Préparée à l'Université Paris-Dauphine

L'interaction sociale comme levier de transformation des pratiques alimentaires : une approche multiméthodes à l'échelle territoriale

Soutenue par

Pedro LOPEZ MERINO

Le 10 mai 2023

Ecole doctorale n° ED 543

Ecole doctorale SDOSE

Spécialité

Sciences Economiques

Composition du jury :

Nathalie LAZARIC Directrice de Recherche, CNRS	*Présidente*
Jean-Marc DOUGUET Maître de Conférences, Paris-Saclay	*Rapporteur*
Nicolas BECU Directeur de Recherche, CNRS	*Rapporteur*
Abigaïl FALLOT Chercheuse, CIRAD	*Examinatrice*
Alba DEPARTE Ingénieur, ADEME	*Invitée*
Juliette ROUCHIER Directrice de Recherche, CNRS	*Directrice de thèse*
Claire LAMINE Directrice de Recherche, INRAE	*Co-directrice*

Dauphine | PSL
UNIVERSITÉ PARIS

Résumé

Cette thèse explore comment des formes d'interaction au sein des groupes sociaux déterminent à la fois les pratiques alimentaires et les visions de ce qui rend un système alimentaire territorial durable. Nous utilisons des méthodes, approches et objets complémentaires pour traiter la question. Le premier chapitre s'appuie sur la théorie de diffusion d'innovations et utilise la modélisation à base d'agents pour étudier comment la consommation de biens aux caractéristiques payantes multiples (que nous assimilons à la présence de différentes dimensions de durabilité) se diffusent au sein d'un réseau d'agents interconnectés. Les simulations ouvrent une première piste de réflexion, car on observe que l'impact de l'interaction des agents sur leur choix de consommation est fonction croissante du nombre de caractéristiques présentes dans les biens (on peut déduire que des biens avec davantage de caractéristiques « durables » nécessitent davantage d'interaction pour être adoptés). Le deuxième chapitre présente une réflexion autour de l'évaluation de la durabilité des systèmes alimentaires à l'échelle territoriale, en mettant l'accent sur l'importance de considérer les acteurs locaux, les interdépendances sociales et écologiques ainsi que les trajectoires spécifiques si l'on cherche à faire une évaluation qui puisse transformer ces systèmes vers davantage de durabilité. Il analyse ensuite quelques approches d'évaluation

existantes pour déterminer à quel point ces éléments sont considérés ou non, et discute pourquoi et en quoi un travail transdisciplinaire est nécessaire pour qu'ils le soient. Le troisième chapitre, enfin, introduit un cadre conceptuel pour penser la durabilité des systèmes alimentaires à l'échelle territoriale en termes de délibération, apprentissage social et transformation, et décrit aussi un jeu sérieux conçu et mis à l'épreuve dans le cadre d'un projet recherche-action en Ardèche, France, qui vise à agir sur ces trois variables, et dont nous tirons un certain nombre d'observations et conclusions. Chaque chapitre représente aussi une évolution dans la façon d'appréhender la durabilité des systèmes alimentaires territoriaux et comment celle-ci est déterminée par l'interaction des acteurs. Cette évolution mène à s'inscrire dans un paradigme de science post-normale où la délibération et la transdisciplinarité sont des éléments centraux pour créer des solutions face à des problèmes de nature complexe et où la diversité de points de vue et l'incertitude les rendent irréductibles.

Mots clés : Diffusion d'innovations, agroécologie, systèmes alimentaires territoriaux, pratiques alimentaires, durabilité, modélisation à base d'agents, jeux sérieux, complexité

Abstract

This dissertation explores how different forms of interaction within social groups determine both food practices and visions of what makes a territorial food system sustainable. We use complementary methods, approaches and objects to address the issue. The first chapter builds on the theory of diffusion of innovations and uses agent-based modelling to study how the consumption of goods with multiple characteristics (each of which increases the price of goods, and that we equate with the presence of different dimensions of sustainability) diffuse within a network of interconnected agents. The simulations provide a first avenue of reflection, as we observe that the impact of agents' interaction on their consumption choice is an increasing function of the number of features present in the goods (we can deduce that goods with more "sustainable" features require more interaction to be adopted). The second chapter presents a reflection on the assessment of the sustainability of food systems at the territorial scale, emphasising the importance of considering local actors, social and ecological interdependencies and specific trajectories if assessment is to contribute to the transformation of these systems towards greater sustainability. It then analyses some existing assessment approaches to determine the extent to which these elements are considered (or not), and discusses why and how transdisciplinary

work is needed to do so. Finally, the third chapter introduces a conceptual framework for thinking about the sustainability of food systems at the territorial scale in terms of deliberation, social learning and transformation, and describes a serious game designed and tested in the context of an action-research project in Ardèche, France. The game aims to act on these three variables, and we draw a number of observations and conclusions from its tests. Each chapter also represents an evolution in the way of understanding the sustainability of territorial food systems and how it is determined by the interaction of actors. This evolution leads to a post-normal science paradigm where deliberation and transdisciplinarity are central to creating solutions to problems of a complex nature and where the diversity of viewpoints and uncertainty make them irreducible.

Keywords: Diffusion of innovations, agroecology, territorial food systems, food practices, sustainability, agent-based modelling, serious games, complexity

Remerciements

A mis padres, hermana y familia en Chile y Argentina, quienes siguen expresando amor por este hijo, hermano, sobrino, tío y primo que ya no da señales de vida más que de vez en cuando. Y muy particularmente a mis sobrinitos Alfonso y Florencia: el mayor sacrificio de mi vida ha sido no haber estado cerca de ustedes en estos años de infancia. Los quiero con todo mi corazón a pesar de la distancia, y espero que la vida les dé todas las herramientas que necesiten para avanzar sin nunca perder la esperanza.

Me voici en fin de parcours, pour ce petit bout de chemin qui aura duré plus de 4 ans, bien que sa gestation et maturation remontent à bien avant. Il y a bien plus de personnes à remercier que ce que je ne pourrai le faire dans ces quelques lignes, mais je ferai de mon mieux pour être au moins reconnaissant envers celles et ceux avec qui j'ai été le plus directement en lien pendant cette période de ma vie.

Tout d'abord, mes remerciements vont à Claire Lamine et Juliette Rouchier, sans lesquelles cette thèse n'aurait bien entendu jamais vu le jour. Juliette a accepté d'être ma directrice sans que l'on se connaisse auparavant, et alors que ma connaissance des méthodes et approches à mobiliser était pour le moins réduite. Elle a été un soutien et un appui formidable pour moi dans les moments difficiles de cette traversée, ainsi qu'un mentor intellectuel patient et tolérant. Je connais Claire depuis 8 ans maintenant (au mois près au moment de ma soutenance), et ce n'est pas une exagération de dire que ma vie

en France aurait été très différente si je n'avais pas eu la chance d'établir une relation avec elle. L'orientation qu'elle m'a apportée et le fait de m'avoir inclus dans ses différents projets et réseaux ont grandement facilité mon insertion dans ce métier et élargi mes perspectives professionnelles bien au-delà de ce que j'aurai pu espérer. Toutes les deux ont été très présentes dans ces derniers mois et semaines de rédaction. Je les remercie profondément pour tout le temps passé à me relire et à accroître ma capacité à rendre un manuscrit cohérent. Alors que je commence maintenant à « voler de mes propres ailes », un profond sentiment de gratitude m'accompagne.

Mon appartenance multiple me rend redevable à plusieurs personnels administratifs. A l'ADEME, Maguy Favrelière et Valérie Pineau se sont toujours montrées efficaces et attentives. Le temps passé au téléphone avec Mme Pineau pour s'occuper des différents aspects administratifs (y compris les différentes attestations de déplacement qui ont été nécessaires pendant la période covid) se compte certainement en dizaines d'heures. Sa gentillesse et son attention ont été particulièrement touchantes. Simon Jouinot à l'INRAE, et plus récemment Delphine Cavery, ont aussi été une aide précieuse. Simon m'a aidé pendant de longues années à naviguer à travers les différentes procédures de l'institut à la fois en tant que doctorant et lors de mes différentes missions d'appui aux projets. Mireille Navarrete et Marc Tchamitchian, DUs d'Ecodéveloppement, ont été très accueillants avec moi malgré ma situation la plupart du temps éloignée, comme l'a été d'ailleurs toute l'unité avec laquelle j'espère continuer dans l'avenir à collaborer. Marie-Clotilde Quinio du LAMSADE s'est également rendue disponible pour m'aider à chacune de mes visites à Dauphine (où j'ai pu profiter d'une des salles avec les vues les plus belles sur Paris et la Tour Eiffel) et

pour m'aider avec les outils de gestion du CNRS ; ainsi que Chantal Charlier-Pirolet du LEDa au début de ma thèse et plus récemment Paul Nicolas aussi du LAMSADE. Au niveau du programme doctoral, je remercie Eve Caroli et Elise Huillery d'avoir été disponibles à chaque fois que j'en ai eu besoin : merci pour leur travail d'excellence à la tête du programme. Pour ce qui est de mes visites en Ardèche, je remercie tout le Cermosem pour leur accueil (en particulier Samya Kalbaoui, Pascal Mao et Nicoals Robinet) ainsi que le Domaine du Pradel (notamment Paméla Tauleigne et le personnel de la cantine). Merci également à Patrick et Eva pour leur chaleureux accueil pendant mes nombreux séjours à Paris ; leur amitié et leur générosité ont grandement facilité mon travail.

Victorien Barbet m'a beaucoup aidé dans les aspects techniques de la première partie de mon travail, se montrant prêt à partager ses compétences en informatique sans réservation. Danièle Magda a apporté une aide importante dans la conception du deuxième chapitre, et m'a mis en lien avec Gaël Plumecocq qui a attentivement lu et commenté une première version de celui-ci. De nombreuses personnes des projets l'Assiette et le territoire et surtout ATTER ont contribué à mon travail, que ce soit par des discussions ou relectures. Ils sont trop nombreux pour les remercier individuellement, mais je tiens à exprimer ma reconnaissance envers chacun et chacune. Je suis aussi reconnaissant et ravi d'avoir eu dans mon comité de thèse Martine Antona et Jean-Marc Douguet ; chacune de nos différentes réunions fut très utile pour moi. Vos conseils et encouragements m'ont permis d'arriver à ce stade avec confiance en moi et en la qualité non seulement intellectuelle mais aussi humaine des gens que l'on peut rencontrer dans ce métier. Plus récemment, je remercie Nathalie Lazaric pour la confiance qu'elle m'a apportée en démarrant un projet de recherche avec

moi avant que je n'aie soutenu ma thèse. Il est difficile d'exprimer à quel point je suis content de ce travail que nous commençons ensemble et des perspectives qui s'ouvrent. Les chercheurs, doctorants et personnel administratif du Gredeg à Sophia-Antipolis ont été très accueillants. Merci enfin à Ariane P d'avoir accepté de relire et corriger le français dans mon manuscrit avec tout l'effort et l'attention que cela a demandé.

Dans un niveau personnel, ma gratitude va surtout envers Marine, ma compagne depuis toutes ces années. Merci pour ton soutien, ta compagnie, ton amitié, ton acceptation et tout ce que tu apportes à ma vie.

Comme beaucoup avec le premier confinement, je me suis retourné vers la nature et le jardinage. Mes weekends souvent partagés avec les amis du jardin d'Opio font la joie de mes semaines (et donnent un peu plus de corps j'espère à mes réflexions théoriques sur l'alimentation...) Merci beaucoup de m'avoir permis de faire partie de cette aventure incroyable.

Table des matières

Résumé **i**

Abstract **iii**

Remerciements **v**

Introduction **2**
Contexte et cadre initial de la thèse 4
Un travail aux inspirations multiples... 7
... pour une thèse en économie 11
Durabilité, transformation et apprentissage : trois concepts mobilisés. 12
Posture scientifique 15
La notion de modèle et son utilisation dans la thèse 19
Structure de la thèse 21

Préambule au chapitre 1 **23**

1 An Agent-Based Model of (Food) Consumption : Accounting for the Intention-Behaviour-Gap on Three Dimensions of Characteristics with Limited Knowledge **31**
1.1 Introduction 33
Motivation for the model 33
Theoretical approach 34
Working hypotheses, objectives and main findings 35
1.2 Model description 37
Initial setup 40
Parameter modification 41
Observed Indicators 42
1.3 Simulation results 44
Baseline setup 44
Parameter modification 47
Network-relevant parameters (l and S). 48
Knowledge threshold and price premiums. 49
1.4 Concluding remarks 51
Appendix: Full table of results 55

Annexe au chapitre 1 : The diffusion of goods with multiple characteristics and price premiums: an agent-based model **57**
1.5 Introduction and state of the art . . . 59
1.6 Model description . . . 63
Overview . . . 63
Design Concepts . . . 71
Details . . . 76
1.7 Results . . . 80
Global results . . . 83
Parameter results . . . 86
Analytical results . . . 89
1.8 Discussion and concluding remarks . . . 93

Préambule au chapitre 2 **98**

2 Towards a transformative sustainability assessment of territorial food systems : taking into account actors, interdependencies and trajectories **106**
2.1 Introduction . . . 107
2.2 Elements from the Food Systems' Assessment literature . . . 110
Taking actors into account . . . 110
From isolated components to interdependencies . . . 112
Considering non-linear, singular trajectories . . . 116
2.3 A study on food system sustainability assessment approaches . . . 119
Results . . . 121
2.4 Discussion . . . 128
2.5 Conclusion . . . 134

Préambule au chapitre 3 **136**

3 Transformative social learning through argumentation to support sustainable transformations of territorial food systems : theoretical elements and presentation of a serious game **143**
3.1 Introduction . . . 144
3.2 Deliberation, social learning and transformation . . . 146
3.3 Using a serious game as a deliberative tool for transformative social learning 151
Context and objectives of the game . . . 151
Design of the game . . . 154
3.4 Elements of observation . . . 157
Engagement and fun (O.0) . . . 157
Deliberation (O.1) . . . 157
Social Learning (O.2) . . . 159
3.5 Discussion : towards a transformation of a TFS . . . 160
3.6 Conclusion . . . 164
Annex A. Photos of the final boards of each of the groups. . . . 165

Annex B. Rules of the game presented to players. 167
Annex C. Content of different types of cards. 170

Conclusion **173**
Quelques leçons à tirer de ce travail 186
Quelles réponses aux questions de recherche ? 194

Introduction

Des acteurs et des institutions à toutes les échelles s'interrogent à l'heure actuelle sur la durabilité des systèmes alimentaires. La succession récente de crises (sanitaire, géopolitique, économique) ainsi qu'une fréquence et intensité accrue des phénomènes climatiques extrêmes ne font qu'accroître la légitimité des questionnements à cet égard. Le système alimentaire mondial, fondé sur une vision productiviste et libre-échangiste, est-il capable de faire face aux défis du 21e siècle, tout en nourrissant de façon adéquate une population toujours en expansion ? Est-il possible de réduire les impacts sociaux et écologiques néfastes que ce *Corporate Food Regime* (Friedmann et McMichael, 1989; McMichael, 2005) ne cesse de produire, et de le faire en augmentant notre capacité à rebondir face aux différents aléas que nous continuerons sans doute de rencontrer ? Devant des ruptures éventuelles dans les chaînes d'approvisionnement, sommes-nous capables de garantir un accès à l'alimentation des populations concernées ?

Puisqu'il n'est pas possible de répondre positivement à ces questions de façon univoque, il est pertinent de s'interroger sur les alternatives possibles au système prédominant, ainsi que les potentiels leviers pour gagner en durabilité et résilience. Nombreux sont aujourd'hui les chercheurs qui proposent d'utiliser l'échelle territoriale pour analyser les systèmes ali-

mentaires et les conduire vers davantage de durabilité environnementale, justice sociale et capacité de rebond (Anderson *et al.*, 2019; Lamine *et al.*, 2019). Cette reterritorialisation, soutenue aussi par des acteurs du monde associatif et des institutions gouvernementales[1], s'inscrit souvent dans un paradigme agroécologique, qui considère les changements de comportements, valeurs et relations comme étant tout aussi centraux dans la transformation des systèmes alimentaires que les améliorations techniques ou technologiques[2]. En cela, une reterritorialisation agroécologique peut être vue comme une alternative aux visions d'intensification écologique, souvent promues par des acteurs du monde alimentaire conventionnel, et qui proposent de réduire au minimum les effets sur l'environnement des pratiques agricoles grâce notamment à des gains d'efficacité dans l'utilisation de technologies, sans pour autant produire de changement dans le paradigme productiviste dominant. A l'heure où le bon fonctionnement des chaînes d'approvisionnement globales ne peut pas être pris pour acquis, un « retour en arrière » (ne serait-ce que partiel) vers des pratiques alimentaires écologiques avec davantage d'ancrage territorial mérite une vraie attention scientifique. En cela, comprendre quels changements sont nécessaires au niveau des acteurs pour parvenir à créer ou renforcer des systèmes alimentaires territoriaux agroécologiques, et les conditions pour favoriser de tels changements, a une place centrale.

L'un des leviers de changement est l'interaction sociale, l'être humain étant un être

[1]En France, la Loi d'avenir pour l'agriculture donne reconnaissance depuis 2017 aux Projets alimentaires territoriaux (PAT), on en dénombre près de 400 début 2023. L'échelle territoriale est aussi promue à l'internationale par des instances telles l'OECD, la FAO et les Nations Unies (cf., par exemple, OECD *et al.* (2016)).

[2]Nous prenons donc une posture agroécologique spécifique, celle qui considère les aspects *sociaux*de l'alimentation. La définition et la portée de l'agroécologie demeurent débattues (Hazard, 2018; Lamine et Dawson, 2018; Thompson et Scoones, 2009), avec une coexistence des visions sociales et techniques, ces dernières fondées sur des aspects tels que la santé des sols, ou privilégiant les connaissances techniques apportées par les agriculteurs.

social qui depuis sa naissance agit par rapport à ce qu'il perçoit dans son entourage social. Là où les politiques publiques agissent le plus souvent sur les incitations monétaires, les réglementations et le transfert d'informations « du haut vers le bas » aux acteurs, nous constatons que le rôle de l'interaction comme levier de transformation de pratiques est relativement peu mobilisé, alors même que les acteurs que nous rencontrons demandent davantage d'opportunités d'échanges pour contribuer aux diffusions non seulement de connaissances mais aussi d'une culture locale durable et de reconnexion des enjeux agricoles et alimentaires (Lamine et Chiffoleau, 2018). Cette thèse cherche donc à mieux comprendre le rôle que l'interaction sociale peut avoir dans la transformation des systèmes alimentaires territoriaux (SYAT). Nous cherchons donc à répondre à la question suivante : **quelle influence l'interaction sociale a-t-elle sur les acteurs d'un système alimentaire territorial, en termes d'apprentissages et changements de pratiques, pour pouvoir accroître leur durabilité environnementale et leur équité sociale ?** Pour répondre à cela, nous utilisons une approche multi-méthodes : modélisation à base d'agents (ABM, pour *agent-based modelling*, chapitre 1), étude des démarches d'évaluation de la durabilité des SYAT (chapitre 2), jeu sérieux (chapitre 3). Chacune de ces méthodes étudie la question sous un angle différent, explicité dans les préambules à chaque chapitre.

Contexte et cadre initial de la thèse

Cette thèse a été financée par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME, renommée récemment Agence de la transition écologique), avec un contrat entre 2019 et 2022. Nous décrivons dans cette section quelques-uns des aspects centraux du

projet initial, pour ainsi aider à comprendre les motivations initiales du travail, expliquer comment il s'est déroulé et justifier les quelques ajustements qui ont eu lieu.

Le titre initial était « Le changement de pratiques vers une consommation alimentaire durable à l'échelle territoriale : prise en compte des dimensions individuelles, sociales et environnementales ». Ce titre met au centre la multidimensionnalité comme composante de base de la thèse, la notion de changement de pratiques comme objet d'étude, le consommateur comme agent de ce changement, et le territoire comme échelle pertinente pour la durabilité alimentaire. Tous ces éléments furent mobilisés dans la thèse, bien que l'importance relative de chacun varie selon les différents chapitres. Ainsi, le rôle du consommateur n'est travaillé explicitement que dans le chapitre 1, et de manière implicite dans le troisième. Son rôle dans ce manuscrit final est cependant moindre que celui que nous lui avions attribué au départ, car notre recherche nous a mené à élargir à l'ensemble d'acteurs du SYAT. L'échelle territoriale, quant à elle, est utilisée dans les chapitres 2 et 3, elle n'a qu'un rôle indirect dans le chapitre 1 de par le choix du réseau d'agents. Le changement de pratiques est l'objet des chapitres 1 et 3, le chapitre 2 agissant comme un catalyseur entre les deux en étudiant certaines des conditions nécessaires pour qu'elle puisse avoir lieu. La multidimensionnalité, enfin, est transversale à toute la thèse, bien que sa triplicité (individu, environnement, société) ne fut travaillée que dans le premier chapitre, pour être élargie à 4 puis généralisée à n dimensions dans l'annexe au chapitre 1. Les chapitres 2 et 3 gardent cette généralisation, bien que l'on puisse argumenter qu'elle devient centrée sur les enjeux environnementaux et sociétaux, en réduisant la place de la dimension individuelle de durabilité (santé).

Le projet initial incluait un travail d'enquête pour comprendre ce que nous avions appelé les « représentations mentales » de la durabilité que se font les acteurs, c'est-à-dire comment ils imaginent une consommation durable, et comment ces représentations mentales évoluent au fil du temps. Ce travail, sous forme notamment de *focus group*, devait être réalisé au printemps 2020, après une première année de révision bibliographique et un premier travail de modélisation. Du fait de la crise sanitaire et de sa suite de confinements et interdictions de rassemblement, nous avons réorienté le travail pour inclure une étude autour de l'évaluation de la durabilité des SYAT, qui devient ensuite le chapitre 2 de la thèse, et qui a remplacé la phase d'enquête. Cependant, le travail autour de ces représentations mentales est une retombée de l'outil participatif présenté dans le chapitre 3, il ne fut donc pas entièrement abandonné bien que son rôle structurant dans la thèse soit moindre que ce qui avait été initialement prévu. Nous n'avons d'ailleurs pas fait un travail de définition et cadrage de ce concept, et donc nous ne le mobilisons pas en tant que tel.

Le projet tel que présenté à l'ADEME proposait la diffusion d'innovations comme cadre théorique principal à mobiliser, en concevant la consommation durable comme une innovation aux dimensions multiples et diffusée au sein d'un groupe social. Comme nous le verrons, ce cadre fut mobilisé notamment lors du chapitre 1, qui s'inscrit dans une riche tradition de modélisation à ce sujet, mais son importance fut moindre dans le reste de la thèse. La notion d'évaluation de la durabilité territoriale, et comment elle est mobilisée dans l'argumentation vis-à-vis des pratiques alimentaires, prendra dans les chapitres 2 et 3 une place centrale qui relègue la diffusion d'innovations à un plan secondaire, sans pour autant l'exclure entièrement.

Une problématique que nous avons cherché à traiter dès le départ est celle de l'écart entre les intentions des acteurs (qu'ils soient consommateurs ou non) et les actions qu'ils arrivent à mettre en place. Le constat du manque de durabilité du système alimentaire, ainsi que sa capacité à produire et perpétuer des injustices, n'est pas exclusif aux chercheurs ou aux publics éclairés, mais partagé par une grande proportion de la population. Il en va de même pour la conscience que nous avons de comment nos choix ont un impact sur l'environnement et la société (ainsi que notre santé individuelle), sans que nous réussissions pour autant à mettre en place des changements qui soient à la hauteur des problématiques. Nous nous sommes appuyés sur les théories de diffusion d'innovations (Rogers, 1962), avec l'hypothèse de départ qu'il faut attendre un certain seuil dans la proportion d'individus qui agissent en conformité à ces objectifs avant que l'on puisse avoir un équilibre « durable ». En cela, les modèles de diffusion du type « seuil » (*threshold,* Granovetter (1978)) sont intéressants car ils montrent comment les dynamiques de changement sont accompagnées par des moments de transformation où une nouvelle réalité émerge (Zeppini *et al.*, 2014). Cette notion de transformation sera davantage explorée dans les chapitres 2 et 3.

Un travail aux inspirations multiples...

Cette thèse est un travail réalisé en utilisant une diversité de méthodes et approches, et mobilisant des compétences multidisciplinaires issues principalement de l'économie, l'informatique et la sociologie, mais aussi des sciences de gestion et de la géographie sociale. Mon parcours atypique témoigne de la diversité de mes sources d'inspiration : après une formation initiale au Chili dans une faculté d'économie aux forts liens intellectuels et po-

litiques avec l'école de Chicago, j'ai travaillé à l'université dans un département d'études quantitatives dans des thématiques liées à l'éducation. Mes intérêts m'ont par la suite amené à vivre et travailler dans un lycée-communauté à la campagne en Angleterre, où j'ai enseigné l'économie et les mathématiques. J'ai par la suite poursuivi un Master à l'Institut de Géographie Alpine à Grenoble, lors duquel j'ai tissé mes premiers liens avec l'Ardèche méridionale et avec la thématique de l'agroécologie (cf. mon mémoire de master, Lopez-Merino (2015)). A la suite de cela, j'ai travaillé pendant trois ans en lien avec un collectif interdisciplinaire à l'INRAE qui deviendra l'un de mes deux laboratoires de recherche pendant mon doctorat. Outre cela, j'ai toujours participé à des activités associatives, que ce soit dans le domaine de la construction d'habitations pour les publics défavorisés au Chili, ou la restauration et le jardinage associatifs en Angleterre et en France. Chacune de ces activités et expériences contribue à un aspect différent de ma réflexion.

La thèse se veut aussi transdisciplinaire, en ce qu'elle préconise une mobilisation des acteurs de terrain, et qu'elle le fait notamment en associant les participants à un projet de recherche-action dans le design de l'outil participatif décrit dans le dernier chapitre. La transdisciplinarité trouve une place grandissante dans l'étude de la durabilité, particulièrement car elle permet de mieux traiter les différentes sources de complexité décrites ci-haut de façon à aller dans le sens d'une transformation (Binder et Wiek, 2007; Herrero *et al.*, 2019; Popa *et al.*, 2015), il est donc pertinent de l'inclure dans un travail dont la prémisse est le besoin de re-écologiser et re-territorialiser le système alimentaire.

Cette complémentarité d'approches et méthodes est aussi soutenue par mon insertion dans des collectifs hétérogènes. Mon triple rattachement à un programme doctoral en

économie, à un laboratoire de recherche en informatique et à un autre rassemblant des chercheurs en agronomie et en sciences sociales n'a fait qu'accroître la diversité de mes sources de réflexion. Cette dernière appartenance fut tout particulièrement productive, car elle m'a permis de participer à la rédaction de deux articles collectifs, l'un sur la construction participative des circuits courts (Chiffoleau *et al.*, 2019), l'autre sur les leçons que l'on peut tirer du travail transdisciplinaire (Cardona *et al.*, 2023 - attendu). Mon travail fut aussi orienté par ma participation à deux projets de recherche, tous deux coordonnés par Claire Lamine et auxquels j'ai été lié avant même leurs démarrages respectifs. Le premier, *L'Assiette et le Territoire*[3] a mis en place un « dispositif d'échange et d'apprentissage multi-acteurs visant à construire une compréhension partagée des mécanismes de transition à l'échelle du système agri-alimentaire territorial du territoire sud-ardéchois » (Lamine *et al.*, 2022), et nous l'avons présenté au financeur en incluant des ateliers autour de l'outil présenté dans le chapitre 3. Le deuxième, ATTER[4] (pour *Agro-ecological Transitions a the TERritorial scale*), développe un programme d'échanges interdisciplinaires et multisectoriels (recherche et acteurs du monde associatif) pour favoriser l'émergence et la dissémination de connaissances fondées sur 16 cas d'études territoriales (dont le sud de l'Ardèche) dans 5 pays différents. L'outil participatif présenté dans le chapitre 3 fut conçu et mis à l'épreuve notamment dans le cadre de *L'Assiette et le territoire* (groupe alimentation durable), et discuté à plusieurs reprises lors de différentes activités d'ATTER. Le travail autour de l'évaluation de la durabilité des SYAT présenté dans le chapitre 2 s'aligne aussi avec l'un des Work Packages d'ATTER, ainsi qu'avec les notions de base

[3] `https://www.assiette-territoire.com/`, financé par la Fondation de France.

[4] `https://www6.inrae.fr/atter-rise/`, financé par le programme de l'Union Européenne Horizon 2020 Research and Innovation, Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 101007755.

mobilisées par *l'Assiette et le Territoire* (travail participatif et transdisciplinaire, attention aux trajectoires particulières, vision systémique d'ensemble). Puisque je défends dans la thèse une approche « immersive » pour déterminer les leviers de durabilité des SYAT, il est nécessaire à l'heure de lire ce travail de prendre en compte le contexte professionnel dans lequel il a été réalisé[5].

Outre ces appartenances, je me suis intéressé tout particulièrement à deux communautés scientifiques dont les chapitres 1 et 3 se rapprochent de leurs travaux respectifs. Il y a d'abord la *European Social Simmulation Assocation* (ESSA)[6], qui organise la *Social Simmulation Week* lors de laquelle j'ai pu présenter et organiser un atelier sur la thématique de l'alimentation en 2020. Cette communauté offre non seulement un espace de réflexion et d'échanges, mais permet aussi d'accéder à des ressources facilitant l'apprentissage et la maîtrise des techniques de modélisation informatique et à base d'agents, notamment en utilisant le logiciel NetLogo (Wilensky, 1999). Ensuite, le collectif ComMod (pour *Companion Modelling*)[7] rassemble une diversité de chercheurs utilisant des méthodes participatives (notamment jeux et modèles informatiques) pour à la fois accroître la connaissance et accompagner les processus collectifs de décisions dans des systèmes complexes (ComMod, 2005). J'ai pu avoir un des membres fondateurs de ce collectif dans mon comité de suivi de thèse (Martine Antona, économiste au CIRAD), et être invité à présenter ma démarche lors de leur rencontre annuelle en 2021.

[5]La « projectification » de la recherche (Aust, 2014; Fowler *et al.*, 2015-01-05Z), avec son cortège de demandes de financement et temporalités relativement courtes, fait l'objet de débats et critiques. Quoi que l'on puisse penser, il y a peu de raison de croire que la place de ce phénomène se réduise à l'horizon de ma carrière, et donc je vois comme un atout d'avoir eu la possibilité d'une immersion dans cet univers de la recherche avant l'obtention de mon diplôme.

[6]`URLhttp://www.essa.eu.org/`

[7]`https://www.commod.org/`

. . . pour une thèse en économie

Pourtant, le choix est de soutenir la thèse en économie, ce qui mérite d'être justifié au vu des éléments présentés jusqu'ici. Beaucoup associent la science économique à des axiomes de rationalité et d'utilité individuelle qui déterminent un cadre méthodologique particulier. Ce que l'on appelle parfois l'économie *mainstream*, orthodoxe ou néoclassique, jouit d'une position dominante au sein de l'académie qui rend difficile la visibilité des travaux mobilisant d'autres sources de connaissance (Jany-Catrice et Orléan, 2021; Thaler, 2015), et il est difficile encore à ce jour de se revendiquer en tant qu'économiste avec un travail qui ne va pas dans ce sens particulier. Cependant, et sans vouloir se prendre pour expert en histoire de la pensée économique, d'autres formes de penser l'économie ont coexisté depuis les premiers travaux des physiocrates[8], et ce n'est qu'à partir de la deuxième moitié du 20e siècle qu'un resserrage intellectuel s'est produit, avec un regain récent dans l'intérêt pour des travaux plus « hétérodoxes » comme ceux des comportementalistes ou institutionnalistes (on peut notamment penser aux prix dits « Nobels d'économie » octroyés en 2002 à Daniel Khaneman, 2009 à Elinor Ostrom et 2017 à Richard Thaler). Cette thèse s'inscrit donc dans ce mouvement d'élargissement dans les hypothèses et cadres conceptuels mobilisés, tout en restant fidèle aux questions qui motivent l'étude de l'économie depuis ses débuts (choix individuels et collectifs, échanges individu-société-environnement, transformation de ce dernier au profit de l'humain, etc.)

Outre cette tendance à l'orthodoxie, la science économique a une faible prédisposition à l'échange interdisciplinaire, ne faisant guère appel à d'autres sources de savoir pour

[8]Le lecteur pourra se rendre compte que le célèbre 'tableau économique' de François Quesnay est une inspiration pour l'étude des interdépendances au sein d'un SYAT (chapitres 2 et 3).

nourrir son analyse. Toutefois, l'ouverture au dialogue et à la multidisciplinarité ne peuvent qu'accroître la compréhension de l'objet étudié (Piketty, 2021), il semble donc pertinent de laisser une place aux économistes à la vocation interdisciplinaire, notamment en ce qui concerne l'échange avec d'autres sciences humaines et sociales. Le choix d'inscrire la thèse en économie est aussi une revendication du type de science économique que nous défendons : ouverte à l'échange avec d'autres sciences, disciplines et acteurs, ouverte aussi au pluralisme méthodologique et à une métaréflexion épistémologique.

Durabilité, transformation et apprentissage : trois concepts mobilisés.

Il y a plusieurs concepts qui seront mobilisés le long de ce manuscrit, et qu'il convient de préciser dans cette introduction. D'abord, nous parlerons de **durabilité**, concept englobant qui a connu des évolutions depuis son émergence dans les années 1980, héritier des discussions autour des *limites de la croissance* et de la notion d'écodéveloppement de la décennie précédente (Meadows *et al.*, 1972; Vivien, 2005)[9]. Dans son utilisation initiale telle que conceptualisée dans ledit « rapport Brundtland » (World Commission on Environment and Development, 1987) la durabilité est associée à une forme de développement socio-économique qui ne met pas d'entrave aux besoins des générations à venir, ce qui introduit la notion de solidarité intergénérationnelle comme pilier de base. Le concept de développement durable est par la suite contesté par des mouvements sociaux

[9]Notons qu'en 2005, Vivien privilégie l'utilisation du terme « développement soutenable », moins ambigu par rapport à l'anglais de *sustainable development*que celui de « durable », bien que ce soit ce dernier qui reste utilisé.

et intellectuels qui la voient comme ayant été « assimilé » (*co-opted*), par des intérêts transnationaux (Escobar, 2011; Sneddon *et al.*, 2006), ainsi que par des économistes (notamment du courant écologique) qui le voient comme figé dans un cadre néoclassique de croissance et de privatisation de l'environnement (Costanza, 1992). Il n'en demeure pas moins que la notion de durabilité comme solidarité intergénérationnelle marque encore les esprits, et il est donc utile de retenir ce sens originel du terme dans sa vocation à la fois environnementale (préservation) et sociale (justice, égalité), et de le différencier de ce qui conviendrait d'appeler un paradigme de « croissance » durable (*ibid*). Plus récemment, l'accent a été mis sur la notion de transition, notamment dans les domaines de l'énergie, du transport, du logement et d'autres secteurs, bien que notre utilisation de ce terme soit volontairement réduite dans ce manuscrit. La notion de transition peut être vue comme étant associée au passage à un point optimal prédéfini vers lequel doit être dirigé un système (dans un exemple agricole, la conversion à l'agriculture biologique d'une proportion donnée d'exploitations et qui est vue comme permettant une durabilité sur le long terme). Elle peut donc avoir une composante d'optimisation et de contrôle, y compris dans le champ de la transition agroécologique (Magda *et al.*, 2021), qui va de pair avec une « gestion technocratique de la transition » (Popa *et al.*, 2015). A l'aune de cette discussion, certains auteurs préfèrent parler de **transformation** (Hölscher *et al.*, 2018; Stirling, 2019), sa particularité étant de permettre une évolution ouverte et en accord avec les valeurs et cultures particulières des groupes sociaux, et de reconnaître la notion d'imprévisibilité inhérente aux évolutions des systèmes complexes[10] (cf. point suivant).

[10]Il est à noter que certains auteurs soulignent le potentiel d'incorporation d'imprévisibilités et non-linéarités au concept de transition (Köhler *et al.*, 2019), mais nous restons dans le choix du concept de transformation, plus explicite à ces égards.

S'intéresser aux notions de transformation en lien avec l'interaction sociale mène aussi à se poser des questions quant à l'apprentissage, notamment ce que l'on peut appeler **l'apprentissage social**. La « connaissance » et le changement dans la consommation acquis par les agents du modèle informatique qui sera présenté dans le chapitre 1 peuvent déjà être vus comme une représentation d'un tel apprentissage, puisqu'ayant lieu pendant leur interaction. Il est à préciser, toutefois, que cette connaissance n'est pas co-construite, elle est co-acquise, et qu'il faudra attendre le chapitre 3 pour avoir une conceptualisation de la notion d'apprentissage social proprement dite. Le chapitre 2 incorpore cette notion de façon implicite, car il s'agit de produire une forme d'évaluation de durabilité qui soit fondée sur les connaissances des acteurs locaux, et qui soit capable de produire aussi un changement dans l'agir de ceux-ci. Le chapitre 3, enfin, présente un cadre théorique où l'apprentissage social est au centre, en explorant des pistes de travail pour aller dans le sens d'une transformation du SYAT. Ce lien entre apprentissage et transformation est traité dans la littérature liée, et il fait référence à un changement profond au niveau des valeurs et règles qui sous-tendent un système socio-écologique.

Il y a bien des concepts liés à la transformation des SYAT que nous ne traitons pas dans les différents chapitres de cette thèse. Nous pouvons citer par exemple celui de résilience, utilisé de façon grandissante dans la littérature sur l'alimentation depuis quelques temps (Béné, 2020; Lamine *et al.*, 2023 - attendu), et devenu sujet de discussion quasi-permanente depuis la crise sanitaire liée au SARS-CoV-2 et le début des hostilités entre la Russie et l'Ukraine. A l'échelle territoriale, le concept de résilience alimentaire a même pu supplanter celui de durabilité (Lamine *et al.*, 2023 - attendu). La notion de sécurité alimentaire lui

est souvent associée, car la fonction de base d'un système alimentaire est de fournir une nourriture de façon prévisible—est donc résilient un système alimentaire capable d'assurer cette fonction de manière stable. La résilience en tant que paradigme n'est guère exempt de contestation, à la fois car son injonction à la relocalisation de la production réduit la place des enjeux d'écologisation et de justice sociale (*ibid*), et car elle entraîne un certain nombre de contradictions pratiques et conceptuelles (Fallot *et al.*, 2019). Il en est de même pour d'autres termes plus ou moins en vogue (justice, démocratie et souveraineté alimentaires, pour n'en citer que trois), qui pourraient faire l'objet d'une définition et discussion plus ou moins approfondie quant à leurs mérites respectifs. Le choix est donc de rester avec un nombre de concepts mobilisés réduit (durabilité, apprentissage, transformation...), pour réduire autant que possible des difficultés sémantiques que nous ne sommes pas en mesure de développer ici.

Posture scientifique

S'intéresser à la transformation d'un SYAT mène tout d'abord à réfléchir à ce qu'est un système, ainsi qu'aux enjeux de complexité qui découlent d'une vision systémique, tels que décrits par Edgar Morin (1988, 1992). Un SYAT en tant que système complexe n'est pas une série d'acteurs, filières et chaînes d'approvisionnement pris chacun de façon isolée, mais un tissu social et écologique qui englobe tous ces composants, et qui ne peut être compris que si l'on prête attention aux interactions et formes d'organisations plutôt qu'à l'analyse de relations de causalité univoques. Dans d'autres mots, et pour reprendre la formule souvent évoquée, le tout est plus que la somme des parties, mais chaque partie ne peut

être comprise qu'en observant le tout. Dans cette vision de la complexité, l'observateur scientifique n'est pas un élément externe au système, il en fait partie tout autant que le reste, et ses choix d'observation ont un impact sur l'état et la trajectoire de celui-ci.

Un paradigme systémique/complexe motive aussi une certaine posture dans l'épistémologie, méthodologie et implémentation du travail, que l'on peut décrire comme étant interprétiviste, adaptative et émergente (Hazard *et al.*, 2020). L'interprétivisme s'oppose au positivisme et englobe les cadres épistémologiques qui ne voient pas la réalité comme étant indépendante de l'observateur (Hazard *et al.* donnent les exemples du pragmatisme et constructivisme), cherchant non pas à trouver des lois universelles mais à créer des connaissances contextualisées et pertinentes pour l'action locale. Il favorise aussi le travail inter et transdisciplinaire et l'inclusion de valeurs et visions diverses et divergentes. Une méthodologie adaptative privilégie une problématisation holistique plutôt que réductionniste (la vision d'ensemble décrite dans le paragraphe précédent), et vise notamment une transformation à travers l'observation participante. Enfin, une implémentation émergente s'oppose à une posture scientifique instrumentale, dans laquelle l'objectif final est de créer des connaissances transférables pour répondre à des problèmes concrets. Dans l'implémentation émergente, il s'agit de créer une interaction entre science et société qui permet la co-création du sens et de l'apprentissage à travers la délibération et la pensée critique.

Cette triple posture évolue aussi le long de la thèse, notamment car la réflexion nous mène à plus ou moins mobiliser certains de ses éléments d'épistémologie et de méthodologie. Là où le chapitre 1 entraîne un certain degré d'objectivation positiviste—en établissant un type de consommation « souhaitable » de façon prédéterminée— et de réductionnisme

méthodologique (l'analyse d'indicateurs et de liens de causalité directe) la réflexion des chapitres 2 et 3 est plus explicitement interprétiviste et adaptative. L'utilisation d'un cadre *open-ended* pour penser le changement (chapitre 2) et d'un paradigme de science post-normale (chapitre 3) ne font que renforcer cette posture[11]. En revanche, l'émergence est transversale à toute la thèse, car il s'agit tout le long de placer l'échange (chapitre 1), la participation (chapitre 2) et la délibération (chapitre 3) au centre de ce qui détermine la connaissance et son utilité.

Ces évolutions ont été accompagnées par une montée en importance de deux concepts, même si chacun était déjà inclus de façon explicite dans le projet tel que défini initialement. En effet, dès la rédaction du premier chapitre nous avons donné une place centrale à la notion d'effets inattendus, car le résultat mis en valeur pointe du doigt l'importance que ceux-ci peuvent avoir sur l'évolution de pratiques complexes telles que la consommation durable. Ceci nous a amené aussi à approfondir le travail autour du concept de transformation, car ces effets inattendus mènent à s'interroger sur l'évolution de trajectoires avec une composante « surprise » —composante déterminante d'une transformation dans la littérature autour des *sustainable transformations* (Hölscher *et al.*, 2018; Stirling, 2019).

Notre réflexion s'inscrit, nous en avons déjà fait mention, dans une longue tradition qui voit l'action humaine comme étant déterminée par son ancrage dans un milieu social. Nous

[11]De façon sommaire, le cadrage *open-ended* (Lamine *et al.*, 2021; Magda *et al.*, 2021), dont la traduction en français apparaît comme particulièrement délicate et échappant à nos compétences sémantiques, fait référence à la conception du changement dans les sciences de durabilité qui le voit comme n'étant pas déterminé entièrement par des facteurs externes et objectivables. Il ramène aussi à la notion de transformation par opposition à celle de transition. Un paradigme post-normal voit la qualité du processus d'enquête et l'inclusion de connaissances extra scientifiques comme étant mieux à même de donner des réponses dans des contextes où l'incertitude, et les visions divergentes rendent les outils analytiques et réductionnistes de science « normale » peu performants (Becu, 2020; Funtowicz et Ravetz, 1993; Popa *et al.*, 2015). On peut voir la science post-normale et son concept *d'extended peer community* comme un faisant partie d'une épistémologie interprétiviste.

pouvons citer les travaux de Thorstein Veblen (Veblen, 1899), qui voit en l'émulation les fondements mêmes de la vie en société (ce qui dans le cadre des sociétés modernes donne lieu aux phénomènes de consommation ostentatoire), des idées reprises par André Orléan dans ses travaux autour des théories de la valeur, de la monnaie et de la finance (Orléan, 2011; Orléan *et al.*, 2019). De même, deux des théories issues de la psychologie sociale ayant eu la plus grande influence dans les sciences de gestion de la fin du 20e siècle voient l'influence sociale comme élément déterminant de l'action individuelle. En effet, la théorie de l'action raisonnée (Fishbein et Ajzen, 1975) et celle du comportement planifié (Ajzen, 1991) parlent des *normes subjectives* comme l'un des facteurs qui mènent l'individu à agir dans un sens déterminé. Ainsi, les pratiques alimentaires des acteurs, et leur attention ou non à la durabilité de leur SYAT, peuvent être vues en tant qu'innovations susceptibles d'être diffusées au sein d'un groupe humain, une thématique que nous approfondissons dans le chapitre 1. Les travaux de Talcott Parsons (1991) [1951] méritent aussi d'être mentionnés en ce qu'ils proposent d'observer l'action collective comme un objet en soi, et non pas comme la somme des actions rationnelles individuelles, principe qui deviendra par la suite déterminant dans l'étude de la durabilité des systèmes agricoles (Janker *et al.*, 2019). Tout notre travail, en particulier celui autour de la délibération présenté dans le chapitre 3, s'inspire de cette ontologie, car nous présentons le changement comme quelque chose qui a lieu au niveau des collectifs et qui ne peut pas être expliqué en ajoutant leurs composants individuels.

La notion de modèle et son utilisation dans la thèse

La défense d'une posture interprétiviste, adaptative et émergente, ainsi que l'approche *open-ended* et le paradigme post normal posent le risque évident d'amener à une vision où « tout se vaut », à une forme de relativisme qui empêche toute forme d'intelligibilité si ce n'est le respect des visions et valeurs diverses et variées—transformant la transdisciplinarité en simple tremplin pour l'expression de celles-ci. Ceci peut être confortable en ce que le chercheur n'a aucune responsabilité ni posture à défendre, mais entraîne le risque de ne pas produire de connaissances utilisables au-delà de l'expérience traitée (Binder et Wiek, 2007). Or, le travail d'un scientifique cherche à trouver des généralisations possibles, à produire un savoir qui soit utile même dans des contextes qui changent, et pour cela est nécessaire un certain degré d'abstraction et de montée en généralité. C'est en cela que la notion de modèle devient pertinente, car un modèle permet de communiquer de façon simple intuitions, théories et observations : il agit comme médiateur dans une enquête de connaissances (Varenne, 2017). Toute abstraction intellectuelle est faite sur la base d'un modèle (qu'il soit explicite ou non), le scientifique ayant une place privilégiée pour les rendre lisibles (Epstein, 2008). Dans notre posture interprétiviste, le modèle, y compris informatique, sert notamment en tant que facilitateur de dialogue (Rouchier, 2023). Nos modélisations informatiques et participatives n'ont donc pas pour vocation de créer une réplique fidèle de la réalité (ce qui relèverait d'une vision positiviste quelque peu extrême), mais à en abstraire certains aspects pour faire émerger des résultats ou discours qu'on ne pourrait pas identifier sans avoir recours à la modélisation. Nous sommes donc en mesure de les mettre en discussion (avec les acteurs ou les membres de la communauté scientifique)

pour déterminer leur portée et pertinence dans d'autres contextes.

L'un des défis auxquels doit faire face un modélisateur ou une modélisatrice est de savoir rendre son travail intelligible par d'autres utilisateurs potentiels, et il existe un vrai débat (particulièrement au sein de la communauté ABM) pour savoir comment un modèle doit être formalisé pour assurer sa compréhension et réplicabilité. Deux des chapitres de ce manuscrit présentent des modèles (informatiques pour le premier, théoriques et ludiques pour le troisième), et nous avons fait des choix de description qui n'ont pas été particulièrement simples : la description d'un modèle doit être aussi simple que possible et aussi complète que nécessaire, elle doit aussi être suffisamment standardisée pour qu'elle soit accessible aux communautés de lecteurs pertinentes, mais ces buts de simplicité, complétude et standardisation ne vont pas toujours dans le même sens. Ainsi, après une description *ad hoc* dans le chapitre 1, son annexe inclut une description en utilisant le protocole « ODD » (*Overview, Design Concepts and Details*, Grimm *et al.* (2006, 2010); Müller *et al.* (2013)), un système promu au sein de la communauté ABM (et qu'a été demandé par l'un de reviewers de l'article publié) mais sans qu'il soit pour autant devenu une norme. Nous avons pu constater que ce protocole, qui pose un certain nombre de questions sur la finalité et la construction du modèle de façon à assurer la complétude de la description, la rend longue et parfois redondante, chose d'ailleurs quelque peu incompatible avec la production d'un article académique où chaque mot additionnel l'est aux dépens d'un autre. De même, nous avons introduit une description du comportement de chaque agent sous forme d'algorithme et d'organigramme (section 1.6), ce qui facilite pour le lecteur la compréhension de la logique interne du modèle, ce qui nous semble mieux répondre au besoin de simplicité

(et standardisation), mais dont la complétude peut être contestée. Nous avons repris cette présentation sous forme d'organigramme dans la présentation du jeu (section 3.3), car le jeu « impose » un modèle de fonctionnement qui doit être respecté à chaque tour—il est en quelque sorte aussi le reflet d'un modèle théorique de la part du concepteur ou conceptrice.

Structure de la thèse

La thèse est composée de trois articles académiques indépendants, chacun traitant d'une façon différente la thématique et les questions de recherche abordées. Ils portent aussi les différentes approches méthodologiques mobilisées. Le chapitre 1 est une exploration informatique de la diffusion d'une consommation alimentaire attentive à plusieurs dimensions (que nous assimilons à des caractéristiques de durabilité), mobilisant l'approche ABM. Le modèle a été construit à la suite d'un travail d'exploration de ce type de démarche, et qui a commencé par l'étude de plusieurs modèles existants, notamment de diffusion d'opinions et polarisations (Deffuant *et al.*, 2000, 2002, 2005; Huet *et al.*, 2019; Xu *et al.*, 2018), puis par un travail autour de la diffusion d'innovations, notamment en explorant la catégorie des *threshold models* (Delre *et al.*, 2010; Granovetter et Soong, 1983; Leite et Teixeira, 2012; Watts et Dodds, 2009). Le chapitre 2 présente une étude des démarches d'évaluation de la durabilité des systèmes alimentaires à l'échelle territoriale[12], en proposant quelques

[12]Comme déjà évoqué, ce chapitre doit en partie son existence à la crise sanitaire : nous comptions à la base faire le travail participatif de la thèse au printemps 2020, chose rendue impraticable par le confinement et mesures prises par la suite. L'idée est donc apparue, puis validée par le financeur et le comité de suivi, de faire un travail de revue de littérature autour de la notion de *sustainability assessment*, et de le mettre en lien avec les deux autres approches méthodologiques gardées dans la thèse.

pistes pour produire une transformation durable de ceux-ci. Il m'a permis notamment de travailler une revue ciblée de la littérature, une approche méthodologique à l'importance toujours grandissante dans la science contemporaine, et d'approfondir ma connaissance des sciences participatives, de la transdisciplinarité et des notions liées à la complexité (interdépendances, trajectoires). Le chapitre 3, enfin, présente une réflexion théorique et la mise à l'épreuve d'un dispositif participatif qui cherche à mettre à l'œuvre certaines des conclusions précédentes, et à le faire avec un cadre théorique novateur. En sus des sujets déjà traités dans les chapitres précédents, il m'a permis de me rapprocher de l'utilisation des jeux sérieux comme méthodologie d'enquête scientifique (Barreteau *et al.*, 2021; ComMod, 2005; Hassenforder *et al.*, 2020; Rouchier, 2018), et de le faire avec une attention particulière aux processus d'apprentissage à l'œuvre.

Chaque chapitre est motivé par un bref préambule dont la vocation est de contribuer à créer un tissu cohérent avec les autres parties, pour faciliter ainsi sa lecture et la compréhension de ce travail dans sa globalité. Enfin, nous incluons à la fin une discussion pour reprendre les leçons principales que l'on peut tirer de la thèse, ainsi qu'ouvrir quelques pistes de réflexion.

Préambule au Chapitre 1

An Agent-Based Model of (Food) Consumption : Accounting for the Intention-Behaviour-Gap on Three Dimensions of Characteristics with Limited Knowledge

Article présenté lors de la *French Regional Conference on Complex Systems* (FRCCS) 2021, paru en version preprint. En Annexe, une version ultérieure publiée chez *Applied Network Science*.

Ce travail de modélisation informatique à base d'agents est décliné en deux modèles différents dont le premier donne lieu au premier chapitre de la thèse, et le deuxième à son annexe. Il cherche à explorer le rôle de l'interaction sociale dans la réduction de l'écart intention-comportement très souvent décrit dans les études de la consommation durable. L'écart intention-comportement (souvent appelé en utilisant les termes anglais d'*intention-behaviour gap*, *value-action gap* ou encore *attitude-behaviour gap*) trouve son origine dans les théories d'action d'Ajzen et Fishbein mentionnées dans l'introduction, et fait référence aux difficultés que les personnes peuvent avoir à agir en fonction de ce qu'ils estiment correct. En créant un monde virtuel où a lieu la diffusion d'une consommation alimentaire attentive à trois dimensions différentes (santé, société, environnement), nous explorons le rôle que peut avoir l'influence sociale dans la réduction dudit écart, par le biais de ce que nous appelons une 'connaissance' (*knowledge*) ou capacité des agents à identifier ou non

chaque dimension dans les produits qu'ils achètent.

Ce premier chapitre/modèle fut présenté lors de la FRCCS 2021, après une première version présentée en 2020 pendant la *Social Simulation Week* de la *European Social Simmulation Association.* Les organisateurs de la FRCCS l'ont diffusé en tant que version preprint EasyChair (López-Merino et Rouchier, 2021), par la suite des corrections apportées après les commentaires de trois reviewers anonymes. Après la conférence, nous avons retravaillé le modèle et l'avons soumis pour publication dans un numéro spécial de *Applied Network Science*, où il est paru en janvier 2022 après une deuxième procédure de review (Lopez-Merino et Rouchier, 2022). Dans cette version ultérieure du modèle et de l'article, que nous incluons en annexe au chapitre, l'accent sur l'écart intention-comportement a été enlevé, ainsi que l'accumulation d'expérience et connaissances de la part des agents, pour donner place à un modèle simplifié où la diffusion de l'intention d'achat de chaque dimension se fait directement en fonction de l'adoption qui existe dans le réseau immédiat de l'agent. En revanche, nous avons augmenté la quantité de dimensions dans le modèle d'agents pour en avoir quatre, et formalisé d'une façon plus rigoureuse ses propriétés. Aussi, nous avons réalisé des tests économétriques et statistiques, ainsi qu'une étude analytique (généralisée à n dimensions), pour valider les propriétés émergentes du modèle.

Bien que le choix le plus évident au regard de sa formalisation accrue et de la plus ample validation des résultats (ainsi que sa parution dans une revue à comité de lecture) puisse paraître de garder cette dernière version en tant que chapitre de thèse, nous optons pour garder la version de la FRCCS 2021 en tant que produit principal. Ceci, car la version présentée lors de la conférence présente des particularités qui vont plus dans le sens de la

globalité de la thèse : accent sur la notion de consommation alimentaire durable, notion d'apprentissage, lien entre l'intention des agents (que l'on peut aussi interpréter comme étant des valeurs) et l'action. La version annexe permet d'explorer davantage des aspects plus « techniques », et ouvre aussi davantage de pistes de travail analytique et sur la dynamique des réseaux.

Ce premier chapitre se veut une contribution « empirique » à la théorie du consommateur. Les guillemets font référence à la discussion académique sur la valeur de la modélisation en tant que preuve scientifique en sciences sociales. Dès les premiers travaux théoriques, la modélisation informatique, notamment à base d'agents, est vue comme une sorte d'entre-deux entre le déductif et l'inductif, une expérience « générative » (pour reprendre le mot de Joshua Epstein (1999)). Dans cette vision, que nous soutenons, l'analyse des simulations permet de comprendre, voire d'observer, des mécanismes et propriétés émergentes qui sont beaucoup trop complexes pour y avoir accès à travers les capacités de réflexion humaines—bien qu'elles puissent être tout à fait saisissables une fois observées—ou pour lesquels l'obtention de données empiriques n'est pas possible du fait de leur complexité. Nous pouvons citer l'exemple classique du modèle de Schelling (1969), l'un des premiers à montrer qu'une préférence à priori faible des agents individuels (dans son cas, pour avoir des voisins ayant la même couleur que soi-même) peut mener à des situations extrêmes pour l'ensemble (une niveau de ségrégation élevé dans le réseau)—ce qui permet d'expliquer certains phénomènes sociaux (la forte ségrégation des villes américaines) sans faire recours à une critique fondamentale des positions individuelles (que les américains sont des racistes acharnés). Le travail de Schelling, qui applique la pensée interactionniste

et dynamique au monde social, semblerait être le premier modèle d'agents en sciences sociales (Rouchier, 2023 - à paraitre).

Ce travail, ainsi que d'autres par la suite, séduit par la grande simplicité dans la sélection et description des variables utilisées. En cela, la tradition de modélisation informatique en sciences sociales (notamment en ce qui concerne les modèles à base d'agents) a deux grandes lignes directrices, que l'on peut appeler respectivement KIDS ou KISS (Edmonds *et al.*, 2019; Le Page, 2017). L'approche KIDS (*keep it descriptive, stupid)* cherche à décrire aussi minutieusement que possible le monde observable, et aura donc une tendance à inclure un grand nombre de variables et beaucoup de finesse dans leur paramétrage. En revanche, les propriétés observables qui en découlent seront bien plus difficiles à analyser par le modélisateur ou la modélisatrice, allant jusqu'à produire des phénomènes du type « boîte noire », ou l'on est incapable de savoir quelles sont les chaînes de causalité à l'œuvre dans une situation donnée. Les novices à la modélisation sont nombreux à avoir commencé par essayer des modèles descriptifs, l'espoir étant que plus il y a des variables explicatives, mieux sera la capacité prédictive du modèle (si par capacité prédictive on entend l'ajustement des indicateurs du modèle aux données observées dans le monde réel). Cependant, on se rend rapidement compte que leur intérêt comme outil de réflexion est moindre—surtout si on a la chance d'avoir le bon mentorat et accès à une bonne littérature[1].

En revanche, l'approche KISS (*keep it simple, stupid*) ne se veut ni descriptive ni prédictive. Elle cherche plutôt à recréer une situation donnée en n'utilisant que les variables et paramètres strictement nécessaires. Sa puissance réside non pas dans sa capacité à

[1]Pour une discussion particulièrement éclairée sur les limites des modèles descriptifs en sciences sociales, consulter le livre de Pablo Jensen (2018), *Pourquoi la société ne se laisse pas mettre en équations.*

anticiper ou à rentrer dans le détail, mais plutôt dans l'ouverture d'esprit qu'elle donne pour voir des phénomènes et des causalités auxquels le modélisateur n'aurait pas forcément réfléchi, ainsi qu'à les partager avec d'autres publics. Les modèles de diffusion d'innovation (Arthur, 1989; Leite et Teixeira, 2012), de cultures (Axelrod, 1997), d'opinions (Deffuant *et al.*, 2000), d'influence sociale (Watts et Dodds, 2009), tout comme celui de ségrégation de Schelling, sont autant d'exemples de modèles à tendance KISS, chacun ayant ouvert des véritables champs dans la littérature. L'obsession pour la prédiction et la description est remplacée par la satisfaction de voir émerger des propriétés nouvelles ou d'expliquer des phénomènes connus à l'aide de variables nouvelles[2].

Le modèle présenté dans cette thèse cherche à s'inscrire dans cette dernière tradition intellectuelle. Ainsi, nous ne l'avons pas construit pour qu'il donne des réponses quantifiables à la question de comment diriger les consommateurs vers une meilleure prise en compte des dimensions de durabilité dans leurs décisions d'achat, mais plutôt à apporter des pistes de réflexion quant à l'importance relative que l'interaction sociale peut avoir dans cette évolution. En modifiant un modèle déjà connu de diffusion d'innovations fondé sur des théories préexistantes, nous explorons les propriétés qui peuvent émerger, en trouvant des résultats capables de stimuler une réflexion ultérieure, notamment en ce qui concerne les chapitres suivants de la thèse.

L'une des modifications que nous avons apportée au modèle de diffusions d'innovations

[2]En ce qui concerne la prédiction, la crise sanitaire qui coïncide avec les débuts de ma thèse fut une opportunité « privilégiée » pour comprendre que la validité d'un modèle et sa capacité à prédire ne doivent pas être confondus. Des modèles pourtant cohérents furent utilisés de façon quelque peu indiscriminée pour prendre des décisions de politique publique dont l'utilité peut pour le moins être discutée, là où ils auraient pu être utilisés comme outils pédagogiques ou de débat scientifique et sociétal. Cf. Rouchier (2022) Rouchier et Barbet (2020).

est l'inclusion d'une multiplicité de caractéristiques dans la description des innovations diffusées, en faisant référence aux travaux de Kelvin Lancaster et à la littérature économique des prix hédoniques (Lancaster, 1966; Rosen, 1974). En concevant la consommation alimentaire durable comme une innovation diffusée au sein d'un réseau d'agents, cet ajout permet d'inclure différents attributs de durabilité (trois dans notre exemple de base) que les consommateurs cherchent à satisfaire, en se donnant les moyens monétaires additionnels pour le faire car leur présence entraîne un coût additionnel. Sans interaction sociale, un agent isolé aura une dotation monétaire et une préférence pour chaque dimension (avec intention ou non de l'acheter selon un seuil paramétré dans le modèle), mais il sera pour la plupart incapable d' identifier dans les biens les dimensions pour lesquelles il a une préférence. Une proportion très réduite des agents ont dès le départ la capacité à identifier dans les biens qu'ils achètent les dimensions pour lesquelles ils ont une intention d'achat. Un agent ayant l'intention d'acheter la dimension x (par exemple, respect des normes environnementales), mais incapable de l'identifier quand il fait ses courses manque de *connaissance*, et il cherchera à l'acquérir au sein de son réseau social immédiat. Nous faisons ici une hypothèse de nature sociologique, car la seule façon d'acquérir cette connaissance une fois les simulations démarrées est l'interaction sociale. En d'autres mots, la valeur cognitive d'une nouvelle information acquise dans l'interaction avec des pairs est infiniment supérieure à celles venant d'autres sources, car ces dernières ne peuvent être pertinentes qu'avant le démarrage des simulations (autrement dit, quand t=0).

Le modèle construit n'a pas de spécificité spatiale, et donc sa considération de l'échelle territoriale n'est qu'indirecte, par le biais des liens entre agents du modèle. En n'utilisant

que 400 agents (qui peuvent être vus comme des foyers) en lien avec 6 autres en moyenne, nous pouvons envisager notre monde virtuel comme s'il était un petit village ou territoire rural peu peuplé. Mais ceci reste tout simplement une abstraction, et le modèle est susceptible d'inclure plus de finesse dans la description du réseau et de sa réalité empirique, chose que nous avons commencé à faire dans l'article présenté en annexe. De même, l'extrapolation de nos trois dimensions (quatre dans l'annexe) en tant que caractéristiques d'une consommation alimentaire durable n'est qu'une généralisation, et un travail plus approfondi dans l'établissement de celles-ci ainsi que de leur poids relatif serait bienvenu.

Comme indiqué dans l'introduction, le travail présenté dans ce chapitre relève, contrairement aux suivants, d'une certaine inspiration positiviste et réductionniste : bien que nous nous gardions de définir ce qu'est une consommation durable, les caractéristiques de durabilité présentées sont inhérentes à chaque bien sans qu'il y ait une détermination sociale de leur valeur. Cette posture n'est pas *a fortiori* incompatible avec l'interprétivisme et adaptabilité évoqués, mais il est important à ce stade de faire cette distinction au niveau conceptuel, car nous reviendrons de façon plus ou moins explicite au cours du manuscrit sur leur complémentarité. Nous prenons aussi une optique d'individualisme méthodologique car, bien qu'en interaction avec d'autres, les indicateurs du modèle sont obtenus en agrégeant les variables de chaque agent (connaissance, intention, adoption) pris de façon individuelle. La notion d'apprentissage est travaillée à partir de l'acquisition d'une connaissance binaire dans l'interaction sociale, il s'agit donc d'un apprentissage très réduit et simpliste, mais qui s'inscrit dans l'optique d'avoir un modèle suffisamment facile à décrire et à comprendre, et qui puisse inclure les différents thèmes à explorer. En cela, le

travail peut être vu comme une première approximation à la problématique traitée dans la thèse. Le résultat central qui sera présenté et discuté, à savoir que l'influence de l'interaction sociale dans les choix de consommation et la réduction de l'écart intention-action est fonction grandissante du nombre de dimensions de durabilité considérées, permet de s'interroger sur la façon d'identifier et de définir ces dimensions, ce qui ouvre ainsi la porte à la réflexion des deux chapitres suivants.

Chapitre 1

An Agent-Based Model of (Food) Consumption : Accounting for the Intention-Behaviour-Gap on Three Dimensions of Characteristics with Limited Knowledge

Co-écrit avec Juliette Rouchier.

An agent-based model of (food) consumption: Accounting for the Intention-Behaviour-Gap on three dimensions of characteristics with limited knowledge

Pedro Lopez-Merino[1,2,3] and Juliette Rouchier[1]

[1]*Lamsade/Université Paris Dauphine-PSL, Place du Maréchal de Lattre de Tassigny - 75775 PARIS Cedex 16 France*
[2]*Écodéveloppement/INRAE, Domaine Saint-Paul, Site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 9 France*
[3]*Agence de la transition écologique (ADEME), 20 Avenue du Grésillé, 49004 Angers Cedex 01 France*

FRCCS 2021 Conference, Dijon
26-28 May 2021

Abstract

We propose an agent-based model to study purchase diffusion. We conceive goods with 3 dimensions of characteristics, price premiums and limited knowledge on the part of consumers. Despite purchase intention for each characteristic being high, only a reduced number of consumers are initially able to acquire them. The model thus reproduces the Intention-Behaviour-Gap often identified in sustainable food consumption, by exploring two of its known sources: price premiums on the presence of extra characteristics, and lacks in consumers' knowledge as to which goods contain them. We analyse the extent to which knowledge of characteristics diffuses throughout the population and purchases of them are adopted. By testing how different parameters affect these evolutions, we offer insights as to how wider adoption of desirable purchase behaviours can be encouraged. Results show that all parameters have significant effects on knowledge availability and purchase behaviour, and that the ensuing increased knowledge particularly affects purchases of combined characteristics—an interesting and unexpected result. Modifying network parameters (average network degree and knowledge spillovers) produces effects comparable to those of external ones

Abstract

We propose an agent-based model to study purchase diffusion. We conceive goods with 3 dimensions of characteristics, price premiums and limited knowledge on the part of consumers. Despite purchase intention for each characteristic being high, only a reduced number of consumers are initially able to acquire them. The model thus reproduces the Intention-Behaviour-Gap often identified in sustainable food consumption, by exploring two of its known sources: price premiums on the presence of extra characteristics, and lacks in consumers' knowledge as to which goods contain them. We analyse the extent to which knowledge of characteristics diffuses throughout the population and purchases of them are adopted. By testing how different parameters affect these evolutions, we offer insights as to how wider adoption of desirable purchase behaviours can be encouraged. Results show that all parameters have significant effects on knowledge availability and purchase behaviour, and that the ensuing increased knowledge particularly affects purchases of combined characteristics—an interesting and unexpected result. Modifying network parameters (average network degree and knowledge spillovers) produces effects comparable to those of external ones (initial knowledge availability and price premiums), an interesting feature in terms of policy recommendations since the former can arguably imply less costly interventions than the latter.

Keywords: Intention-Behaviour-Gap, Agent-based modelling, Innovation diffusion, Lancaster goods.

1.1 Introduction

Motivation for the model

In many respects, the health, environmental and social impacts of the contemporary globalised food system are deemed negative (Tscharntke *et al.*, 2012; Lamine, 2015). Recommendations at all levels (United Nations General Assembly, 2015; IPES-Food, 2015) promote a higher consideration of health, environment and society across the food industry. While the production and distribution sides of the issue have been the subject of a relatively large body of research and policy recommendations, consumption remains somewhat understudied (Carroll et Fahy, 2015; Keller *et al.*, 2016).

Consumers' general awareness and interest in these issues have increased over the past few years, although actual purchases of goods that can qualify as healthy, environmentally sustainable and socially optimal remain lower than declared intentions. Studies find price premiums and lack of knowledge on the part of consumers as to which goods contain the said characteristics to be amongst the reasons for this intention-behaviour gap (IBG) (Joshi et Rahman, 2015).

Theoretical approach

We conceive goods as (binarily) satisfying or not the characteristics of being healthy, good for the environment and good for society. In this, we follow the seminal work of Lancaster (1966)), who introduced the notion of goods as collections of characteristics that consumers seek to satisfy.

Evidence shows that each of our three dimensions of analysis (*i.e.* health, environment, society) have in the past few years been increasingly adopted by [French] consumers (IPSOS, 2016, 2019). The innovation-diffusion approach thus appears as an appropriate framework to describe current trends and study possible evolutions, since it was conceived to study how groups of consumers move from low to high adoption. For this, we draw from an agent-based model (ABM) presented by Leite et Teixeira (2012).

Our work, however, expands theirs in two different ways: first, by using Lancaster-type goods we allow for multiple dimensions of innovations to run in parallel and—to some extent—in competition (as consumers may have to make trade-offs between them). Second, we study intention-behaviour gaps generated by price differences and lack of knowledge on

the part of consumers, thus accounting for a typical finding of sustainability studies (and of the aforementioned surveys): that of discrepancies between intention and action.

Two dimensions of diffusion are present in our analysis: knowledge and purchase. The former is a direct output of social interaction, whereby individual consumers can gain knowledge from one another as to what goods contain which characteristic. The second is indirect, since the acquisition of knowledge will permit consumers to assess whether they are able or not to buy the good they want, and so purchase is not an immediate result of interaction.

Working hypotheses, objectives and main findings

In order to proceed with our modelling work, we establish two main working hypotheses, thus far impossible to verify in the literature:

H1: The level of interest on a given characteristic determines whether or not a consumer will initially have the knowledge of which goods contain it.

H2: Individuals with knowledge of a characteristic and the ability to purchase it can influence others' knowledge and thus drive diffusion.

H1 is derived from the intuition that the higher the interest in a given dimension (*e.g.* environmental sustainability), the more a consumer will seek information as to how to satisfy it, thus increasing his or her chances of gaining knowledge. **H2** is derived from a common element in innovation diffusion studies, whereby experience of earlier adopters

trickles down and can influence others' adoption, as well as from the fact that individuals largely seek information on their social networks (Rogers, 2002). These hypotheses are worth discussing further, and we'll get back them at the end of the article.

Other than these, our model is built under a specific economic assumption: goods objectively have the quality of containing or not a given characteristic, and there is no subjectivity in identifying them, nor an evolution over time of what constitutes healthy, sustainable or socially fair food.

With regards to our subject-matter (food), there is reason to think that the process of knowledge diffusion for each of the characteristics is in the early stages of diffusion, with some 80% of respondents declaring they lack information as to how to identify them on products they purchase (IPSOS, 2016, 2019). We thus calibrate the model so that about 20% of consumers have *knowledge* for each of the characteristics from the beginning. Conversely, preferences are preset so that 60% of consumers have the *intention* of buying each characteristic.

The model recreates a situation in which consumers with experience buying each dimension disseminate knowledge of them and in turn can influence adoption over time. Although goods containing extra dimensions are pricier than their more basic counterparts[1], sufficiently interested consumers will pay the price premium on condition of knowing where they can be found. Those who do not adopt a given dimension are either uninterested in it, do not have the knowledge of where to find it, or are unable to pay for it—these last two being behind the aforementioned IBG.

[1]Data on price premiums for healthy, sustainable and socially fair goods is scarce. As something of an *educated guess* we add a 33% premium on the presence of one dimension, an extra 10% on the second, and a further 5% on the third, resulting in a 48% premium on a good containing all three characteristics.

When studying this model, we seek to observe the relationship between purchases, knowledge and price premiums for networked consumers. We look at the extent to which knowledge is a source of IBG and how its diffusion throughout the simulation can reduce the said gap. More particularly, we seek to find emerging properties in the relationship between knowledge diffusion and IBG for *combined* characteristics.

1.2 Model description

Consumers

We initialise 400 agents ("consumers") each of whom is randomly linked to s_i others, $s_i \sim U(1, 2S)$. The average number of links per consumer is thus S.

Each consumer is endowed with an individual budget $w_i \sim U(\$1, W)$.

They have a randomly-assigned individual preference for each of the dimensions $p_{i,a} \sim U(0, 1)$, $a = \{1, 2, 3\}$. With regards to these preferences:

- A common intention-threshold H $(0 < H < 1)$ determines the point above which preference becomes intention:

  $p_{i,a} > H \rightarrow h_{i,a} = 1$

- A common knowledge-threshold K $(H < K < 1)$ determines the point above which preference is associated with knowledge of a dimension:

  $p_{i,a} > K \rightarrow k_{i,a} = 1$

Goods

We create a space of 8 types of goods, depending on whether each of the dimensions is present or not (2^3). Types of goods thus range from [0 0 0] (a basic good) to [1 1 1] (a complete one).

The presence of a dimension in a good comes with a price premium. We set x, x+10% and $x + 15\%$ as the premium for the presence of one, two and three characteristics on a given good. The price of a basic good being set at \$1, that of a complete one will then be \$(1+$x + 10\% + 5\%$). The supply for each type of good is fully elastic (there is no limit to the quantity that can be supplied at the price of a good, and consumers are price-takers).

Time-dynamics

At each time-step consumers have to purchase one unit of a type of good (which can be pictured as a weekly basket). They will aim for their most preferred good according to $p_{i,a}$ and $k_{i,a}$.

A consumer unable to purchase their preferred good due to an insufficient budget will settle for a sub-optimal one. For this, they will drop the dimension(s) for which they have the lowest preference and aim to buy the next relevant good.

Consumers who are able to purchase a given dimension accumulate experience fol-

lowing the rule of Leite et Teixeira (2012) :

$$E_{i,a}^{t} = \begin{cases} 1 - (t - \bar{t}_{i,a})^{-1}, & \text{if} \quad t > \bar{t}_{i,a} \\ \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{1.1}$$

Where $E_{i,a}^{t}$ is the amount of experience on characteristic a accumulated by consumer i up to the t-th time-step, and $\bar{t}_{i,a}$ is the time-step at which he or she first knowingly bought it.

Consumers interested in a given dimension but without knowledge of it ($H < p_{i,a} < K$) are unable to knowingly buy it[2]. They thus seek it from other consumers in their immediate network who have been able to purchase it, following:

$$Pr(k_{i,a}^{t} = 1) = \begin{cases} l \sum_{j_1}^{j_n} E_{j,a}^{t}, & \text{if} \quad l \sum_{j_1}^{j_n} E_{j,a}^{t} < 1 \\ \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{1.2}$$

Where $j_1, ..., j_n$ represent each of the nodes in i's immediate network, and l is an *experience spillover* parameter. Equations 1.1 and 1.2 imply that the more experience i's network gains on a given characteristic, the likelier it will be for i to gain knowledge of which goods contain it.

The reader will notice that preferences are fixed throughout the simulation. This

[2]The model allows for the possibility of unknowing pickups, whereby a sufficiently wealthy consumer buys a characteristic he or she has no knowledge of, in which case no experience is accumulated. In this, we do not restrict purchases of goods only to consumers with intention and knowledge of them.

means that all through our runs, only consumers whose preference on a given dimension was initially sufficiently high ($p_{i,a} > H$) will have the intention to buy, and that whether they do or not will depend on budget and knowledge considerations only. In this, the model can be seen as a snapshot in which neither preferences nor prices evolve, and diffusion takes place only through knowledge spreading[3].

Initial setup

We initially parametrise our model in the following way[4].

Fixed parameters

- $W = \$2$ (Consumers are endowed with between 1 and 2 dollars for their food purchases per unit of time)
- $H = 0.4$ (For any given dimension, 60% of consumers have the intention of purchasing it, whereas 40% don't)

Variable parameters

[3] A possible extension of our proposed framework would be to relax this assumption. A rich literature uses ABM to study the evolution of opinion (preference), and has the potential of producing interesting results when combined with our approach. See Deffuant *et al.* (2005); Huet *et al.* (2019); Butler *et al.* (2019b); Barbet (2019).

[4] The reader should be informed that the choice of values, which may seem strange at first sight, was done in order to facilitate manipulation. Therefore, we choose \$1 as a base price instead of the more common \$0 since it allows for a better grasping of percentual variations of price premiums. Likewise, choosing 0.42 or 0.81 for two of the parameters gives round values for our $1/3^{rd}$ variations.

– $l = 0.42$ (The knowledge spillover per time-step is of 42% of the experience accumulated by agents on a consumers' network)

– $S = 6$ (Consumers are connected on average to 6 others)

– $K = 0.81$ (81% of consumers do not have spontaneous knowledge of the goods containing each dimension. Only 19%—those with a very high preference of a dimension—do)

– $x = +33\%$ (Price premiums are of 33, 43 and 48% for the presence of 1, 2 and 3 characteristics in a good)

We run our model under this *baseline* setup in order to study the evolution of a number of indicators described in section 1.2.

Parameter modification

After testing our model under the baseline setup described above, we look at how variations in our chosen parameters affect its evolution. We modify each parameter individually by $\pm 1/3^{rd}$ ($\pm 33.3\%$), starting from the baseline situation. The direction chosen for each parameter is that which increases knowledge circulation and adoption: $+33.3\%$ for l and S, -33.3% for K and x.

The parameters we test allow us to assess how our model reacts to higher or lower knowledge circulation (l), larger or smaller networks (S), modifications in the price premiums (x), and a higher or lower knowledge threshold (K). In doing so, we study how *network-related* parameters (l and S) affect the model's dynamics, as opposed to *external* ones (x and K). With this, we seek to gain insight into how an increased social interaction

impacts purchases and the intention-behaviour gap, and compare it to the related effects of having external interventions such as subsidies, better labelling of characteristics or communication campaigns. Table 1.1 below sums up the different modifications tested. The full detail of results is shown on Table 1.6 in the Appendix.

		Parameters modified			
	Baseline	l	S	K	x
l	0.42	0.56	-	-	-
S	6	-	8	-	-
K	0.81	-	-	0.54	-
x	0.33	-	-	-	0.22

Table 1.1: Different parameters' modifications (±33.3% variations from baseline listed). Each parameter is modified either positively or negatively in the direction that favours knowledge circulation and purchases.

Observed Indicators

When studying the evolution of the model, we pay attention to a number of indicators, described in Table 1.2 below.

Indicator	Description
%know1D **%know2D** **%know3D**	the average percentage of consumers with knowledge of one, two or three of the dimensions
%buy1D **%buy2D** **%buy3D**	the average percentage of consumers actually purchasing one, two or three of the dimensions
%IKG	the average intention-knowledge gap per dimension
%IBG	the average intention-behaviour gap per dimension
%KBG	the average knowledge-behaviour gap per dimension

Table 1.2: Indicators used to analyse simulations.

IBG refers to the consumers (as a proportion of the total population) who have the intention to buy a dimension, yet fail to do so because of knowledge or budget limitations. IKG refers to how many have intention but do not have knowledge of a dimension, and KBG to how many have knowledge (and thus intention) but fail to buy because of budget limitations only. Other than IBG, these concepts are not drawn from the existing literature and can thus be seen as an addition. IKG, IBG and KBG are normalised to 100% to account for the fact that there are three dimensions.

There is a trivial relationship between the last three indicators, since the IBG is caused either by knowledge or by budget limitations (or both). Note however that KBG + IKG does not necessarily equate IBG because of the unknowing pickups we spoke about earlier.

For each configuration of parameters, we run the model 25 times during 80 time-steps (the time it normally takes for evolving indicators to stabilise). We look at indicators at time-steps 1 and 80.

1.3 Simulation results

Baseline setup

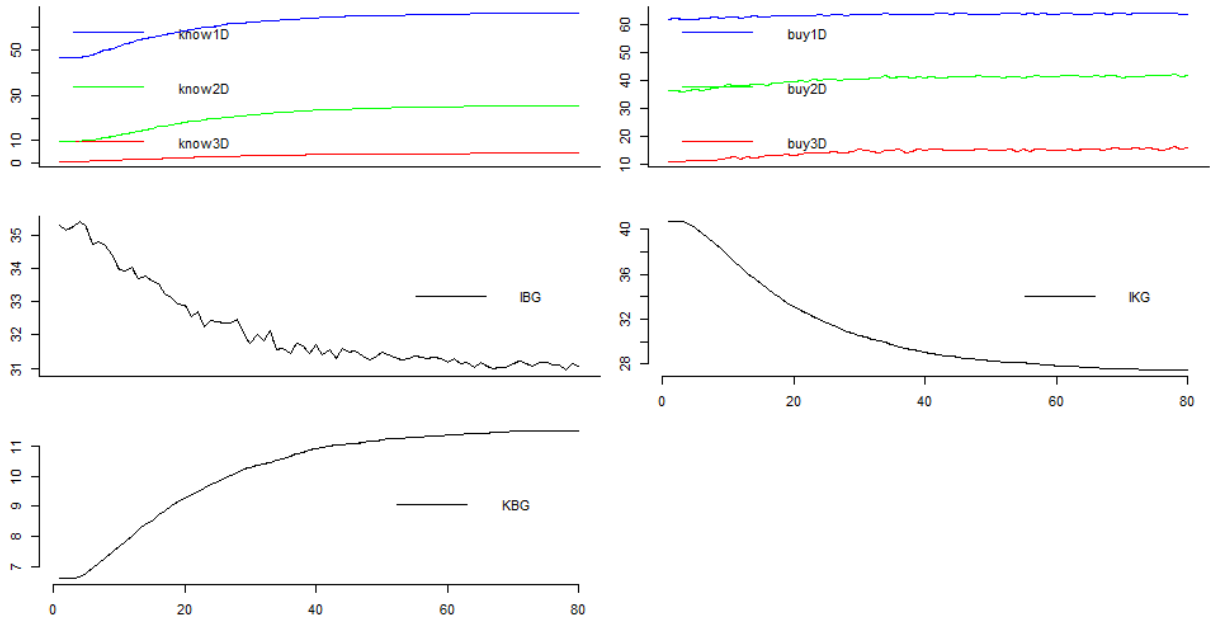


Figure 1.1: Evolution of main indicators (25 runs). The evolution of all indicators is S-shaped.

We first run the model on the basic setup we propose. Figure 1.1 above and Table 1.3 below synthesise the evolution of the main indicators of our virtual world. Left to itself, each indicator evolves towards a certain equilibrium, the main observations being:

– The evolution of indicators for knowledge, IBG, IKG and KBG, as well as (albeit less visibly) purchases shows an evolution producing S-shaped curves—a usual finding in

	$t = 1$	$t = 80$ ($\Delta_{t=1}$)
%know1D	46.51	66.55 (20.04)
%buy1D	61.59	63.58 (1.99)
%know2D	9.41	25.50 (16.90)
%buy2D	36.19	41.63 (5.44)
%know3D	0.72	4.39 (3.67)
%buy3D	10.88	15.71 (4.83)
%IKG	40.70	27.44 (−13.26)
%IBG	35.28	31.08 (-4.21)
%KBG	6.6	11.52 (4.92)

Table 1.3: Indicators on baseline setup, 25 runs (in brackets, change from $t = 1$). Knowledge availability increases for 1, 2 and 3 dimensions, as do purchases. IKG and IBG go down, KBG goes up.

innovation diffusion studies. This is not entirely unexpected since we built our model on the basis of a preexisting one that already showed these features. Still, since the majority of indicators (IBG, IKG, KBG) are new constructions, this is a relevant finding.

– Both knowledge and purchases of one (blue), two (green) and three (red) dimensions increase. Since neither prices nor preferences vary, this means that *word-of-mouth*-type information is circulated and helps consumers identify the dimensions they look for. Increases in actual purchases are purely the result of knowledge gains.

– Knowledge of at least one dimension moves from being available to less than 46.51% of the population initially, to 66.55% by $t = 80$, an increase of 20.04%. This means that two-thirds of our consumers are able to identify at least one characteristic in a product

containing it by the time the simulations stabilise. Knowledge of two and three dimensions also increase, the proportion of consumers able to identify all three dimensions reaching 4,39% by the end of baseline simulations.

– Purchases also evolve, as can be gathered from inspecting Figure 1.1 and Table 1.3. Since neither prices nor preferences evolve, all increases in purchases can be attributed to knowledge gains, and they are more pronounced for consumers buying 2 or 3 dimensions than for those buying one alone.

– The IKG drops from 40.60% to 27.44% over the course of the simulations.

– The IBG also drops, though its fall is more moderate, moving from 35.28% to 31.07%.

– The KBG nearly doubles, to 11.52%. This, because gains in knowledge place an increasing number of consumers in a situation of incapacity due to price premiums.

These initial results open up a number of issues. As stated earlier, we know that consumers currently declare lack of knowledge as an important limiting factor in their food purchases. In the reality of our model, we expect knowledge to disseminate by itself to an important proportion of the population (a result already observed, under certain circumstances in earlier works by Rouchier *et al.* (2014)). We'll see however, that certain parameter modifications produce stronger knowledge gains.

The observed increase in knowledge translates as changes in purchases in what is perhaps the most interesting finding of the model: **the proportion of consumers buying one of the dimensions shows little change, whereas that of consumers buying two or three increases more perceptibly**. The increase in the percetage of consumers buying 1 charac-

teristic is of 1.99%, compared to about 5% for 2 and 3 characteristics. This, despite the fact that increases in knowledge are *decreasing* in the number of dimensions (20.04% for 1, 16.90% for 2 and 3.67% for 3). This is possibly explained by both probabilities and by a trickling effect as described in Section 1.4. At any rate, it is not something we expected *ex ante* when building the model, and provides with an interesting emergent property of the model. We get back to this in the next sections.

The last three indicators provide with more aggregate information. What we see is an important shift from high to low IKG, and a corresponding inverse for KBG. This means that our model has an important proportion of consumers moving from intention-without-knowledge to knowledge-without-budget situations. Nonetheless, the reduction seen for the IBG indicates that a relevant part of the gains in knowledge translate as gains in consumption.

Parameter modification

We look in some detail at the values of our different indicators. Table 1.6 in the Appendix, shows that:

- All parameters modified (l, S, K, x) have an impact on knowledge indicators (**%know1D**, **%know2D**, **%know3D**) when compared to initial baseline results.
- Parameters' influence on purchase indicators (**%buy1D**, **%buy2D**, **%buy3D**) is also important, **particularly when purchases of more than one characteristic are considered**, thus providing a confirmation of the result described above.

- All gap indicators (**IKG**, **IBG**, **KBG**) are substantially modified for all parameters, implying that:

  $\Longrightarrow$ Knowledge of characteristics effectively circulates reaching a wider proportion of individuals who seek it (thus reducing the intention-knowledge gap).

  $\Longrightarrow$ Higher knowledge availability increases both the number of people with knowledge who are able to buy (thus reducing the intention-behaviour gap) *and* of those who are unable to (increasing the knowledge-behaviour gap). This, since the extra knowledge will favour purchases only of those with sufficient budget.

- Variations in l and S do not imply a significant difference at time-step 1 when compared with the baseline, meaning that differences in final results are the result of time-based dynamics. Variations in K and x —which create important differences in initial knowledge and purchase capacity—significantly alter indicators at $t = 1$ making comparison of results at $t = 80$ more complex. In the next subsections we look at these in more detail.

Network-relevant parameters (l and S).

The modification of each l and S —which we have called *network-relevant*—produce significant results, although knowledge of dimensions by time-step 80 is higher for changes in l, thus giving it a lower intention-knowledge gap. This increased knowledge when l is modified translates also as better results for each of the different indicators, including purchases, intention-behaviour and knowledge-behaviour gap. For purposes of illustration,

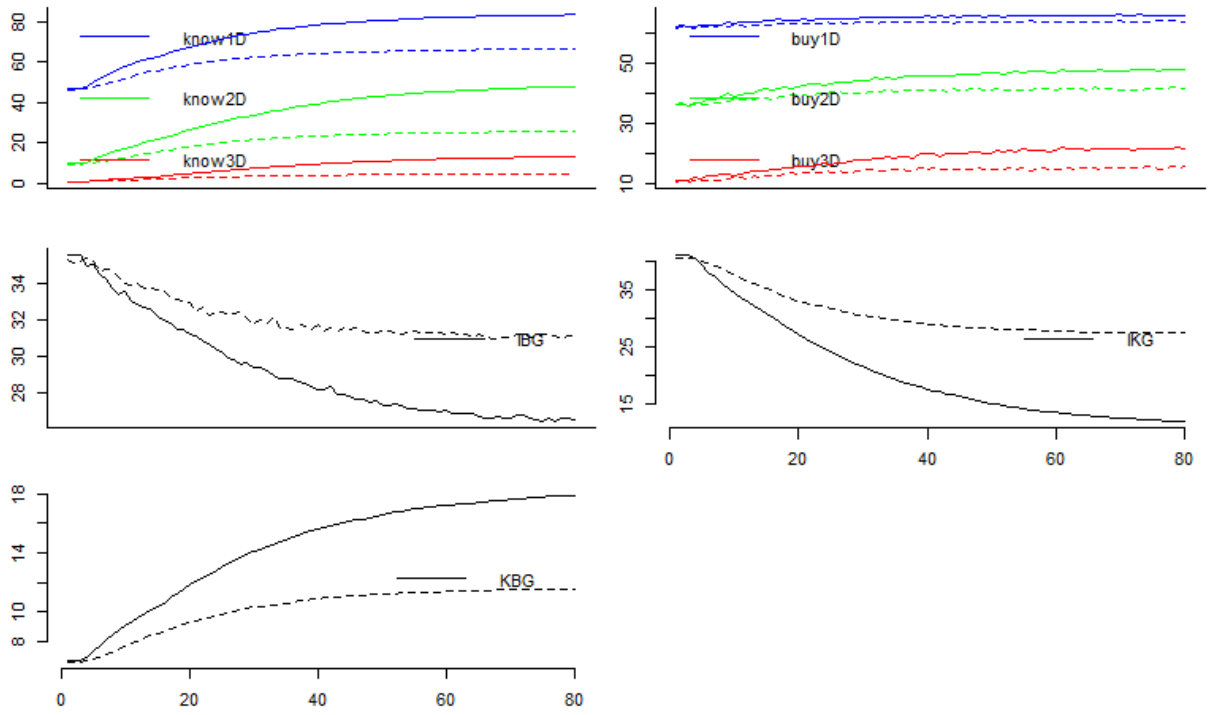


Figure 1.2: Evolution of main indicators (25 runs). Dashed lines correspond to baseline setup, continuous ones to the parameter l modified by +33%.

Figure 1.2 shows the difference between baseline and a modified l.The results for l and S at $t = 80$ are shown on Table 1.4.

Table 1.4 confirms what we had discussed above: gains in purchases increase as more dimensions are considered, overproportionately to the knowledge gains.

Knowledge threshold and price premiums.

Giving easier initial access to knowledge of the dimensions as well as reducing the price premium distorts the departure point of simulations. This is summarised on the left side of Table 1.5, where we see that a modified K greatly increases initial knowledge *and* purchases, and that x increases initial purchases. The results at $t = 80$ are reinforced. The shift is also visible in Figure 1.3. Also of interest is that the IKG and KBG reach their

	$t = 80$ (Δ_{baseline})		
	base	l	S
%know1D	66.55	83.64 (17.09)	80.52 (13.97)
%buy1D	63.58	65.88 (2.30)	64.81 (1.23)
%know2D	25.50	47.95 (22.45)	43.10 (17.60)
%buy2D	41.63	47.61 (5.98)	45.43 (3.80)
%know3D	4.39	13.03 (8.64)	10.81 (6.42)
%buy3D	15.71	21.54 (5.83)	19.62 (3.91)
%IKG	27.44	11.96 (−15.48)	14.87 (−12.57)
%IBG	31.07	26.48 (−4.59)	27.70 (−3.37)
%KBG	11.52	17.88 (6.36)	16.99 (5.47)

Table 1.4: Indicators at $t = 80$ for +33% modifications of parameters l and S (in brackets, changes from baseline). Compared to baseline, both parameters have a significant impact on all indicators studied.

most extreme values when modifying K, and that purchases of three dimensions seem to depend more on knowledge than on price premiums—meaning that complete goods will be favoured by information more than prices. This is much in line with results for l and S on Subsection 1.3.

Lower price premiums also affect the baseline situation from the start, by facilitating purchases at $t = 1$, although their effect on initial knowledge is minimal. Nonetheless, by $t = 80$ the higher purchases have strongly encouraged knowledge diffusion—and in turn purchase—thus improving all indicators when compared to baseline.

	$t=1$ (Δ_{baseline})			$t=80$ (Δ_{baseline})		
	base	K	x	base	K	x
%know1D	46.51	84.36	47.09	66.55	91.49	78.97
		(37.85)	(0.58)		(24.94)	(12.42)
%buy1D	61.59	65.53	72.80	63.58	66.32	76.5
		(3.94)	(11.21)		(2.74)	(12.92)
%know2D	9.41	43.49	10.07	25.5	59.44	40.27
		(34.08)	(0.66)		(33.94)	(14.77)
%buy2D	36.19	46.29	43.72	41.63	49.50	54.65
		(10.10)	(7.53)		(7.87)	(13.02)
%know3D	0.72	9.6	0.78	4.39	18.12	9.07
		(8.88)	(0.06)		(13.73)	(4.68)
%buy3D	10.88	20.61	13.16	15.71	24.87	23.39
		(9.73)	(2.28)		(9.16)	(7.68)
%IKG	40.70	14.12	41	27.44	3.58	17.54
		(−26.58)	(0.30)		(−23.86)	(−9.90)
%IBG	35.28	27.22	31.10	31.07	24.04	22.21
		(−8.06)	(−4.18)		(−7.03)	(−8.86)
%KBG	6.60	16.96	4.59	11.52	21.52	10.8
		(10.36)	(−2.01)		(10.00)	(−0.72)

Table 1.5: Indicators at $t = 1$ & $t = 80$ for -33% modifications of parameters K and s (in brackets, changes from baseline). Indicators at $t = 1$ are strongly modified, making comparisons at $t = 80$ more complex.

1.4 Concluding remarks

Our work is an effort to use the innovation diffusion framework to study sustainable consumption of (food) products. For this, we have expanded an existing model to include a measure of intention-behaviour gap (caused by price premiums and lacks of knowledge) and the multi-dimensionality that characterises food consumption. We work on three dimensions of characteristics, which can be interpreted as being how healthy, environmentally sustainable and socially fair food purchases are.

We first observe that knowledge of characteristics diffuse throughout the simulations regardless of the parameter setup chosen, and that this causes an increase in purchases of

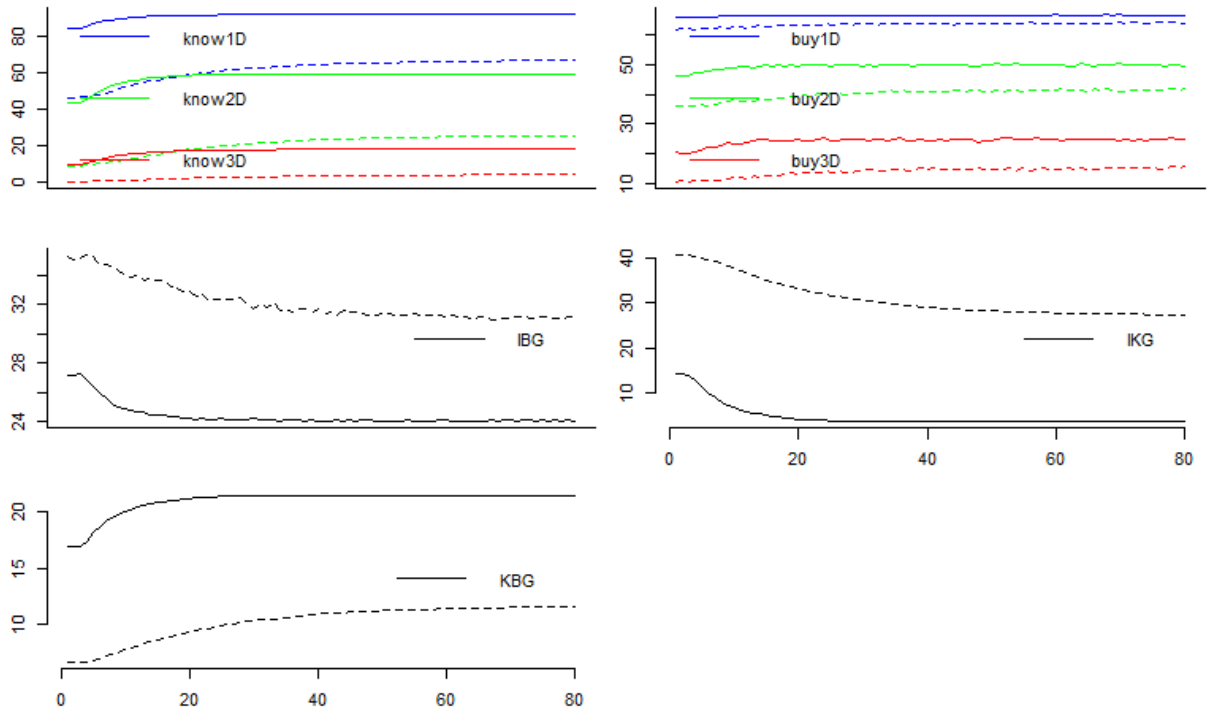


Figure 1.3: Evolution of main indicators (25 runs). Dashed lines correspond to baseline setup, continuous ones to the parameter K modified by +33%. The process is shifted right from the beginning.

sustainable goods and a reduction in the intention-behaviour gap faced by individuals. In other words, the accumulation of experience and knowledge of sustainable consumption by certain agents creates a shift towards a larger adoption of such practices in the society, and social interaction can be behind reductions in the observed intention-behaviour gap. As it has been noted that "cultural factors are perhaps the most powerful determinants of which food we consume" (Prescott et Bell, 1995, cited in Béné *et al.*, 2019a), this feature of the model is interesting in terms of its relationship to a real-world phenomenon.

We also see that the modification of certain parameters that affect the dynamics of the network (knowledge spillovers and network density) further reinforce the diffusion of knowledge, the increase in purchases and the reduction of the intention-behaviour gap. This means that societies where interaction on the topic of sustainable consumption is more

prevalent, should move quicker towards a widespread adoption of sustainable practices. Conversely, external interventions (modifying the price premiums or the level of knowledge available) tend to produce shifts in the dynamics right from the start, though their effect on the evolution of indicators is lesser.

The most interesting result in our view is that the increase in purchases of additional characteristics is directly proportional to the number of characteristics considered, whereas the increase in knowledge is inversely proportional. In other words, gains in knowledge of characteristics translates into higher purchases when more dimensions are considered. The implications of this are substantial: social interaction and the exchange of knowledge is a more strong determinant of purchases for increasingly complex goods—such as is the case with sustainable food. Given the inherent complexity of sustainable food products, their adoption by a larger proportion of the population will be strongly dependent on how social interaction is exploited in that sense. As Carroll et Fahy has put it, contemporary shopping practices are socially situated activities, to which we add that the more complex the practice, the more socially dependent it will be. Reductions in the intention-behaviour gap will benefit from interaction when an increasing number of dimensions are considered.

Although we did not *ex ante* expect this result, we have identified one reasons why it may appear, which we attribute to probabilities: the chances of unknowingly purchasing a good will be lower for consumers seeking a larger number of characteristics. Purchases of several dimensions of sustainability will thus be more dependent on the information consumers can gather from their social networks than for those seeking to buy only one (or none).

When modifying parameters, we get further insights into these dynamics. What we see is, first and foremost, a process in which parameters' variations can have important effects on the resulting values of our indicators. We observe that the effect of higher knowledge spillovers and of network degree is, in some respects, as important as that of initial knowledge availability and price premiums. This is an encouraging result, since it can be argued that *network-relevant* parameters relate to cheaper interventions (creation of discussion forums, other forms of gatherings around food issues) than their knowledge and price premium counterparts (which can be conceived of as messages in the sense proposed by Rogers (2002) or production subsidies). The policy implications of this are important.

In terms of future work, the first avenue we identify is the need to validate our working hypotheses (**H1-H2**, Section 1.1), to better understand how knowledge of health, environmental and social dimensions in food is held by different actors, and how to more realistically describe its dissemination. It would be welcome to see surveys and field work to put these hypotheses to test and understand how interest is related to knowledge of dimensions, how this knowledge circulates within social groups influencing purchases, and the extent to which we can claim that mental representations of each of these characteristics is common to all individuals. Moreover, empirical work on our model's results, in particular with respect to social interaction being a stronger determinant of purchases of increasingly complex goods would be an interesting endeavour. From a modelling point of view, it would be interesting to explore these results analytically, as well as to generalise to n dimensions of characteristics. Our emerging property of a disproportional influence of knowledge dissemination for a higher number of dimensions is worth further exploration

and a generalisation to more dimensions. The model also contains a number of assumptions that could be relaxed in order to increase its *descriptive* realism, such as fixed preferences throughout the simulations, absence of contrarians or negative influencers, fixed price premiums, etc. Checking how it responds to modifications in these would also be a welcome effort.

The main conclusion our model seems to bring forward is that creating instances of reflection and sharing around the topic of food can be *per se* a driving force towards a consumption that is respectful of environment, society and health. This, we believe, is a notion worth exploring further.

Appendix: Full table of results

			Modified parameters (Δ_{baseline})			
		baseline	l	S	K	x
$t = 1$	**%know1D**	46.51	46.76 (0.25)	45.62 (-0.89)	84.36 (37.85)	47.09 (0.58)
	%buy1D	61.59	62.16 (0.57)	61.61 (0.02)	65.53 (3.94)	72.80 (11.21)
	%know2D	9.41	9.56 (0.15)	9.42 (0.01)	43.49 (34.08)	10.07 (0.66)
	%buy2D	36.19	36.49 (0.30)	35.84 (-0.35)	46.29 (10.10)	43.72 (7.53)
	%know3D	0.72	0.72 (0)	0.54 (0.18)	9.60 (8.88)	0.78 (0.06)
	%buy3D	10.88	11.35 (0.47)	10.58 (-0.3)	20.61 (9.73)	13.16 (2.28)
	%IKG	40.70	41.15 (0.45)	41.14 (0.44)	14.12 (-26.58)	41.00 (0.30)
	%IBG	35.28	35.55 (0.27)	35.40 (0.12)	27.22 (-8.06)	31.10 (-4.18)
	%KBG	6.60	6.67 (0.07)	6.37 (-0.23)	16.96 (10.36)	4.59 (-2.01)
$t = 80$	**%know1D**	66.55	83.64 (17.09)	80.52 (13.97)	91.49 (24.94)	78.97 (12.42)
	%buy1D	63.58	65.88 (2.30)	64.81 (1.23)	66.32 (2.74)	76.5 (12.92)
	%know2D	25.5	47.95 (22.45)	43.1 (17.60)	59.44 (33.94)	40.27 (14.77)
	%buy2D	41.63	47.61 (5.98)	45.43 (3.80)	49.50 (7.87)	54.65 (13.12)
	%know3D	4.39	13.03 (8.64)	10.81 (6.42)	18.12 (13.73)	9.07 (4.68)
	%buy3D	15.71	21.54 (5.83)	19.62 (3.91)	24.87 (9.16)	23.39 (7.68)
	%IKG	27.44	11.96 (-15.48)	14.87 (-12.57)	3.58 (-23.86)	17.54 (-9.90)
	%IBG	31.07	26.48 (-4.59)	27.7 (-3.37)	24.04 (-7.03)	22.21 (-8.86)
	%KBG	11.52	17.88 (6.36)	16.99 (5.47)	21.52 (10.00)	10.8 (-0.72)

Table 1.6: Baseline results and different parameters modified by 33.3% at $t = 1$ & $t = 80$, 25 runs per setup (in brackets, change from baseline).

Annexe au chapitre 1 : The diffusion of goods with multiple characteristics and price premiums: an agent-based model

Lopez-Merino and Rouchier
Applied Network Science (2022) 7:11
https://doi.org/10.1007/s41109-022-00447-1

Applied Network Science

RESEARCH Open Access

The diffusion of goods with multiple characteristics and price premiums: an agent-based model

Pedro Lopez-Merino[1,2,3*] and Juliette Rouchier[1]

*Correspondence:
p.lopez-merino@dauphine.eu
[3] Agence de la transition écologique (ADEME), 20 Avenue du Grésillé, 49004 Angers Cedex 01, France
Full list of author information is available at the end of the article

Abstract

According to innovation diffusion theories, the adoption of a new product is the result of a dynamic process whereby individuals become likelier to adopt as others do. Agent-based modelling has emerged as a useful technique to model and study processes of innovation diffusion within artificial societies, as it allows to easily programme and simulate the interaction of multiple agents among them and with their environment. Despite a large body of literature dealing with innovation of diffusions, including the use of agent-based modelling, there has been little to no consideration of two elements that are important features of consumption: the presence of multiple characteristics of goods, and that of price-premiums on the presence of added characteristics. We propose an agent-based model of the diffusion of such goods, and study its emerging properties when compared to standard ones. Our goal is to try and understand how social interaction affects the consumption of goods that are complex rather than uni-dimensional, and whose prices depend on the number of dimensions (characteristics) that are present. Testing the model for different parameters shows that as goods become more complex, social interaction becomes an increasingly important explanatory variable for purchases. This opens up interesting avenues of discussion for those seeking to bring together innovation diffusion theories and goods' complexity, and can be linked with a number of issues in the social and sustainability sciences.

Keywords: Agent-based modelling, Innovation diffusion, Lancaster goods, Threshold models, Price premiums

Introduction and state of the art

The academic study of innovation diffusions, traditionally considered as beginning with Roger's 1962 *Diffusion of Innovations*, has long been used to analyse and describe the market penetration of new product releases, most notably that of new technologies. It builds on the simple observation that individuals are influenced by their peers on the decisions they make, and that successful products often evolve from being the fad of a few early adopters, to reaching an important proportion of the population. For decades now, scholars have built models that seek to reflect the theoretical and empirical findings of the innovation diffusion's literature, starting with analytical works by Bass (1969) and Granovetter (1978). In the past 20 years, agent-based modelling has emerged as a useful

Springer Open

© The Author(s) 2022. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

Abstract

According to innovation diffusion theories, the adoption of a new product is the result of a dynamic process whereby individuals become likelier to adopt as others do. Agent-based modelling has emerged as a useful technique to model and study processes of innovation diffusion within artificial societies, as it allows to easily programme and simulate the interaction of multiple agents among them and with their environment. Despite a large body of literature dealing with innovation of diffusions, including the use of agent-based modelling, there has been little to no consideration of two elements that are important features of consumption: the presence of multiple characteristics of goods, and that of price-premiums on the presence of added characteristics. We propose an agent-based model of the diffusion such goods, and study its emerging properties when compared to standard ones. Our goal is to try and understand how social interaction affects the consumption of goods that are complex rather than uni-dimensional, and whose prices depend on the number of dimensions (characteristics) that are present. Testing the model for different parameters shows that as goods become more complex, social interaction becomes an increasingly important explanatory variable for purchases. This opens up interesting avenues of discussion for those seeking to bring together innovation diffusion theories and goods' complexity, and can be linked with a number of issues in the social and sustainability sciences.

Keywords: Agent-based modelling, Innovation diffusion, Lancaster goods, Threshold models, price premiums

1.5 Introduction and state of the art

The academic study of innovation diffusions, traditionally considered as beginning with Roger's 1962 *Diffusion of Innovations*, has long been used to analyse and describe the market penetration of new product releases, most notably that of new technologies. It builds on the simple observation that individuals are influenced by their peers on the decisions they make, and that successful products often evolve from being the fad of a few early adopters, to reaching an important proportion of the population. For decades now, scholars have built models that seek to reflect the theoretical and empirical findings of the innovation diffusion's literature, starting with analytical works by Bass (1969) and

Granovetter (1978). In the past 20 years, agent-based modelling has emerged as a useful technique that can help overcoming certain limitations of aggregate models (Kaufmann *et al.*, 2009), deemed as too analytical and unable to capture heterogeneity and the complex dynamics of social processes that shape diffusion (Kiesling *et al.*, 2012). Simulators have produced a variety of models that seek to recreate the main observed properties of innovation diffusion processes in order to study how they respond to different variations in their conditions.

Two issues have, to the best of our knowledge, been absent from the modelling of innovation diffusions' literature: the characterisation of goods as being multi-dimensional (Lancaster, 1966; Rosen, 1974)[1], and price differences on the presence or absence of these different dimensions[2]. This lack of consideration of multidimensionality and price premiums is particularly striking when compared to the study of how network structure affects diffusion, which has received the lion's share of scholars' attention[3]). Our model is an effort to compensate this lack of balance, particularly since multi-characteristic consumption is an already well-established feature of economic theories (Lancaster, 1966; Rosen, 1974). Moreover, the present study was conceived within the context of a larger project on food sustainability issues, where the of complexity of goods and price premiums are

[1]The following query on the Web of Science performed in September 2021 produces only three results, of which none is pertinent for consumption: `TS=((sustainab*) AND ("innovation diffusion" OR "innovations diffusion" OR "diffusion of innovation") AND (simulation OR agent-based OR modelling OR modeling) AND (multidimension* OR multi-dimension* OR "multiple dimensions"))`

[2]An equivalent search where the last item is replaced by `("price premiums" OR "price differenc*")` does not yield any results at all

[3]Conversely, in the field of opinion diffusion—where issues of convergence, divergence and polarisation are studied—multidimensionality has been more widely studied, starting from (Axelrod, 1997)'s seminal work on the development of "culture", to more recent work on influence and learning (Rouchier et Tanimura, 2012), worldviews (Huet *et al.*, 2019) and interdependent topics (Ye *et al.*, 2018).

well-established features (Aschemann-Witzel et Zielke, 2017; Jackson, 2005).

With these elements in mind, we built a model that conceives consumption of each of these dimensions as being part of a dynamic process of social diffusion. The model belongs to the class of *network threshold models* (Watts et Dodds, 2009), as first conceptualised by Granovetter (1978) and Granovetter et Soong (1983, 1986). In these, the action of an individual (in Granovetter's early example, deciding to join a riot) is binary, and depends on whether the proportion of others who act has reached or not a given threshold. Earlier versions of threshold models have been expanded in order to account for the heterogeneity of individuals and different network topologies (Delre *et al.*, 2007). These have been used to recreate and study the diffusion of innovations (Pegoretti *et al.*, 2012; Young, 2009), analysing how cascade-like phenomena of adoption happen within societies. We extend them to include several characteristics of goods, whereby diffusion happens with regards to each one of them. As our model is inspired by issues of sustainable consumption, one can think of consumers adopting low plastic packaging, locally-sourced, organic, fairly traded, or any such dimensions of sustainability, all of which come with a higher price-tag attached. The intention to adopt a characteristic depends therefore on the proportion of others within a consumer's network that have previously adopted.

Our model—whose description and implementation are given on Section 1.6—is an extension of one previously presented (López-Merino et Rouchier, 2021). The main concepts behind it are (i) that adoption of a given characteristic is the combined result of a consumer's intention to buy it and his or her budget ability to do so, and (ii) that intention on the said characteristic is formed through the observation of the level of adoption in the

consumer's more or less immediate network.

We expand the aforementioned model and analysis in three main ways. First, we include a formalised and standardised description of it, in order to ensure transparency, ease of understanding and replicability. For this, we use the "Overview, Design concepts and Details" (ODD) protocol (Grimm *et al.*, 2010, 2006; Müller *et al.*, 2013). Second, we remove the focus on the *intention-behaviour gap* on which the previous work was centred, and work purely on the dynamics of adoption and diffusion, to shed light on how the consumption of multiple dimensions is increasingly dependent on social interaction. Third, and in order to add robustness to our analysis, we include an econometric regression and graphical presentation of results. Finally, we include an analytical exploration of our model's equations and results.

Our overarching interest is to study how the addition of extra dimensions to diffusion models and the explicit inclusion of price premiums on them can produce new results worthy of further exploration. **In particular, we look at whether the influence of social dynamics on the purchase of combined characteristics is a function of the number of characteristics considered**. We show that the importance of the influence of other's adoption on an agent's purchases increases as the number of characteristics is expanded. We evaluate this further by changing certain parameters within the model, which provides an additional confirmation of our results. This is arguably a novel result that could be of interest for analysts of social dynamics.

We have structured the remainder of the article in the following way: We first introduce

the model using the ODD approach (Grimm *et al.*, 2010, 2006)[4]. The results emerging from our model are later shown graphically and by means of econometric analyses, as well as by an analytical exploration of the model's equations. We then finish with conclusions and work ahead.

1.6 Model description

Overview

General purpose, entities, state variables and process.

Purpose

This model was conceived as a theoretical abstraction (Boero et Squazzoni, 2005) in order to explore questions related to the diffusion of purchases of multi-dimensional goods within a human network. It uses and expands the *innovation diffusion* framework. Theoretical, empirical and modelling work has been done over the past few decades on how innovations become adopted in societies (or fail to do so), and has consistently described S-shaped curves as characterising the process of diffusion—the result of network economies and social influence.

Our model belongs to the class of *network threshold models*, whereby an agent whose network (immediate or otherwise) reaches a given proportion of adoptees automatically adopts. Although an obvious simplification of reality, these models have a number of

[4]We draw also from Müller *et al.*'s 2013 extension for agent-based models with human decisions (ODD + D), although the simplicity of our decision-making mechanism makes it unnecessary to use all of its items.

advantages in terms of fitting theoretical and empirical findings relating to the diffusion of innovations (Watts et Dodds, 2009).

We seek to study an emerging property that comes out of this, and how it can inform theoretical and empirical work. Namely, we test how purchases are dependent on social interaction as more dimensions of characteristics are included. As the complexity of goods increases, it is natural to wonder what factors can move consumers towards adopting a multiple array of characteristics—and we pose that social interaction is an increasing determinant of this.

Entities, state variables and scales

There are three types of entities in the model: consumers, goods and links. The model is run on a number of parameters that are set before starting a simulation. Tables 1.7, 1.8, 1.9 and 1.10 describe the entities with their main related variables as well as the parameters.

Table 1.10: Model's parameters and their description.

Parameter	**Description**
n_c	Number of consumer agents
n_d	Number of dimensions. This determines the number of characteristics goods can have and that consumers can purchase

ι Proportion of consumers with intention at $t = 0$. The model is preset so that a given proportion of consumers has the intention to purchase a characteristic right from the outset (they can be seen as the *early adopters* of the innovation diffusion literature).

ρ Random consumer links. Consumers are linked to their immediate neighbours in a circle lattice, following a regular-small world algorithm (Watts et Strogatz, 1998). ρ defines the average number of additional L_c in the lattice.

d Distance of influence. Consumers are influenced by their more or less immediate network according to the value of this parameter. A value of 1 means that only a consumer's direct links are taken into account

τ Influence threshold. A consumer with $I_{i,a} = 0$ on a given dimension a is likely to change this variable to $I_{i,a} = 1$ once a proportion τ of M_i has reached $A_{j,a} = 1$

κ Probability of influence. A consumer i whose $\vec{J}_i$ reaches a given threshold of adoption regarding a goods' characteristic a will modify its $I_{i,a}$ with a given probability $\kappa \in [0, 1]$

π Price premium. The higher price paid by consumers adopting a good containing one or more characteristics. It is defined as a percent value to be added on each additional characteristic present ($\pi \in [0, 1]$)

t^{max} The duration of a simulation run. This time is fixed so as to ensure that all S-shaped curves of diffusion reach an equilibrium

Spatial considerations are not explicitly considered in the model.

Table 1.7: Consumer variables, their description and type.

Variable	Description	Type
w_i	Budget. Each consumer i is endowed randomly with an individual budget, reacquired at each time-step	Exogenous-continuous
$\vec{I_i}$	Intention. The set of intentions to purchase each of the characteristics of a given consumer i, the result of a dynamic process (written $I_{i,a}$ to denote intention on a single characteristic a)	Endogenous-binary-vector
$\vec{B_i}$	Purchase. The set of characteristics a consumer i actually purchases at a given time-step, with or without intention for each (written $B_{i,a}$ to denote purchase of a single characteristic a).	Endogenous-binary-vector
$\vec{A_i}$	Adoption. The set of characteristics a consumer i adopts, related to $\vec{I_i}$ and w_i (written $A_{i,a}$ to denote purchase of a single characteristic a)	Endogenous-binary-vector
$\vec{J_i}$	The *network of influence* of an agent i, defined as the set of agents in i's vicinity whose distance falls within the d parameter. Each agent in $\vec{J_i}$ is denoted by the letter j	Exogenous

Table 1.8: Goods' variables, description and type.

Variable	Description	Type
$\vec{C_g}$	Characteristics. The set of characteristics a good g has (written $C_{g,a}$ to denote a single characteristic a)	Exogenous-binary-vector
p_g	Price. The cost of purchasing a given good g, defined as a function of the number of 1s in $\vec{C_g}$	Exogenous-discrete

Table 1.9: Types of links.

Variable	Description	Type
L_c	Consumer links. The links between a consumer and other ones in the network. Can be more or less randomly defined	Exogenous
M_i	The number of nodes in a consumer's $\vec{J_i}$	Endogenous
L_b	Purchase links. Created between consumers and goods at every time-step according to a rule described in Subsection 1.6	Endogenous

Our model being largely a theoretical abstraction, we choose parameters' values so as to produce diffusion curves that stabilise within a relatively short time span ($t^{max} = 50$). We do not strictly define what a time-step represents. Since the model is inspired by the notion of sustainable food purchases, however, a step of time and its corresponding

purchase can be imagined as a weekly basket of items that cannot be avoided.

Process

Consumers face 2^{n_d} types of goods, as each one can have or not any of the n_d characteristics available (for $n_d = 1$, there are two goods: the one that has the existing characteristic and the one that doesn't). There is no difficulty in identifying a good or in purchasing it other than that created by π. Consumers *have* to purchase a unit of good at each time-step, represented in the model through the creation of one L_b between the consumer and a good. The chosen good will depend on the consumer's own $\vec{I_i}$ and w_i, as well as on an element of randomness for any characteristic a where $I_{i,a} = 0$. The consumers' individual algorithm at each time-step (intention formation and purchase) can be described as follows, with its corresponding flowchart on the following page:

Algorithm 1 Intention formation and purchase for consumer i at every time-step

START
procedure INTENTION FORMATION
  $a \longleftarrow 1$
  while $a <= n_d$ **do**
    if $I_{i,a}^t = 0 \wedge \sum_{j_1}^{j_m} A_{j,a}^{t-1}/M_i > \tau$ **then**
      Set $I_{i,a}^t = 1$
    end if
    Make $a = a + 1$
  end while
end procedure

procedure PURCHASE
  Delete existing L_b
  $\vec{Int} \longleftarrow \vec{I_i^t}$
  while No new L_b has been created **do**
    Randomly select one good with $\vec{C_g} = \vec{Int}$, name it $g*$
    if $w_i \geq p_{g*}$ **then**
      Create L_b with $g*$
    else
      Randomly select one dimension of $\vec{Int}$ equal to one and change it to zero
    end if
  end while
end procedure
END

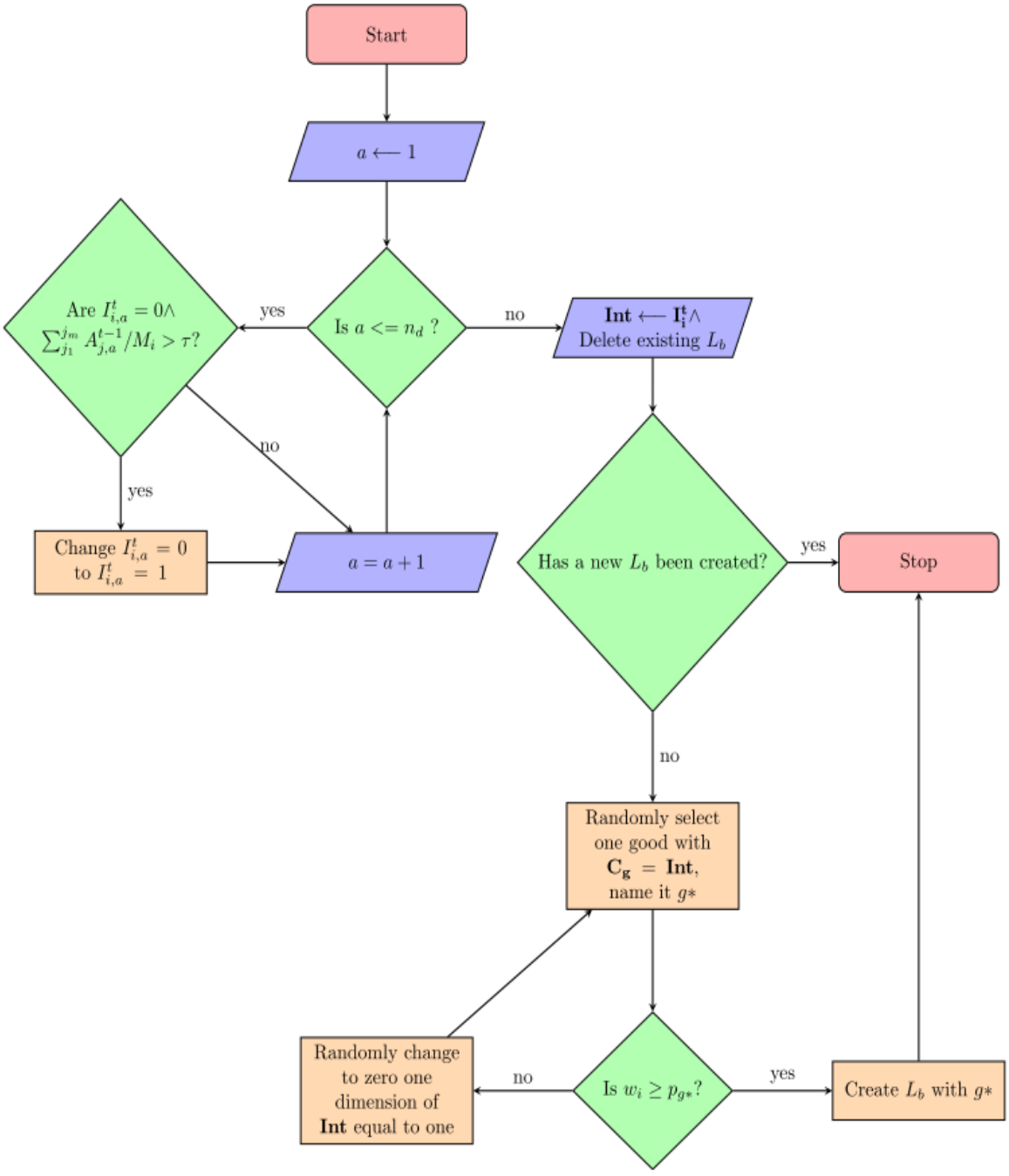


Figure 1.4: A Consumer's individual intention formation and purchase.

It should be noticed that the goods that do not contain any characteristics ($C_g = \vec{0}$) can be purchased by all consumers, and so the algorithm always comes to an end. A consumer purchasing a good costing less than the consumer's w_i does not save any money, and w_i

is reset to its same value at each time-step. Borrowing to purchase an expensive good is not allowed either. Note also that characteristics are independent from one another from a consumer's point of view, and so having intention on one of them does not imply having it on the other.

The equations underlying the algorithm are shown on Subsection 1.4.

Design Concepts

Basic principles, individual decision-making, learning, collectives, heterogeneity, stochasticity and observation & emergence.

Basic principles

We use a basic threshold model of innovation diffusion, and expand it to multiple characteristics. Despite its simplicity, the diffusion of purchases in our model is less straightforward than in traditional threshold models: a consumer will not automatically adopt once a threshold is reached on a dimension a, but will develop an intention ($I_{i,a}$) to do so. $I_{i,a} = 1$ with a corresponding w_i availability will thus translate as $A_{i,a} = 1$. A purchase can happen without a corresponding adoption, as a consumer with enough budget may purchase a good containing a characteristic for which he or she is not necessarily interested in.

Although characteristics are not interdependent *per se* (neither in the case of goods nor for consumers' intentions), they are subject to a common w_i constraint, and in this may

have to be arbitrated by consumers with a limited w_i and more than one $I_{i,a} = 1$. In the example of sustainable food consumption, this can be pictured as a person wanting to purchase plastic-free, locally-sourced, organic and fair-trade, and yet being unable to satisfy all four due to budget issues (the arbitration in our model is done randomly, which precludes the possibility of a consumer having a higher *preference* on one or the other of the dimensions).

Individual Decision-Making

The decision-making process of individuals is exceedingly simple. They chose a good at each time-step, related to their intention and budget as has already been described. There's no particular rationality other than the fact that they have to purchase a unit of a good (in economic terms, the demand for a unit of a good per time-step is perfectly inelastic). Decisions are chiefly the outcome of a process of social influence, as the intention to adopt a given dimension is related to the proportion of consumers who have adopted it in the consumer's network of influence. In this, adoption can be seen as a cultural phenomena, which also has a counterpart in the consumption of food.

Learning, Sensing and Prediction

A consumer i with a sufficient level of w_i can randomly purchase a good with a characteristic a while $I_{i,a} = 0$ (much like a person in the supermarket may purchase an eco-labelled coffee without caring for it), although such a consumer is not considered as having changed its adoption. In this, only consumers with a formed intention can be considered as being

able to *sense* a dimension, thus consisting of the only learning issue we can identify in the model.

No element of prediction is included in the model.

Collectives

All consumers belong to an interconnected network created using the algorithm proposed by Watts et Strogatz (1998), which includes a parameter for the number of random links (ρ in our model) that determines the *clustering coefficient* of the network. We tested our model on more or less clustered networks. We present results for a perfectly regular lattice ($\rho = 0$, *clustering coefficient* of 0.5) and a Small World one ($\rho = 1$, with a mean observed *clustering coefficien*t of 0.646).

L_c links do not change during the course of a simulation.

For purposes of illustration, Figure 1.5 shows the two different network possibilities in our lattice, at $t = 0$ and $t = 1$.

Heterogeneity

Consumers are heterogeneous in their budget and intention, the latter of which are set randomly to 1 according to the proportion ι. They also belong to different networks of influence. Decision-making and the remaining aspects of the model are common to all consumers.

Goods are heterogeneous, in that no good fully resembles another. There are 2^{n_d}, each of them having or not each of the n_d dimensions considered. $\vec{C}_g$ and π determine each good's

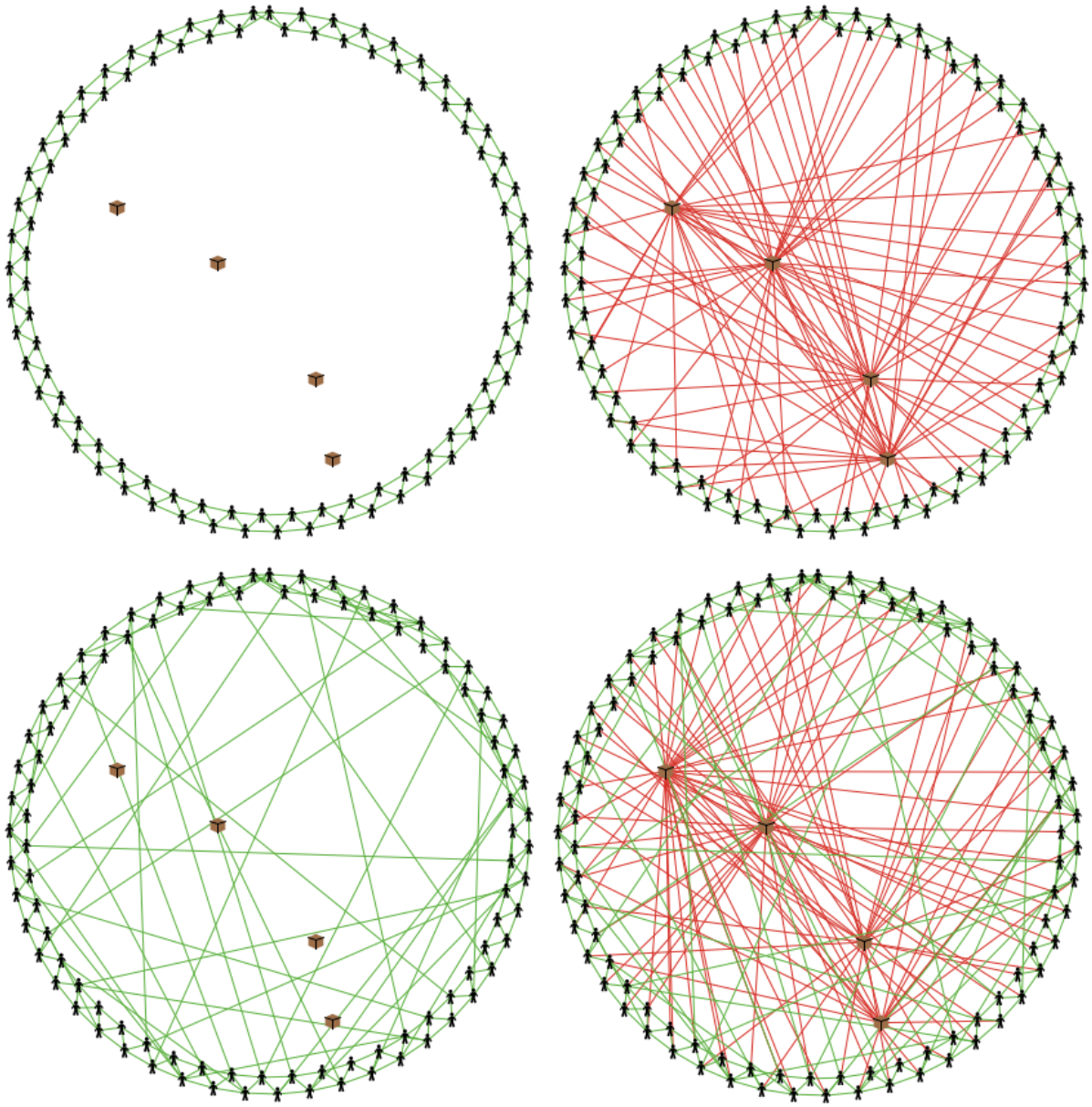


Figure 1.5: $t = 0$ (left) and $t = 1$ (right) for a network lattice with $\rho = 0$ (above, *clustering coefficient* $= 0.5$) and $\rho = 1$ (below, mean observed *clustering coefficient* $= 0.646$). $n_d = 2$, green links represent L_c (fixed) and red ones L_b (evolving). The green boxes represent each one of the 2^{n_d} goods.

p_g, with supply for each being perfectly inelastic.

Stochasticity

Stochasticity is included in that w_i is allocated randomly (uniformly distributed across consumers), that only a given proportion is randomly preset with intention at $t = 0$, and that a consumer i for whom the proportion of adoptees in $\vec{J}_i$ reaches τ in a characteristic a will develop $I_{i,a} = 1$ with a fixed probability κ. $B_{i,a}$ is a variable subject to an element of stochasticity also, as a consumer with a sufficiently high w_i may well buy a good with a characteristic it has no intention of purchasing.

Observation and Emergence

We follow the evolution of two types of, related, indicators. The first is how *intention* is diffused throughout the network on each of the dimensions of characteristics. The second is how *purchases* of characteristics evolve on each of the dimensions.

We look at how these diffusions take place for single dimensions as well as for combined ones (the proportion of consumers with intention or purchasing more than one dimension of characteristics). It is to be expected that the diffusion curves on more than one dimension are shifted to the bottom-right with regards to single-dimension ones: as w_i constraints and $\vec{I}_i$ limits are added up, diffusion on combined characteristics should increasingly be lower than for single ones.

We term our two sets of indicators as **intention1D, intention2D, intention3D**... and **purchases1D, purchases2D, purchases3D**..., where 1D, 2D, 3D, etc. represent the number of

combined characteristics on which influence and adoption are being measured. Note that 1D can include any single one of the characteristics in C_n, and thus for simulations run on $n_d > 1$ it means that *any* of them is present in the $\vec{B}_i$ or $\vec{I}_i$ sets of consumers (conversely, 2D when $n_d > 2$ includes combinations of characteristics, and so on). A consumer moving from purchasing one dimension to purchasing two will be counted both in **purchases1D** *and* **purchases2D**.

The question that opens up relates to the relationship between the evolution of the intention and purchase curves for different dimensions. Our interest is to study how overall adoption determines purchases, and whether its importance is indeed increased as the number of dimensions are combined. In a nutshell, **can it be expected that purchases of combined characteristics is more dependent on the diffusion process than that of single ones?** More formally, **is the impact of the evolution of adoption and intention on purchases higher as more dimensions are considered** This would be an interesting result stemming from already existing models and theories of diffusion that would validate our view on the adoption of sustainable behaviours: that these are socially constructed processes that chiefly depend on interaction, and that the more complex they become, the stronger this dependence will be.

Details

Description of the implementation details, initialisation and mathematical submodels

Implementation Details

The model was implemented in NetLogo 6.2 (Wilensky, 1999), drawing from its library in order to adapt the Watts et Strogatz (1998) network. The results were analysed using R (R Core Team, 2020).

Initialisation and Input Data

We work on a baseline setup that we test for 4 values of n_d, as well as modified ones obtained by changing three parameters: ρ, d and π. This will permit to explore how our model responds to a greater or lesser level of network activity (through added links and a higher degree of influence), and compare it with a corresponding change in prices. With regards to actual consumption, these imply comparing the effect of price reductions on the consumption of goods with several dimensions against that of a higher level of social exchanges.

The baseline values were chosen arbitrarily in order to produce stylised S-shaped curves, and do not correspond to precise data, which is otherwise unavailable for the type of dimensions conceived in the model (there's no exhaustive database of price differences between goods containing or not a variety of possible dimensions of characteristics). Moreover, we do not look at this stage to do parameter calibration, and so the values chosen should not necessarily be taken as having a one-to-one correspondence with the reality actual consumers face. The different parameters' values chosen are listed in table 1.11.

n_d is set for both baseline and modified values at $n_d = 1, 2, 3$ and 4.

Table 1.11: Baseline and modified values of parameters used in the simulations.

Parameter	Baseline Value	Modified Value(s)
n_c	100	-
ι	0.05	-
ρ	0	1
d	1	2
τ	0.1	-
κ	0.25	-
π	0.1	0.05
t^{max}	50	-

Budgets and prices are configured as follows:

$w_i \sim U(\$1, \$2)$. Each consumer is randomly endowed with a budget that can go from one to two dollars.

$p_0 = \$1$. The price of a good containing no characteristics is of 1 dollar, and is therefore accessible to all consumers. Taking the baseline value of π into account, this means that a good containing 1 extra characteristic will be priced at \$1.1 (1.05 for the modified values), a good containing two of them will be priced at \$1.2 (1.1) and so on.

No input data is used to feed the model.

Submodels

There are two main submodels present, pertaining to how consumers' intention and purchases evolve, as described in the algorithms in Subsection 1.6. For any given characteristic,

the submodels can be written as:

$$Pr(I_i^t = 1 \quad | \quad I_i^{t-1} = 0) = \begin{cases} \kappa & if \quad \sum_{j_1}^{j_m} A_j^{t-1}/M_i > \tau \\ 0 & otherwise \end{cases} \tag{1.3}$$

$$A_i^t = \begin{cases} 1 & if \quad I_i^t = 1 \wedge w_i > p_1 \\ 0 & otherwise \end{cases} \tag{1.4}$$

$$Pr(B_i^t = 1) = \begin{cases} 1 & if \quad A_i^t = 1 \\ 0.5 & if \quad A_i^t = 0 \wedge W_i > p_1 \\ 0 & otherwise \end{cases} \tag{1.5}$$

Where p_1 the price of a good containing one extra characteristic.

Given our model description and the uniform distribution of w_i, the $Pr(w_i > p_1)$ implicit in Equations 1.4 and 1.5 can be generalised to be written as

$$Pr(w_i > p_g) = (1 - g \times \pi) \tag{1.6}$$

Where p_g is the price of a good containing g of the n_d characteristics[5].

In the following section, we analyse our results.

[5]Note that current specifications make any number of characteristics for which $n \times \pi > 1$ impossible to purchase. This, which under our baseline setup corresponds to $n_d = 10$ is an assumption that could be relaxed by using a π function that is asymptotic on 1.

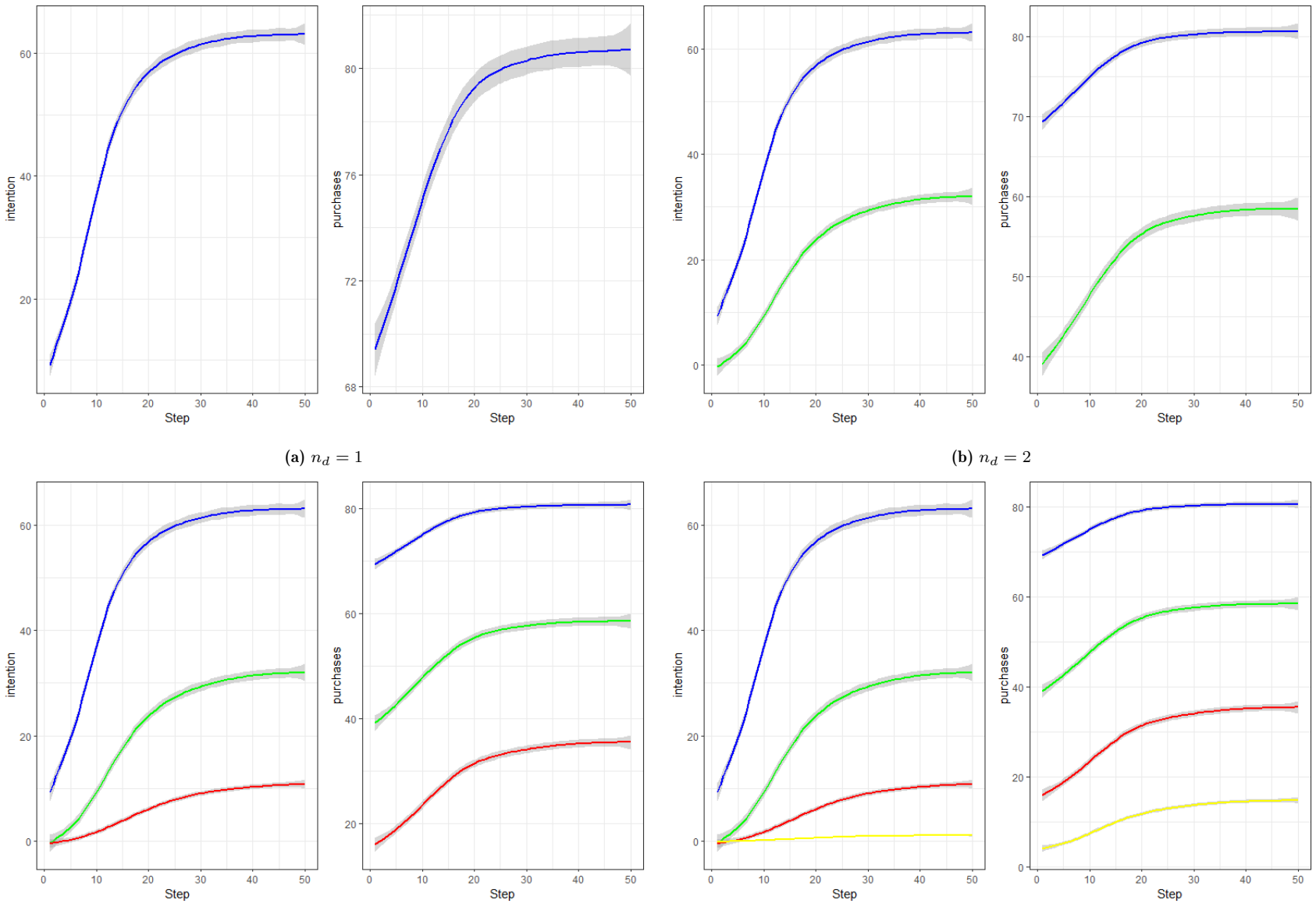
1.7 Results

We run the model 50 times over 50 time-steps for each of the configurations proposed on Table 1.11 (1600 simulations and a total of 80,000 time-step observations). After this, we further checked the model running it on the same configurations but with $n_c = 50, 200, 300$, so as to verify the extent to which there are finite-size effects to it (Toral et Tessone, 2007). We propose two different approaches to study how intention and purchases evolve, in particular with respect to different values of n_d. The question we keep in mind is the one raised in Subsection 1.4, as to whether purchases depend increasingly on intention as the number of dimensions considered increases. We first use the global results of our simulations to find trends that can further inform our discussion, both graphically and by means of linear regressions. Then, we look at how variations in our parameters change the evolution of each of our indicators, to further explore the effect of social interaction on them. Lastly, we sketch out an analytical study of our model to shed light on how the model's conception relates to the results we find.

Figure 1.6 below shows the S-shaped curves for our two indicators, obtained for the different values of n_d on the baseline setup, and for single (**1D**) or combined (**2D, 3D, 4D**) characteristics. The smoothed curves have been obtained using the loess method (Cleveland et Devlin, 1988), and the grey area shows their confidence interval at 95%.

What can be seen from the figure is that, for $n_d > 1$, intention curves show increasingly lesser evolutions as dimensions are combined, something that does not seem to occur with regards to purchases. This gives already a visual hint to the hypothesis presented above, as the relationship between intention and purchase is stronger for a higher number of

dimensions.



(a) $n_d = 1$ **(b)** $n_d = 2$

(c) $n_d = 3$ **(d)** $n_d = 4$

Figure 1.6: Evolution of intention and purchase (baseline setup, $n_d = 1, 2, 3, 4$), as a percentage of n_c. Curves are S-shaped. Curves' legend: **1D**, **2D**, **3D**, 4D. The grey shade represents the confidence interval for each curve at 95%.

Global results

Figure 1.7 below shows the result of plotting all observations of purchases against intention (baseline *and* modified values), separating them on 1D, 2D, 3D and 4D. Our hypothesis seems again to be corroborated, since the slope of the best-fit curve (loess method) gets steeper as the number of dimensions is increased.

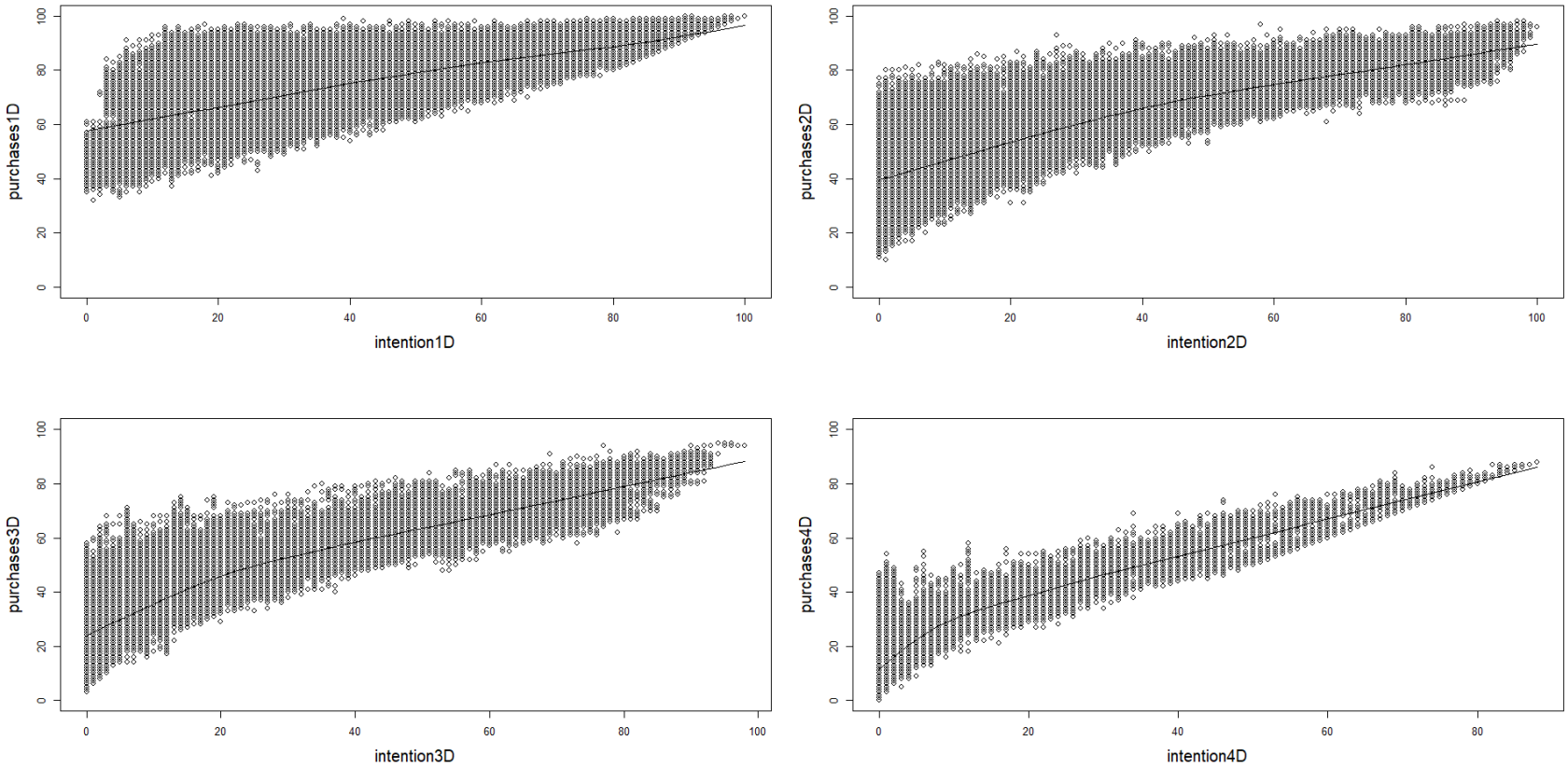


Figure 1.7: Scattered plots showing the level of A_i and B_i for 1, 2, 3 and 4 dimensions of characteristics. Steeper curves observed for higher values of n_d (baseline and modified values considered).

To verify these results, we test them using least squares linear regressions for intention on purchases. Table 1.12 shows the estimates for y-intercept and β for each of the four regressions run. This helps confirming that slope of the curves becomes steeper, with β going above 0.888 when four dimensions are considered.

Table 1.12: Least squares linear regressions run for all values of I_i on B_i, baseline and modified values considered. β increases as more dimensions are considered.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)
(a) **purchases1D** $\sim$ **intention1D**				
y-intercept	61.1155	0.0642	951.45	0.0000
β	0.3504	0.0009	398.02	0.0000
(b) **purchases2D** $\sim$ **intention2D**				
y-intercept	44.0634	0.0680	648.45	0.0000
β	0.4823	0.0011	423.06	0.0000
(c) **purchases3D** $\sim$ **intention3D**				
y-intercept	28.4439	0.0671	423.98	0.0000
β	0.6630	0.0016	423.69	0.0000
(d) **purchases4D** $\sim$ **intention4D**				
y-intercept	15.8966	0.0686	231.62	0.0000
β	0.8887	0.0026	346.55	0.0000

Figure 1.7 and Table 1.12 thus appear to confirm our hypothesis: as the number of dimensions increases, the effect of overall intention becomes an increasing determinant of purchases. The reader may notice from Figure 1.7 that the correlation between purchases and adoption is not perfect. This happens because of the random component of purchases that has been described earlier, whereby consumers with $I_{i,a} = 0$ but whose $w_i > p_g, a$ may unknowingly buy a good containing it. This observed variability is lower as dimensions are increased, a result given by the fact that the random component is a decreasing function of the number of characteristics considered: the likelihood of purchasing without intention goes down as dimensions are combined.

As mentioned above, the literature has found the presence of finite-size effects on social computational models, whereby the number of agents in a simulation run strongly affects its outcome. In order to quickly assess this in our model, we checked the β for **purchases4D** $\sim$ **intention4D** under $n_c = 50, 200$ and 300. We then compared these βs with that of $n_c = 100$, using an Anova test to asses the null hypothesis of different values of β for different n_c. Table 1.13 below shows the result of the exercise and indicates that no finite-size effect are present, at least within the range of values explored.

Table 1.13: Comparison of y-intercepts and βs for the regression of **purchases4D** $\sim$ **intention4D** for several values of n_c. The p-value of the results of an Anova test comparing the different β for $n_c = 50, 200$ and 300 against that of $n_c = 100$ are shown. The hypothesis of different values of β can be rejected with 95% confidence.

	$n_c = 50$	$n_c = 100$	$n_c = 200$	$n_c = 300$
y-intercept	16.6334	15.8966	16.6334	14.191
β	0.8797	0.8887	0.8797	0.891
p-value	0.0311	-	<0.0001	<0.0001

Parameter results

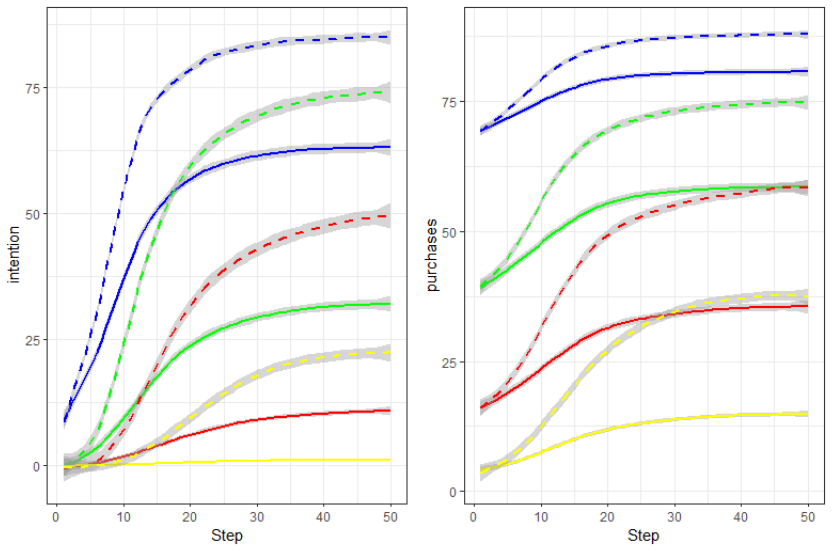
To better grasp this, and in order to understand its practical implications, we have chosen to modify three of the parameters. Two of them (d and ρ) are network-related: the first changes the average number of nodes in an agent's network of influence, and the second affects the topology of the network by introducing a small world element to it, through the inclusion of random links between consumers (see Figure 1.5). The last parameter (π) is modified so as to compare against a non-network one.

Our framework and the results above imply that increasing the activity of the network should have a stronger effect on purchases as a higher number of dimensions is considered,

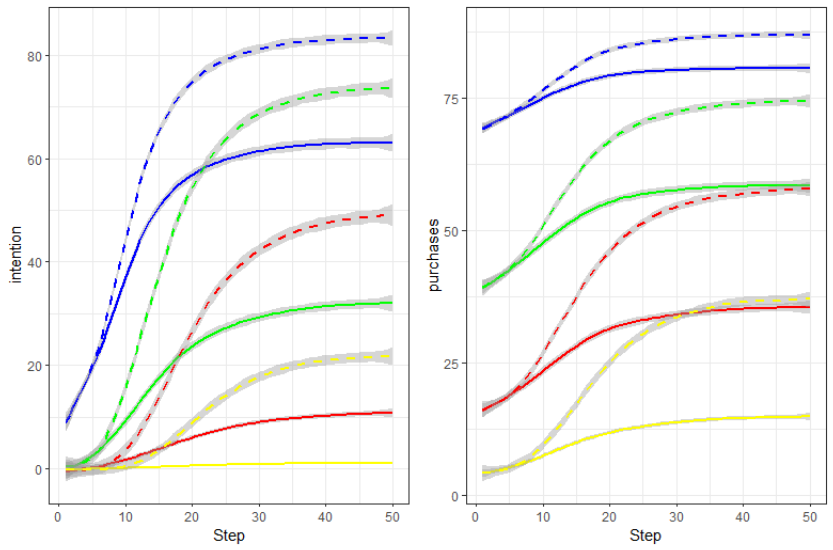
when compared to a non-network intervention such as a price reduction.

Figure 1.8 and Table 1.14 below provide with confirmations of this. When d or ρ are modified (to 2 and 1, respectively) the effect on purchases is stronger as more dimensions are considered, which is not strictly the case for intention. Conversely, when π is halved (to 0.05), the results on the two variables do not appear as strongly dependent on the number of dimensions considered.

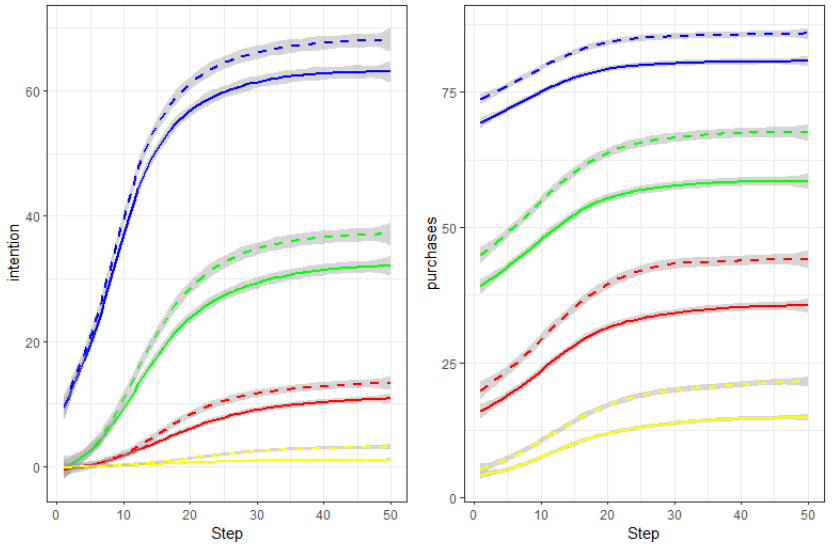
To fully understand this, it is useful to keep in mind the maximum *theoretical* percentage of purchases for n_d combined characteristics, which can be deduced from Equation 1.6 to be $(1 - n \times \pi)\%$. Under the baseline setup, a maximum of 90% of consumers should be able to purchase one dimension of characteristics, 80% two dimensions, and so forth. What happens when the *network-relevant* parameters are modified (which corresponds to a higher level of social interaction), is that purchases come much closer to these levels than when π is modified. The impact of the latter is stronger in our simulations for 1 and 2 dimensions of characteristics, but lower for 3 and 4.



(a) Modified d



(b) Modified ρ



(c) Modified π

Figure 1.8: Evolution of intention and purchase, for baseline and modified parameters ($n_d = 4$). Continuous lines represent baseline setup, dashed ones represent parameters modified individually. The impact of network-related parameters appears as higher for combined dimensions. Curves' legend: **1D**, **2D**, **3D**, 4D. The grey shade represents the confidence interval for each curve at 95%.

Table 1.14: Observed indicators at $t = 50$ for baseline and modified setups, parameters modified individually. In brackets, difference with baseline values (as indicators are normalised to represent percentages of the population, this difference represent the increase in the respective proportions). The effects of intention gains on purchases when *network-related* parameters are modified is strictly higher as more dimensions are considered. Conversely, the effects when the π parameter is modified do not appear to be dependent on the number of dimensions considered.

Indicator	Baseline setup	distance-influence = 2	random-consumer-links = 1	price-premium = 0.05
intention1D	79.88	90.42 (10.54)	89.48 (9.6)	85.18 (5.3)
purchases1D	89.24	90.44 (1.2)	89.80 (0.56)	94.22 (4.98)
intention2D	51.18	87.90 (36.72)	84.84 (33.66)	55.94 (4.76)
purchases2D	73.26	80.04 (6.78)	79.34 (6.08)	83.56 (10.3)
intention3D	16.58	64.24 (47.66)	61.86 (45.28)	19.82 (3.24)
purchases3D	46.20	66.10 (19.9)	64.52 (18.32)	57.00 (10.8)
intention4D	1.10	22.36 (21.26)	21.72 (20.62)	3.12 (2.02)
purchases4D	14.82	36.96 (22.14)	37.22 (22.4)	20.86 (6.04)

Analytical results

As stated in the introduction, agent-based modelling has helped overcome some of the limitations that aggregate and analytical models have, as sources of heterogeneity and randomness can be added without loosing the possibilities of comprehension. Nonetheless, once the above results have been obtained, it is worthy to explore what can be deduced from the model's formalisation in terms of theoretical and analytical conclusions. This subsection is an initial effort in this direction.

At any time-step, the total overall number of purchases of goods containing g characteristics can be deduced from Equations 1.4 to 1.5 to be:

$$\begin{aligned} B^{\vec{g},t} &= n_c \times [Pr(B_i^{\vec{g},t} | I_i^{\vec{g},t} = \vec{1}) \times Pr(w_i > p_g) + Pr(B_i^{\vec{g},t} | I_i^{\vec{g},t} \neq \vec{1}) \times Pr(w_i > p_g)] \\ &= n_c \times Pr(w_i > p_g) \times [Pr(B_i^{\vec{g},t} | I_i^{\vec{g},t} = \vec{1}) + Pr(B_i^{\vec{g},t} | I_i^{\vec{g},t} \neq \vec{1})] \end{aligned}$$

Where the vectorial notations for $\vec{B^g}$ and $\vec{I^g}$ indicate the collection of g characteristics. As characteristics are independent, the probability of purchasing g of them is equal to the probability of purchasing a single one to the power of g, and so the above can be rewritten to:

$$B^{\vec{g},t} = n_c \times Pr(w_i > p_g) \times \sum_{k=0}^{k=g} \binom{g}{k} Pr(B_i^t | I_i^t = 1)^k \times Pr(B_i^t | I_i^t \neq 1)^{g-k}$$

With i representing an average agent. Using Equation 1.6, we can rewrite the above to:

$$B^{\vec{g},t} = n_c \times (1 - g \times \pi) \times \sum_{k=0}^{k=g} Pr(I_i^t = 1)^k \times [0.5(1 - Pr(I_i^t = 1))]^{g-k}$$

Which, using the binomial theorem, can be rewritten to:

$$B^{\vec{g},t} = n_c \times (1 - g \times \pi) \times [Pr(I_i^t = 1) + 0.5 \times (1 - Pr(I_i^t = 1))]^g$$

Or, equally:

$$B^{\vec{g},t} = n_c \times [(1 - g \times \pi) \times 0.5 \times (1 + Pr(I_i^t = 1))]^g \tag{1.7}$$

Equation 1.7 shows that the overall level of purchases for g characteristics at time-step t is dependent on the value of π as well as on the probability of any consumer reaching the state of $I_i = 1$. What we are interested in studying is how $\vec{B}^{g,t}$ responds to changes in g, and how this is in turn affected by higher or lower intention to adopt. In other words:

$$\delta \frac{\Delta\% \vec{B}^{g,t}/\Delta g}{\delta Pr(I_i^t = 1)}$$

Our results in the previous subsections imply that there are values of the arguments in equation 1.7 for which the above is strictly positive.

We first study $\Delta\% \vec{B}^{g,t}/\Delta g$, which we pose as[6]:

$$\Delta\% \vec{B}^{g,t}/\Delta g = \frac{\vec{B}^{(g+1),t} - \vec{B}^{g,t}}{\vec{B}^{g,t}}$$

Replacing from Equation 1.7, this is equal to

$$\begin{aligned}\Delta\% \vec{B}^{g,t}/\Delta g = (n_c \times (1 - (g+1) \times \pi) \times [0.5 \times (1 + Pr(I_i^t = 1))]^{g+1} \\ - n_c \times (1 - g \times \pi) \times [0.5 \times (1 + Pr(I_i^t = 1))]^{g}) \\ \times n_c \times (1 - g \times \pi) \times [0.5 \times (1 + Pr(I_i^t = 1))]^{-g}\end{aligned}$$

Which equals

$$\Delta\% \vec{B}^{g,t}/\Delta g = 0.5 \times \frac{(Pr(I_i^t = 1) + 1) \times (g \times \pi + \pi - 1)}{g \times \pi - 1} - 1 \tag{1.8}$$

[6]It is also possible to study the non-percentual change of $\vec{B}^{g,t}$, although it requires considerably longer space. Nonetheless, the critical points for relevant variables' values are the same.

We now need to study whether $\Delta\%\vec{B}^{g,t}/\Delta g$ above is strictly a growing function of the probability of a consumer having $I_i^t = 1$, which itself is a function of the overall proportion of adoptees in the network. For this, Equation 1.8 can be derivated on $\delta Pr(I_i^t = 1)$, which gives

$$\delta\frac{\Delta\%\vec{B}^{g,t}/\Delta g}{\delta Pr(I_i^t = 1)} = 0.5 \times \frac{1 - g \times \pi - \pi}{1 - g \times \pi} \tag{1.9}$$

Our hypothesis stands true any time

$$\delta\frac{\Delta\vec{B}^{g,t}/\Delta g}{\delta Pr(I_i^t = 1)} \geq 0$$

We know from above that in our model $g \times \pi < 1$, and so the above can be rearranged to:

$$1 - g \times \pi - \pi \geq 0$$

Or

$$\pi \leq \frac{1}{1 + g}$$

This means that, under current model specifications, the main result that we find is dependent on the relationship between π and g. The price premium needs to be sufficiently low with regards to the number of characteristics considered for purchases to be increasingly dependent on intention.

1.8 Discussion and concluding remarks

Social influence is one of the central determinants of people's action, and as such has long been recognised by scholars in marketing studies (Bass, 1969) and, more recently, economics (Campbell, 2013; Jackson, 2014). Agent-based modelling has been used to describe processes of social diffusion of innovations (Kiesling *et al.*, 2012), including that of green products (Janssen et Jager, 2002) and adoption of sustainable diets (Ploll *et al.*, 2020).

Consumption is a complex issue. Two sources of this complexity are related to the fact that goods are multidimensional (Lancaster, 1966), and that extra characteristics often have a higher price-tag attached (Aschemann-Witzel *et al.*, 2019). Our interest is to explore how the innovation diffusion framework plays out when these two elements are taken into account, therefore contributing to understanding the adoption of multi-dimensional consumption practices. For this, we have conceived a model in which consumers' adoption of each of the characteristics is subject to a process of social diffusion, and in which intention to adopt is the result of the consumer's related nodes having reached a certain threshold of adoption.

We differentiate between purchase, intention and adoption, as a consumer may end up buying a good with characteristics he or she is not necessarily interested in adopting, as long as his or her budget allows for this possibility. The probability of such unknowingly purchases is naturally lower when several characteristics are taken into account. This opens way for social influence being a higher determinant in purchases of multidimensional goods, which we put to test using our model. We use overall intention as a proxy of

social influence, as the possibility of a consumer developing intention to buy a set of characteristics is dependent on the proportion of others that have already adopted the said set. In this way, we study in different ways the relationship between overall purchases and intention.

The simulation results show that purchases are increasingly dependent on adoption as more dimensions are considered. Rising the level of social interaction in the network (by doubling the distance of influence, and by increasing the number of random links and thus lowering the clustering coefficient) confirms this property by creating an effect that is stronger on purchases than on adoption as increasing dimensions are looked at. Conversely, the reduction of another parameter that is external to the network (the halving of price-premiums) has an effect that does not substantially change for a higher number of characteristics. In the analytical study of our model, we put the mentioned result as a hypothesis we seek to validate. We show that it is indeed valid as long as the price premium paid is sufficiently low as a function of the number of additional characteristics considered. A longer discussion on this goes beyond the scope of the present paper, although an element of response to this can be that too high a price-premium prevents a high enough proportion of consumers to adopt once they develop intention, and thus suffocates the process of diffusion on combined characteristics.

These results could have important real-life implications, as they indicate that social interaction and influence are particularly important in the development of behaviours that are attentive to multi-dimensional consumption (which can be argued is a central feature of sustainable consumption). One can thus see social interaction as being helpful

in the development of a culture of consumption that is much too complex for isolated individuals to apprehend, and where price premiums limit the possibilities of individuals to spontaneously develop attentive behaviours. Although the result of our model cannot be used to give precise policy recommendations or advice on actions to follow, it is interesting to highlight that the reduction of price premiums (which can be interpreted as subsidies on goods) has lesser effects on several dimensions of characteristics than that of increasing the level of social interaction. In the context of sustainability, examples of interventions to favour this could be the organisation of local forums and activities on the topic, as well as more focus on having the voice of *early adopters* heard. Since interventions of this type are arguably less costly than mass publicity campaigns or large-scale production subsidies, their potential should not be neglected.

Our work opens a number of avenues for future work. In terms of modelling, there are a number of assumptions we have made that could be relaxed, as mentioned in Section 1.6. Among these, we count including interdependencies within characteristics (as individual preferences for consumption arguably play out across multiple dimensions), and the possibility of individuals being more or less capable of influencing others, in both the positive and negative sense. Issues of interdependency and heterogeneity of influence have been explored within the field of opinion diffusion (Deffuant *et al.*, 2002, 2005; Rouchier et Tanimura, 2015, October 21; Huet *et al.*, 2019; Ye *et al.*, 2018), and are reasonable additions to a work on the diffusion of consumption. Results from this literature have studied phenomena of polarisation, divergence of opinions and influence towards non-adoption.

These are issues that need to be considered in the study of the adoption of sustainable behaviours (Xu *et al.*, 2018), where we have argued that the issues of multidimensionality and price-premiums are present.

We tested our model using one single network setup. Further work could try and explore the results on different ones such as preferential attachment (Barabási et Bonabeau, 2003). Although current knowledge makes it impossible to know with complete precision what a *real* human network of influence looks like (Manzo et van de Rijt, 2020), it is a worthy effort to test the stability and sensitivity of results to different configurations Thiriot (2010).

Our model was built as a theoretical effort in order to study the emerging properties of an extension to multiple dimensions and price premiums of existing threshold models of innovation diffusion. In this, the parameters we have used (both in the baseline and modified setup), have no real correspondence with reality, other than the fact that extra characteristics in goods tend to make them expensive. We thus do not make any claims as to the quantitative values of our results, but rather to the qualitative implications they bring about. Nonetheless, our analytical exploration shows that the results can be generalised to different parameters' values, as long as a certain relationship between them is respected. As in the case of different network configurations, further work on parameter manipulation and the study of their implications for our results would be welcome. As an example, simulations that take into account the critical point for π found in Subsection 1.7 could offer interesting avenues for exploration.

From an economic point of view, our work could benefit from the inclusion of production-side effects and, more largely, the issue of economies of scale. We have assumed a perfectly

elastic supply for any number of characteristics, which is hardly a realistic assumption. As demand for certain products increases, it is natural to expect that they become cheaper and more accessible to consumers. On the consumers' side, although one can argue that perfect inelasticity of demand is somewhat realistic for an essential good such as food, it is less easy to justify a similar level of importance for each of the characteristics consumers have intentions on, and thus that when consumers have to drop one they do it randomly. This is not necessarily the case in real life, as people may be more or less attentive to each of the dimensions they seek out.

All of these assumptions—which arguably reduce the *descriptive* power of our model—have ben made so as to increase its *simplicity* (Le Page, 2017). Modifications building on this can be tested so as to see how they affect the results we have found here.

Outside of the realm of modelling, we have found it difficult to come across data on consumption that is attentive to the multiple dimensions it encompasses, and how social influence is a determinant of it. This makes contrasting the results with actual data (most notably quantitative) difficult. Surveys, experimental and field work (particularly using participatory methods) should more directly tackle this issue, which would be an important addition to current data, and more largely to our understanding of multidimensional consumption, in particular with regards to sustainability issues.

Préambule au Chapitre 2

Towards a transformative sustainability assessment of territorial food systems: taking into account actors, interdependencies and trajectories

Article soumis chez *Ecological Economics*.

Les résultats principaux du chapitre précédent peuvent être résumés en disant que l'interaction sociale a une importance grandissante dans les décisions de consommation alimentaire des agents au fur et à mesure que l'on ajoute des dimensions d'analyse, et que cette importance peut dépasser celle des interventions exogènes. Ainsi, plus on ajoute des dimensions « coûteuses », plus la réduction de l'écart intention-comportement dépendra des dynamiques sociales en cours dans la réalité de notre modèle. Ces résultats donnent déjà une première réponse à notre question de recherche, en établissant aussi un lien avec la notion de complexité qui émerge de la multidimensionnalité : puisque l'alimentation est un phénomène aux caractéristiques et impacts multiples (nutritionnels, culturels, environnementaux...), l'évolution vers une meilleure prise en compte de celles-ci dépend des rapports et interactions sociales. Nos simulations permettent donc d'appréhender comment l'échange entre individus peut être pour le moins aussi déterminant dans l'adoption de comportements durables que des formes d'intervention externes tels les signaux-prix (par la voie par exemple de subventions) ou le transfert d'informations. Redisons-le encore

une fois : notre objectif n'est pas de donner un modèle dont la valeur est prédictive (nulle utilité à s'en servir pour trouver combien d'interactions il faut pour qu'un individu adopte tel ou tel régime alimentaire, ni quel montant de subvention serait nécessaire pour telle ou telle variation), mais plutôt d'ouvrir une piste de réflexion permettant une vision élargie d'un phénomène qui aurait pu passer inaperçu. En effet, il n'y a pas de raison *a priori* pour croire que l'importance de l'interaction sociale dans les choix de consommation puisse être fonction croissante du nombre de dimensions considérées, et voir ce phénomène avoir lieu dans notre monde virtuel mène à se poser des questions intéressantes au sujet du monde tel que nous le vivons au quotidien.

Ainsi, ce premier travail nous mène à pousser la réflexion vers d'autres aspects de l'alimentation, et nous nous interrogeons d'abord sur son ancrage territorial, puisque les interactions individuelles ont lieu pour la plupart au sein d'un espace géographique précis. A titre d'exemple, ma vie dans les Alpes-Maritimes me mène au cours d'une semaine donnée à être en interaction avec nombre de personnes de quelques communes autour de celles où j'habite et où je travaille, et il en est de même pour ceux avec qui j'interagis, que ce soit dans un cadre amical, professionnel ou marchand : nous partageons un même « bassin de vie » (Hilal, 2007). Ces bassins de vie, que l'on peut aussi nommer des « territoires », sont les espaces où la population trouve les services et biens nécessaires à la vie quotidienne, et où les liens sociaux les plus directs se tissent. Traditionnellement, ils furent aussi les lieux où la majorité de l'alimentation était produite, une réalité qui a progressivement disparu au cours des siècles derniers, dans ce processus de mondialisation et délocalisation de la production (alimentaire ou autre) qui ne fait que croître depuis l'émergence du régime

colonial jusqu'au régime de « capitalisme vert » dans lequel nous baignons aujourd'hui (Friedmann, 2005). Comme cela a été discuté dans l'introduction, nous prenons l'échelle territoriale comme étant pertinente pour la transformation du système alimentaire, ce qui est davantage justifié par notre premier résultat autour de l'importance de l'interaction sociale dans le changement des pratiques.

Le chapitre précédent s'appuie sur le constat dans la littérature que les manques de connaissance au sujet des caractéristiques de durabilité sont un déterminant central de l'écart intention-comportement décrit auparavant. En prenant une optique d'échelle territoriale, cela mène à s'interroger sur comment la notion même de durabilité est définie au sein des réseaux sociaux locaux, car c'est cette définition qui permettra de l'identifier dans les pratiques du quotidien. En sus, une transformation territoriale vers des objectifs de durabilité nous oblige à réfléchir sur comment cette durabilité territoriale est mesurée, car pour pouvoir transformer un système—ou au moins pour pouvoir observer sa transformation—il faut s'accorder sur pourquoi il n'est pas durable à l'heure actuelle, et quels éléments méritent d'évoluer. En d'autres mots, il faut pouvoir l'évaluer. Nous nous sommes donc intéressés à l'évaluation de la durabilité des SYAT, et aux particularités qu'elle doit avoir pour qu'elle puisse contribuer à leur transformation.

Au même titre, il convient de s'interroger aussi sur qui est l'acteur d'une telle transformation. Là où le premier chapitre utilise le consommateur comme vecteur du changement, le chapitre deux élargit le champ à l'ensemble d'acteurs d'un territoire : un territoire n'est pas qu'un rassemblement de consommateurs, bien qu'une des caractéristiques partagées par tous les habitants d'un territoire est qu'ils sont—à un moment où à un autre—des consom-

mateurs. Il y a tout un éventail d'acteurs au-delà de la dichotomie classique producteur-consommateur (Lamine, 2015), que ce soit des élus, des décideurs politiques, des acteurs du monde associatif ou encore du monde agroalimentaire conventionnel. Nous gardons donc les termes habitants et acteurs, qui sont à contraster avec le consommateur et l'agent du chapitre précédent.

Le chapitre suivant travaille aussi de façon plus frontale la transformation, inspirée par la notion de « points de basculement » (*tipping points*) utilisée pour décrire les phénomènes de changement soudain qui sont communs aux modèles de diffusion du type *threshold*. En effet, parmi les différents courants de la littérature qui traitent la durabilité des systèmes alimentaires, on peut distinguer les approches fondées sur la transformation (Stirling, 2019) de celles fondées sur la transition (Geels et Schot, 2007). Ces dernières ont, pour règle générale, une vision déterministe de la durabilité, en privilégiant donc une gouvernance dirigée des changements nécessaires (Magda *et al.*, 2021). La vision transformatrice, en revanche, n'a pas un but déterminé à priori, mais elle évolue en fonction des connaissances, visions, valeurs et discours situés. Elle donne lieu à des formes de gouvernance plutôt locales, adaptatives (Norton, 2005) et transdisciplinaires, où la voix des parties prenantes et la considération des rapports de pouvoir à l'œuvre sont prises en compte sans qu'il y ait un objectif pratique préétabli autre que de définir de façon itérative ce qu'est un système alimentaire durable et de transformer ses sources de non durabilité. Nous cherchons donc à donner des recommandations d'évaluation de durabilité des SYAT qui soient compatibles avec cette vision.

Nous nous gardons bien de proposer une approche arrêtée, car cela irait contre le sens

même de notre aspiration de base : puisque chaque SYAT est un système socio-écologique unique, il n'est pas entièrement saisissable en utilisant des méthodes uniques capables d'être répliquées partout (Binder et Wiek, 2007), bien que de telles méthodes puissent avoir des avantages et être utilisées de façon complémentaire. Nous cherchons plutôt à donner des grandes lignes autour de quelques éléments pouvant contribuer à une bonne prise en compte des spécificités et de la complexité de ces systèmes, et à être ainsi des leviers pour leur changement transformatif. La considération de la spécificité et unicité de chaque SYAT font un lien additionnel avec le chapitre précédent : puisque nous avons établi que les facteurs culturels sont le déterminant le plus important de la consommation alimentaire (Prescott et Bell, 1995), un changement transformatif au niveau de la consommation aura lieu dans le cadre d'une transformation des déterminants de la culture locale au sens large. Cette différenciation entre une évaluation à vocation universelle et une autre dont l'aspect central est la considération des spécificités locales présente une ressemblance avec la problématique KIDS/KISS discutée dans le préambule au chapitre 1 : tout comme quelqu'un qui s'intéresse à la modélisation peut tomber dans le piège descriptif-prédictif, on peut être enclin à faire de l'évaluation pour produire des indicateurs « réductionnistes » (qui voient la durabilité du SYAT en analysant ses composants de façon isolée et selon des liens de causalité univoques), car il peut sembler logique que ces indicateurs capturent toutes les informations pertinentes sur le système étudié, et qu'il est donc nécessaire de trouver les bonnes sources d'information pour les nourrir. Nous faisons l'hypothèse que cette tendance réductionniste est dominante dans les approches d'évaluation existantes[1], y compris

[1]Cette primauté de l'indicateur réductionniste n'est bien entendu pas l'exclusivité de l'évaluation de la durabilité des systèmes alimentaires, mais s'inscrit dans un paradigme social où le chiffre a une place privilégiée et pratiquement incontestée comme descripteur de la réalité (Ogien, 2020).

à l'échelle territoriale, ce que nous testons en étudiant à quel point les éléments que nous proposons pour une évaluation « transformatrice » sont présents dans d'autres méthodes. Notre argument de base—que l'évaluation ne peut être transformatrice que si elle conçoit chaque système comme une réalité unique—cherche à donner des recommandations allant dans ce sens.

Cette dichotomie entre l'universalité et la pertinence locale de l'évaluation fut déjà identifiée par les premiers travaux théoriques sur le développement durable (Norgaard, 1988). D'un côté, les chercheurs intéressés par la durabilité doivent produire des résultats qui soient faciles à communiquer et à comparer alors que, en parallèle, ils doivent prendre en compte le fait que la durabilité est un concept en partie situé et co-construit, et que ces caractéristiques peuvent fortement affecter les résultats des évaluations conduites, ne les rendant utiles que dans le contexte où ils sont produits (Binder et Wiek, 2007). En d'autres mots, il y a une tension entre la production de résultats « monométriques » et « polyphoniques », ces derniers étant produits dans des contextes localisés et délibératifs (Douguet *et al.*, 2022; Frame et O'Connor, 2011; Norton, 2005). Nous privilégions ici une posture polyphonique, en nous joignant donc à ceux qui estiment qu'elle a une puissance transformatrice plus élevée que son contraire, et que les indicateurs réductionnistes/monométriques, bien qu'utiles dans la délibération, doivent être subordonnés à celle-ci.

Le chapitre 1 a mis l'accent sur les arbitrages (*trade-offs*) à effectuer entre les différentes dimensions de durabilité, puis l'annexe A introduit la possibilité d'interdépendances entre celles-ci. Cela motive un aspect central du chapitre 2, à savoir la réflexion sur les inter-

dépendances, écologiques et sociales, à l'œuvre au sein des SYAT, et qui sont à la base d'une vision complexe (Morin, 1988). En effet, la durabilité n'est pas seulement un concept aux dimensions multiples, elle est aussi le lieu de croisement entre toutes ces différentes dimensions en interaction, chacune ayant le plus souvent une influence sur les autres. Il est nécessaire aussi de constater que ces influences ne vont pas *a priori* dans le même sens : on peut bien faire améliorer une variable tout en faisant reculer une autre (on peut imaginer par exemple des effets socialement injustes de la création de zones protégées qui interdisent l'utilisation des terres aux paysans). Là où les récits *mainstream* ont favorisé des visions « gagnant-gagnant » (*win-win*) de la transition qui cachent les sacrifices et efforts nécessaires à une transformation (Béné *et al.*, 2019a; Norton, 2005), ainsi que le fait que certains acteurs dominants peuvent bénéficier de l'état actuel des systèmes (Peuch et Osinski, 2020), une vision d'ensemble peut permettre de redonner sa juste place aux aspects politiques et conflictuels—pour pouvoir ainsi espérer avoir un dialogue et une capacité accrue à faire des choix sociaux informés.

Le chapitre 2 ne traite pas notre question de recherche (l'influence de l'interaction sociale sur la transformation des SYAT) directement, mais cherche à donner une vision plus claire de quelques aspects sous-jacents à cette question. Les éléments étudiés et résultats présentés, cependant, vont dans son sens direct, puisque la considération des acteurs et des interdépendances dans l'évaluation de la durabilité, ainsi que des trajectoires uniques de chaque SYAT, émergent comme éléments centraux. Comme déjà évoqué, il nous a paru pertinent d'observer si ces éléments sont ou non pris en compte dans des démarches existantes pour évaluer la durabilité des SYAT, pour pouvoir ainsi en tirer des leçons nous

permettant non seulement de donner des recommandations, mais aussi aider à construire la démarche de terrain de la thèse. Nous avons donc pris l'option d'une révision de la littérature académique à ce sujet, en étudiant par la suite en détail plus d'une dizaine de démarches existantes menées à des échelles territoriales. Il a fallu toutefois être généreux dans l'identification du concept de territoire, car le mot n'est pas toujours utilisé en tant que tel. On pourra aussi bien lire « local », « régional » ou encore « *community-based* », bien que l'on puisse justifier que les démarches que nous avons choisies ont lieu à l'échelle que nous étudions. En revanche, même si l'on peut croire que l'utilisation de l'échelle territoriale est à même de favoriser des visions systémiques et ouvertes, rien ne garantit que ce soit le cas. C'est sur ce point-ci que nous axons l'analyse.

Chapitre 2

Towards a transformative sustainability assessment of territorial food systems : taking into account actors, interdependencies and trajectories

Co-écrit avec Claire Lamine.

Abstract

The importance of food systems' transformations worldwide in order to achieve sustainability is recognised at all levels and scales, and the assessment of the said sustainability appears as a central element to understand the very aspects that need transforming. The territorial scale is increasingly seen as the right one to produce such transformations, both in the scientific literature and in policy debates. There has been a proliferation of sustainability assessment methods and tools over the past couple of decades. Yet, researchers agree that these have been mostly unable to support the aforementioned transformations.

We identify three categories that can help in doing so, and should thus be considered as central elements in sustainability assessment at the scale of Territorial Food Systems. These are *actors' participation, interdependencies between system components and system's trajectories*. We draw elements from the scientific literature to justify the importance of these elements, and carry out a focused literature review of Territorial Food System sustainability assessment to see the extent to which the methodologies proposed incorporate them. Results from this show that each of the elements is considered to different degrees in different methods, and that an appropriate consideration of them together is rare, though not inexistent.

Keywords: Sustainability assessment, Territorial Food Systems, Transformation, Transdisciplinarity

2.1 Introduction

The social and ecological damages produced by the contemporary globalised Food System are recognised at all levels and scales, from the academic to the political, and from the local to the international (HLPE, 2017; Anderson *et al.*, 2017; FAO, 2017). Calls for a deep transformation of the system abound, as do proposals to change the different aspects that render it unsustainable. In parallel, a diversity of methods and tools to assess the sustainability of Food Systems (FS) have been proposed, aimed at better understanding where possible corrections lay in order to produce the much-needed change.

The centre of the present paper is sustainability of FS at the *territorial* scale, increasingly recognised as the right one for tackling food sustainability issues (Horlings *et al.*, 2020; Marsden, 2013b; OECD *et al.*, 2016). An inclusive (system) view, taking into account the diversity of actors and elements related to food in a territory, can help understanding its inherent complexity (Ericksen, 2008; Ingram, 2018). The territorial scale is where many direct interactions between socio-economic and ecological processes can take place, and

where a common view of the possible trajectory of the system based on its local culture and reality can more easily be built (Feagan, 2007; Lamine *et al.*, 2019; Milestad *et al.*, 2010).

A territorial food system (TFS) is not easily defined, as its boundaries are not determined by clear administrative or geographical lines. A TFS does not necessarily occur in a predefined area, but is related to a fabric of social, agricultural and food interrelations (Bowen et Mutersbaugh, 2014; Lamine, 2017; Muchnik et de Sainte Marie, 2010; Muchnik *et al.*, 2008). A TFS is situated in the spatial area where not only food provisioning but also social relations, work, leisure and educational activities take place together in a coherent manner (what the French call *le bassin de vie*). It is a "place with social meaning and endowed with responsibility and empowerment" (Norton et Noonan, 2007). Before the advent of the contemporary globalised food system, the territory was also the place where most of the food consumed was produced (Hein *et al.*, 2006).

Sustainability is yet another complex notion that defies an easy definition. Virtually all attempted definitions include a component of inter-generational solidarity: welfare obtained today should not impair that which can be obtained in the future (Brundtland, 1987/ed; Norton, 2005; Sala *et al.*, 2015), a principle that has also been used to define sustainable FS (Gerbens-Leenes *et al.*, 2003; HLPE, 2014). If we include the territorial scale of FS, sustainability can be defined as the extent to which its current existence is viable through time, thus fulfilling the nutritional needs of its inhabitants while remaining within reasonable environmental, social and economic boundaries (Pagotto *et al.*, 2021).

Within the Ecological Economics literature, sustainability assessment has been criticised

for its reliance on a reductionist and positivistic paradigm (Norton et Noonan, 2007; Sala *et al.*, 2015), which may partly explain its inability to produce the needed systemic transformations (Alrøe et Noe, 2016; Dorninger *et al.*, 2020; Flood *et al.*, 2018). A systemic approach that takes local scales into consideration is more often than not missing, with specific objects such as food chains, products, policies and interventions being associated with sustainability assessment, to the detriment of place-based socio-ecological systems. The call is then for more holistic approaches that can take into account this inherent complexity.

These criticisms are not met by sufficient definitions or methods as to how avoid them, and so sustainability assessment (of TFS or otherwise) remains largely locked inside a reductionist paradigm. **To help respond to this need, we have identified and brought together three specific elements (actors, interdependencies and trajectories), as they can help to assess holistically the sustainability of a TFS.** Our proposal can be seen as a "checklist" (Sala *et al.*, 2015) for researchers or practitioners interested in studying the sustainability of a TFS in a holistic way. We propose this as a support to move away from predominant reductionist views (although, as we shall see, these also need to play a part in assessment) and therefore to optimise the chances of deep change and transformation of TFS. As a further exercise in the use of our checklist, we look at a number of sustainability assessment approaches at the territorial scale to see the extent to which these three elements are present.

We structure the remainder of the article as follows: we first seek to further justify the choice of the above elements by gathering arguments from the sustainability literature on

the issues of actors, interdependencies and trajectories, particularly within the context of TFS. We then show the results of a brief review of the literature dealing with TFS' sustainability assessment (and thus carry out an "assessment of assessment approaches"), to see the extent to which the categories of our framework are taken into account when conducting sustainability assessments at the territorial scale. A discussion on our main results and its implications for sustainability assessment ensues.

2.2 Elements from the Food Systems' Assessment literature

Taking actors into account

The inclusion of actors and stakeholders in the evaluation of the sustainability of a FS has gained a high level of attention in recent years, with consumers and representatives of different industries explicitly involved in many approaches[1]. Motivations for this inclusion vary, as does the representativeness of the system that they bring in. One trend of the transdisciplinary literature makes a difference between what can be termed a 'consulting' or 'top-down' inclusion (Binder *et al.*, 2010; Mobjörk, 2010) and a 'participatory', 'bottom-up' one. The former has actors join at a certain point in the evaluation (usually at the data collection stage), while the latter uses integrated participatory methods where actors are present *throughout the process* of evaluation, from deliberation and framing of the problem to knowledge production and problem solving (Popa *et al.*, 2015). In the case of TFS, their

[1]A Web of Science search including the words 'sustainability', 'stakeholder' and 'evaluation' (or 'assessment') gives 6,273 results on 4th October 2022. All major international organisations produce recommendations on the inclusion of stakeholders in the evaluation of sustainability problems. See, for example, `https://sustainabledevelopment.un.org/majorgroups.html` and `https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/fr/c/1331094/`.

diversity is brought together by their common view of belonging to a *community of fate* (Lamine, 2018). Actors are thus considered as embedded beings that take *part* in the system, that are an intrinsic and inseparable part of it. This type of approach is rare to come by, and has not found the popularity that top down ones have—part of a larger tendency to reduce the social dimension in sustainability to specific predefined categories (Janker et Mann, 2020).

The ease of reproduction and comparability of consulting/top-down approaches (in sustainability assessment as in other realms where stakeholder involvement is used) has been key to their success, in what has been termed a "diffusionist knowledge regime" (Aggeri et Hatchuel, 2003; Gamache *et al.*, 2020), inherited from the positivist scientific paradigm (Norton et Noonan, 2007). Nonetheless, such approaches are unable to capture the inherent complexity of TFS, lack the needed adaptability to the specificities of different contexts, and may be responsible for the inability of sustainability science to fulfil its transformational role (Sala *et al.*, 2015). Participatory frameworks, in allowing for ongoing re-assessment of sustainability can, conversely, help overcome this (Jones *et al.*, 2016). Bottom-up/participatory methods are important in the design of assessment since the actors of a given territory are the ones best placed to know what is important to observe and what counts as territorial sustainability, which in itself is a value-based, embedded concept (Alrøe *et al.*, 2016; Norton, 2005; Etxano et Villalba-Eguiluz, 2021). By bringing together participants from different backgrounds all through the process of assessment, a TFS can more properly be understood and its dimensions of (un)sustainability assessed, from its conception (Binder *et al.*, 2010; Binder et Wiek, 2007) to its implementation and

uptake of results, and so also include the value-based determination of the very notion of sustainability (Akbulut et Adaman, 2020; Gasparatos, 2010). Moreover, participatory methods have a better chance of producing the transformative learning and change needed in the face of current sustainability changes (Sala *et al.*, 2015; Wibeck *et al.*, 2022), which have emerged as defining contemporary issues. Deep changes in food-related practices (from production to consumption) are the result of changes in culture, values and representations (de Vries et Petersen, 2009; Allen et Prosperi, 2016), and so profound change towards sustainability is not only a technical challenge, but a radical transformation of knowledge and cognitive references involving an epistemological change on the part of actors (Bostrom *et al.*, 2018). An assessment that seeks to help shifting TFS towards sustainability will inevitably need to do it in a pluralistic, participatory and deliberative way (Norton et Noonan, 2007; Garmendia et Stagl, 2010; Mavrommati *et al.*, 2021).

From isolated components to interdependencies

Scholars in the field of sustainability science have, for a number of years, proposed that attention should move from treating variables in isolation to a more explicit focus on the interrelationships that determine a system (Darnhofer *et al.*, 2010; Hiremath *et al.*, 2013; Preiser *et al.*, 2021; Wells, 2012), and to a better consideration of dimensions other than environmental ones in doing so (Binder *et al.*, 2010; Etxano et Villalba-Eguiluz, 2021; Hubeau *et al.*, 2017; Ludden *et al.*, 2018) . This, as approaches to sustainability have long relied on the analysis of isolated variables, such as greenhouse gas emissions, deforestation or biodiversity loss (Binder *et al.*, 2010; Moragues-Faus et Marceau, 2018), and have had

a tendency to focus exclusively on environmental issues, to the detriment of social ones and of the interactions between them. The Life-cycle assessment methodology (LCA) has for over two decades been the predominant tool in sustainability assessments, including that of FS (Gerbens-Leenes *et al.*, 2003; Jones *et al.*, 2016), and in a nutshell consists in studying the *cradle to grave* ("farm to fork", in the context of food) environmental impacts of a good or product based on a specific dimension of sustainability (most often greenhouse gas emissions). It has been widely adapted to the study of specific food products and/or food chains and, amongst its several merits, has been instrumental in raising awareness of environmental issues at the global level. Since it produces indicators that are easy to communicate and that clearly describe current levels of pollution and other externalities in industrial processes, its uptake in the scientific literature, political discourse and the wider press has been considerable. LCA and related methodologies can be compound to several dimensions, which means that an array of different aspects of sustainability can be put into a single, easy-to-understand number.

The aggregation of isolated variables into composite indicators, whether using LCA methods or not, has gained public attention in recent years. Food scores and the like have been promoted as a way to inform consumers of the impact of their purchases on the environment and on society, often to satisfy decision-makers' need for information that is quantifiable, simple and easy to communicate (Gasparatos, 2010; Kirwan *et al.*, 2017; Thibert et Badami, 2011). Within the field of Ecological Economics, the concept of Ecosystem Service Valuation has been the battle horse of sustainability assessment, and has gained a level of attention (public and academic) comparable to that of the LCA methodology:

by studying the contribution to human welfare of its different components in isolation, a system is reduced to a single numerical indicator.

Although the production of an aggregate score encompassing several sustainability aspects is already more descriptive of a system than single-aspect ones[2], it is impossible to expect an index or measurement tool that can give an unequivocal "pass" or "fail" (in the expression of Johnston *et al.* (2014) pertaining to sustainable diets) to the sustainability of complex systems such as TFS (Frame et O'Connor, 2011). Such approaches, also inherited from reductionist and positivistic scientific paradigms, reduce *complex* phenomena to *complicated* ones, by continuing to look for single solutions through reducing the system under analysis to its building components in isolation (van Mil *et al.*, 2014). It can further be argued that this prevailing reductionist view is partly responsible for the growing risk of resource exhaustion and ecological collapse, given that the productive organisation of human societies is chiefly based on a mechanistic view (Georgescu-Roegen, 1971) that decouples the economy from ecological systems and its self-controlling mechanisms (Jordan, 2019). As Norton et Noonan (2007) aptly put it, systems cannot be approached as commodities.

Moving toward a better incorporation of interdependencies, feedback loops and trade-offs in the analysis of sustainability, including of FS, thus becomes mandatory (Berkes et Folke, 1994; Gerbens-Leenes *et al.*, 2003; Prosperi *et al.*, 2016) . An environment is a bundle of social and biophysical interdependencies (Akbulut et Adaman, 2020), and the acknowledgment of a relationships-based outlook is seen as one of the keys to producing

[2] For an example combining 27 indicators pertaining to four dimensions of sustainability (environment, society, food security & nutrition and economy) into a compound value, see Béné *et al.* (2019b)

the aforementioned needed transformations (Kirwan *et al.*, 2017; Dorninger *et al.*, 2020). Relations are what actually binds a system together, creating an ensemble of interdependencies whose analysis is more relevant to understand the system and aim to transform its sources of unsustainability than the state of its components in isolation (Biggs *et al.*, 2021; Ericksen, 2008), a fact that experts have shown a tendency to ignore (Perrot *et al.*, 2016). Approaches such as Socio-Ecological Systems (SES, Berkes et Folke (1994); Prosperi *et al.* (2016)) and Complex Adaptive Systems (CAS, Levin *et al.* (2013); Preiser *et al.* (2018)), have often been considered as more appropriate ones to tackle current sustainability challenges, as they can help gaining insight into certain properties of the system that are otherwise not observable. The use of such approaches allows for a better understanding of the system in terms of interactions and interdependencies within and between socio-economic and ecological components (Meter, 2019)[3], and so one can move away from reductive visions implying one-size-fits-all solutions (van Mil *et al.*, 2014).

The call is then for assessment approaches and methods that create a habit of thinking in terms of interdependencies, that is, looking at how relationships at play within a TFS affect its different components through trade-offs or feedback loops. This will help bringing about a more holistic identification of sustainability issues and opportunities, and help overcome the tendency to produce simplistic narratives and solutions often observed in sustainability arenas (Béné *et al.*, 2019a; Bostrom *et al.*, 2018). A view encompassing not only ecological but also social and socio-ecological interdependencies can help identifying conflicts that lay both within the socio-economic components of TFS, and between the ecological and socio-

[3]Not all SES and CAS approaches are created equal, however. Different conceptualisations vary in their more or less holistic consideration of the said relationships—some not fully recognising the bi-directional interdependencies at play between social and ecological components. See Binder *et al.* (2013).

economic ones (Ericksen, 2008; Jordan, 2019; Stirling, 2014). Competing interests and diverging positions, as well as contradictory feedback loops between ecological and socio-economic processes, are seen as one of the biggest challenges to sustainability (Bostrom *et al.*, 2018; Johnston *et al.*, 2014; Jordan, 2019). A more direct attention to these elements, absent from reductionist views, can therefore help moving away from monistic/reductionist views and better favour sustainable transformations (Norton et Noonan, 2007).

Considering non-linear, singular trajectories

The (much-needed) global push towards sustainability, coupled with the preponderance of the neoclassical economic discourse on international policymaking, has given way to universal views, echoing previous dictates of development policy (Escobar, 2011). There is today a prevailing mainstream view that countries (usually taken as a base entity and in disregard of other scales) can move to a common "sustainable" path through the adoption of clean technologies and the use of instruments such as carbon taxes tackling specific (isolated) issues. This, much like the adoption of trade-liberalising policies have been promoted to help countries walk the way from underdevelopment to industrialisation. As discussed above, however, sustainability itself is an evolving social construct that depends on values, social evolutions and changing scientific perspectives. Moreover, the fundamental properties of a system, including a TFS, are dynamic and can change before measurements are even compiled (Meter, 2019). The very object of sustainability assessment, therefore, has an evolutionary nature that is non-linear and subject to a multiplicity of causes (de Vries et Petersen, 2009). Nonlinearities and surprises are not the exception to an otherwise sta-

ble and linear-based system trajectory, but an emerging reality inherent to its complexity (Holling, 2001; Thompson et Scoones, 2009). The very notion of equilibrium, cherished by mainstream economic theory and policy, needs to move from a stable one to multiple, temporary, and moving ones (Duit et Galaz, 2008; Meter, 2019), as systems are constantly adapting to inner and outer interactions (Preiser *et al.*, 2018). Where traditional assessment of sustainability, including that of FS, has privileged static and predefined indicators of impact, these sources of non-determination require approaches that place uncertainty and emergence at the very centre of their analyses (Norton et Noonan, 2007; Jones *et al.*, 2016; Boulton et Preiser, 2021), as well as for an explicit recognition of the local and evolving concept of sustainability. Each TFS's trajectory and the analysis of its sustainability are thus singular—and so are the solutions to problems that are unique in time and space. Sustainability assessment that seeks to produce transformative effects inevitably needs to include non-linearities, singularities, uncertainties and surprises as central aspects of it.

This consideration of these issues in the analysis of FS trajectories means that outputs and causes cannot always be proportionally studied (Preiser *et al.*, 2018), and that the cycles that determine a trajectory are not necessarily sequential. Adaptation and complexity imply that trajectories themselves become a subject worthy of study, above the succession of states of the elements that compose a FS (Allen et Prosperi, 2016). Therefore, different possible trajectories to sustainability exist (Hubeau *et al.*, 2017), and looking at individual trajectories with their specific transformative potentials at the local scale is more pertinent than the use of similar methodologies and frameworks everywhere. Looking at the *potential for change* of a system becomes more important than analysing its

components in meticulous detail (Koopmans, 2017), or propose pre-determined pathways to it, therefore giving an ontological alternative to reductionist views of linear determinism (Biggs *et al.*, 2021). We thus move to a vision of sustainable transitions that acknowledges the combinations and tensions between more determinist and more open-ended phases (Lamine *et al.*, 2021), where each pathway is unique, and where outcomes cannot entirely be pre-determined (Hazard, 2018; Lopez-Merino et Rouchier, 2022; Pohl *et al.*, 2021). We can argue, following Dorninger *et al.* (2020), that a sustainable transformation is in itself a non-linear, unpredictable, shift.

It goes almost without saying: the three aspects presented (actors, interdependencies and trajectories) are, in themselves, intricate. Trajectories are the result of the visions and interactions of actors, who adapt and engage with a dynamically evolving system, and to the interdependencies within and between its socio-economic and ecological components. It is these very visions, interactions and interdependencies that render each trajectory unique, thereby defining a TFS and creating its inherent complexity. As has been put somewhat poetically, "a transition is a story that is woven over time through individuals' interactions and the complexity of their environment" (Abbott, 2001). Looking at these together can be helpful in developing assessment tools that are deeply mindful of the singularity and dynamism of each TFS, and can therefore be a support to their sustainability transformations.

2.3 A study on food system sustainability assessment approaches

We hope to convincingly have argued for a view of the sustainability assessment of TFS that explicitly considers the inclusion of its actors, the interdependencies at play and their evolving trajectories. In the present section, **we look at the scientific literature of TFS sustainability assessment to study the extent to which the three proposed categories can be considered to be present or absent from it**.

We ignore the grey and wider literature and restrict ourselves to articles published in scholarly journals for two main reasons: first, our goal is to study the conceptualisation behind assessment, which is easier to find in standard academic publications than elsewhere. Second, the grey literature abounds with assessments and proposals that are often difficult to find (Moragues-Faus et Marceau, 2018), and do not necessarily match the scientific standards of descriptiveness and referencing. We are conscious that our choice inevitably leaves aside a number of noteworthy efforts, and that some of these may have a thorough incorporation of the three elements we discuss. Nonetheless, we believe that a first assessment carried out at the level of the scientific literature is a justified one, and call for future work to be done in a more inclusive manner[4].

For this, we carried out a *Web of Science*[5] search on the 17 March 2021, producing 657

[4]A complete, although somewhat dated, inclusive review of tools for the sustainability assessment of food systems can be found on Freedgood *et al.* (2011), although the consideration of the elements of our proposal, including the territorial scale, is absent.

[5]**TOPIC:** (assess* OR evaluat*) *AND* **TITLE:** (sustainab*) *AND* **TITLE:** (food OR agri*) *AND* **TOPIC:** (territor* OR local* OR region*). All results published up to the date of the search were included in the analysis. The results of the search can be accessed here: `https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/7bde618c-0a6a-4e23-b344-93390c62ed75-47f02e81/relevance/1`

results. We first carried out a reading of the titles of these (and abstracts and keywords when clarification was necessary), in order to filter out according to three conditions:

- They propose an approach for sustainability assessment, regardless of whether it has been implemented or not. We do not use a strict definition of sustainability, and therefore the approaches selected may have different focuses (including, for example, vulnerability, security or resilience), all related to the sustainability of the TFS as defined in our introduction section 2.1.

- The proposed assessment must refer to the Food System, comprising a variety of products, actors and practices, and not only to the agricultural system, a specific food chain, sector, farm or type of actor. Methods such as FAO's TAPE (Mottet *et al.*, 2020), applying namely to the scale of the farm, of SEAMETH (Peano *et al.*, 2015), applying to production chains while interesting, are thus excluded.

- It must apply (implicitly or explicitly) to the territorial scale. Due to semantic differences in the use of terms, we are generous in the operational definition of territory (and thus we include concepts such as "city", "local" and "community-based" when they appear in the results of our query)[6].

We then complemented the search through snowball analyses, as well as by searches on Google Scholar keeping the same three conceptual filters in mind. Over 20 articles presented approaches that reasonably fulfil our requests. One of the authors read them over

[6]One of the articles found at the snowball stage (Gustafson *et al.*, 2016) was implemented at the scale of countries, although its description makes it sufficiently clear that an implementation at the territorial level is possible and part of the initial objective. We decided to keep it.

a two-month period. We classified each of them on an analysis grid based on the elements of our approach (actors, interdependencies, trajectories) to see the extent to which each of the approaches and tools proposed take them into account.

The following questions were used as reading guidelines to complete our grid, in light of each of the categories we have discussed:

Actors: Are actors considered in the process of assessment, and if so, at which stages? Stages can be conception, selection of indicators, evaluation, discussion of results and beyond (experimentation and/or action).

Interdependencies: Is the approach or method mindful of interdependencies at play in TFS? Or does it instead look chiefly at its components in isolation?

Trajectories: Are TFS' trajectories taken into account, or is the consideration based on static measures? When trajectories are considered, is their non-linearity and potentially surprising nature taken into account? Does the approach allow for ongoing assessment, permitting both adjustments and changes to the very aspects analysed?

Results

A detailed reading meant removing a few of the selected tools and approaches since—despite what we inferred from their titles and abstracts—the actual content did not pass our above filters. A total of 14 articles are kept for the analysis in this section. Table 2.1 below summarises the results of the review. We briefly describe each approach in terms of its name, scientific reference, objective, and whether it has been implemented in practice or not (and where). We then shortly indicate the way in which each of the components of

our framework are taken into account as per the above questions. We insert a check mark (✓) whenever a given tool or approach reasonably incorporates these elements in line with what we exposed above. Conversely, we use a cross (X) whenever the consideration of an element is absent, or present in a way contrary to what we've exposed.

Of 14 approaches analysed, we can see that the vast majority (12, or 86% of the total) have been implemented at least once, with one of these 12 having been implemented indirectly and one at the scale of countries (the rest were all carried out at the territorial scale). In terms of our proposed categories of analysis, we see that:

- Half of the approaches take into account the visions of local actors at least at some point of the assessment in a participatory manner.
- Half of the approaches look at the interdependencies, at least partially.
- Four out of the 14 approaches (29%) look at the specificities of local trajectories.
- Six (43%) take two or more of the elements into account.
- Two (14%) take all three elements into account.

Looking at the table globally, we see that 27 boxes out of the 42 possible ones are marked with a cross (X), meaning that the elements of our framework are absent in over two-thirds of the possibilities. Even when an element is taken into account (therefore marked with a check ✓), only in 12 occasions it is done in the way that we described above, without having a cross associated in the same box. Concerning actors, for instance, they are usually included in one stage of the assessment instead of throughout. Regarding

interdependencies, we see that their presence is often at the level of a recognition, without necessarily having an actual implementation. Regarding trajectories, in three out of the four instances when they are considered, are done so without negative elements in them. We get back to these results in the discussion below.

Name and reference	Objective of assessment	Implemented ?	Actors	Interdependencies	Trajectories
1. Sustainability of urban Food Systems (Boyer, Sarkar, et Ramaswami 2019)	Evaluation of sustainability of urban FS across four dimensions : environment, health and nutrition, equity, and resilience	Yes, to nine Indian cities	✗ Use of secondary data from academic and government studies. No participatory elements included	✗ Selected variables are independent and isolated	✗ Static measures that do not consider singular trajectories or non-linearities
2. Local-To-Global Approach to Community Planning and Assessment (Carlsson et al. 2017)	A tool for tracking progress toward sustainable FS that aims to balance the need for community determinacy and global cohesion	No	✗ Expert-level selection of indicators through Delphi method. ✓The validation and evaluation is done through participatory workshops	✗ Selected variables are independent and isolated	✗ No consideration of trajectories in the proposal nor of non-linearities
3. Panarchy Framework (Fraser, Mabee, et Figge 2005)	Assess the vulnerability of Regional FS to shocks in terms of how wealthy, connected and diverse a system is.	No	✗ Actors are not considered in the framework proposed	✓Through notions of connectivity and diversity using Portfolio Theory	✓External shocks are seen as producing unique and unexpected consequences
4. Local Agrifood System Sustainability/Resilience Index (SRI) (Green, Worstell, et Canarios 2017)	Indicators on the sustainability/resilience of local agrifood systems at the US county level	Yes, to nine US counties	✗ Construction of indicators using secondary data	✓Recognition of the importance of investigating interdependencies between variables, ✗ although not implemented.	✗ Static measures that do not consider singular trajectories or non-linearities
5. Seven Food System Metrics of Sustainable Nutrition Security (Gustafson et al. 2016)	Propose a "sustainable nutrition security" index using selected variables	Yes, at several country-level cases	✗ Metrics and indicators selected through top-down workshops not including local actors	✗ Selected variables are independent and isolated	✗ Static measures that do not consider singular trajectories or non-linearities

Name and reference	Objective of assessment	Implemented ?	Actors	Interdependencies	Trajectories
6. Ecology of alternative food landscapes (Hedberg 2016)	Use Landscape ecology to assess the ecology of AFN	Indirectly, to Greenmarket (NY state)	X Use of secondary data and academic literature	✓Consideration of social, economic and ecological relations at different scales	X No consideration of trajectories in the proposal nor of non-linearities
7. AFSSA Framework (agri-food systems sustainability approach) (Hubeau et al. 2017)	Based on two existing frameworks (Four capital & DPSIR) Combining factual knowledge with stakeholders perceptions to identify transformation pathways	Yes, in the Flanders region	✓Participatory choice of indicators (pre-selected by researchers), as well as of desired transformation pathways X Implementation done chiefly with industry and government stakeholders.	✓Explicit recognition of the need for AFSSA to assess interdependencies. X The existing implementation is a static picture of isolated variables, future iterations needed	✓Phases of 'sustainability visioning' and identification of shared transformation pathways. Focus on 'action' rather than 'goals' gives specific trajectories. X The identification is forward looking and not attentive to past, and trajectories are presented as linear

Name and reference	Objective of assessment	Implemented ?	Actors	Interdependencies	Trajectories
8. Framework of food sustainability (Jacobi et al. 2020)	Selection of relevant indicators for sustainability seen as food security, right to food, environmental performance, poverty and inequality, and social-ecological resilience	Yes, to 6 case studies in Bolivia & Kenya at the county level	✓Transdisciplinary workshops for co-creation of indicators, as well as for their assessment	X Selected variables are independent and isolated	X Static measures that do not consider singular trajectories or non-linearities
9. Holistic Sustainability Assessment Method for Urban Food System Governance (Landert et al. 2017)	Set of indicators for the sustainability of urban FS following FAO's SAFA. Good Governance, Environmental Integrity, Economic Resilience, and Social Well-Being	Yes, to Basel's FS	X Indicators are pre-selected, then assessed by "expert" stakeholders, ✓and measured partially through later interviews with TFS actors	X Selected variables are independent and isolated	X Static measures that do not consider singular trajectories or non-linearities
10. Method to assess environmental, economic, and social sustainability (Liu et Zhang 2013)	Assessment methodology based on 3 dimensions of sustainability (environmental, social, economic)	Yes, to the 8 main agricultural regions of China	X Selection and assessment of indicators done by experts	X Selected variables are independent and isolated	X Static measures that do not consider singular trajectories or non-linearities
11. Food Sustainability Assessment Framework (FoodSAF) (Llanque et al. 2021)	Allows non-academic actors to identify pathways for making FS more environmentally and socially sustainable (five dimensions)	Eight applications in Africa & South America	X Pre-selection of indicators ✓Assessment done through participatory workshops	X Selected variables are independent and isolated	✓Assessment comes with transformative initiatives attached (funded), for each individual territory, therefore supporting specific past and future trajectories

Name and reference	Objective of assessment	Implemented ?	Actors	Interdependencies	Trajectories
12. Sustainable Food Cities toolbox for action (Moragues-Faus et Marceau 2018)	Place-based and action-oriented assessment framework	Yes, to Cardiff and Bristol	✓Goals & indicators for each dimension co-constructed participation (building on a literature review)	✓Output and activity-based indicators for the application of goals recognise interdependencies	✓The relation between indicators and activities is territory-specific and not linearly predefined
13. A Delphi approach to develop sustainable food metrics (Mullender et al. 2020)	Co-creation a set of indicators to measure sustainability of FS	Yes, carried out for Mediterranean regions	X Only experts consulted	X Selected variables are independent and isolated	X Static measures that do not consider singular trajectories or non-linearities
14. Sustainability assessment of agri-food systems (Peano, Migliorini, et Sottile 2014)	Indicator-based tool to monitor the sustainability in agri-food systems, based on the Slow Food vision (quality, economic, social, environmental & cultural performance)	Yes, to three Slow Food Presidia in Italy [a]	✓Indicators partially selected and assessed through consumer and producer consultation, as well as experts	X Selected variables are independent and isolated	X Static measures that do not consider singular trajectories or non-linearities

Table 2.1 Results from the analysis of assessment approaches.

a. The application to presidia implies a focus on specific products rather than on a systemic view of the territorial Food System. Nonetheless, the framework described can be applied to the latter.

2.4 Discussion

Moving towards the much-needed sustainability transformations of TFS invariably needs some form of assessment to take place (Pope *et al.*, 2004; Triste *et al.*, 2014), although the localised nature and inherent complexity render the assessment task difficult. Evidence that assessment is not accompanied by sufficient changes in practices is mounting, as are criticisms of assessment approaches and tools, namely from the social sciences. Among these criticisms, we count the fact that they have an intrinsically reductionist nature (they look at components in isolation to represent complex FS); that they are framed by underlying assumptions, values and and worldviews guiding their categorization processes; that they generate processes of exclusion of certain realities (only specific environmental, economic or social variables are included, along with a strong tendency to the production of monistic indicators); that there is a path dependency to existing data partly due to difficulties in finding relevant data; and that they are partly governing tools, designed, framed and/or used for serving predefined political goals (Bouleau et Deuffic, 2016; Gasparatos, 2010; Levkoe et Blay-Palmer, 2018). These objections call for methods of assessment that are holistic, pluralistic, participatory, open-ended and democratic.

We have attempted to contribute to this by proposing a "checklist"—an "assessment of assessment approaches" to the sustainability of Food Systems at the Territorial Scale. We propose three central elements needing consideration when studying the sustainability of a TFS, and that arguably help taking into account its complexity and context-specificities, as well as fostering its transformative potential. Whereas the majority of Sustainability Assessments work at the level of a specific product, policy or specific ecosystem services,

our stance is to look at a local system in its entirety, as transformative change in complex environments needs holistic instead of reductionist approaches. We built on different elements from a focused review of the literature on FS, sustainability and assessment to justify these the elements of our proposal, and then analysed a number of assessment methods and tools in order to gauge the level to which our proposed elements are present. The inclusion of actors—participation—happens relatively often, although only in three cases their presence is throughout the assessment instead of at a given stage only (Jacobi *et al.*, 2020; Moragues-Faus et Marceau, 2018; Peano *et al.*, 2014). Participatory research and transdisciplinarity have gained attention in recent years in sustainability sciences, both as ways to gather data that is otherwise inaccessible (its descriptive stance), as to transform unsustainable aspects of socio-ecological systems (its normative stance). In the study of ecosystem services, deliberative valuation has emerged as a promising technique (Murphy *et al.*, 2017; Mavrommati *et al.*, 2021), as it helps moving away from the prevailing neoclassical view that exclude social meaning, plurality of values and the evolving preferences that are central to transformative change.

As a cautionary note, we must mention we do not see participatory assessments as necessarily excluding experts: in these three cases, experts and academics were present along with local actors, which can indeed favour social learning (Murphy *et al.*, 2017). Our proposed participatory approach must not therefore be seen as an exclusion of expert voices, but as a call to have them work hand in hand with the concerned actors, in the interest of a more thorough and (potentially) transformative assessment. It is the involvement of actors throughout the process of assessment that can create the "epistemological shift" needed

in sustainability science (Sala *et al.*, 2015), where participatory engagement, learning and transformation are central (Garmendia et Stagl, 2010; Akbulut et Adaman, 2020).

Interdependencies (between the different socio-ecological components of the systems) are the second aspect of our proposal. Their presence in the approaches analysed is nuanced: in two cases (Green *et al.*, 2017; Hubeau *et al.*, 2017) their consideration takes place only at the level of a recognition of the issue, and fails to be implemented. One case proposes a practical implementation using Portfolio Theory (Fraser *et al.*, 2005) to look at interdependencies and feedbacks between ecological and economic variables, although in practice it was not implemented, thus giving it the disadvantage of remaining at a theoretical level and, because of this, of lacking in clarity as to how it could be operationalised. Two implemented approaches do include interdependencies, either through the consideration of relations between human activities and environmental sustainability at different scales by using a Landscape Ecology lens (Hedberg, 2016), or through the use of activity-based indicators that recognise the said interdependencies (Moragues-Faus et Marceau, 2018). The latter approach has the added advantage that it creates a link with both trajectories (which are determined by the specific actions chosen) and actors (who are the ones choosing the actions); therefore further satisfying our proposal in which the unicity of the three elements is also central. The sustainability of TFS having a high degree of aggregate complexity (de Vries et Petersen, 2009), it becomes urgent to pay a closer attention to the relational and process-based nature of the phenomena studied, in order to tackle the "wicked" (Rittel et Webber, 1973) and "messy" (Norton et Noonan, 2007) problems we are confronted with.

A surprising fact comes from looking at the presence of trajectories, the third aspect of our proposal, in our selected approaches. We can see that in all applied methods, their consideration is related to a form of action: either the focusing on actions instead of goals (Hubeau *et al.*, 2017), the funding of specific transformative initiatives related to the assessment (Llanque *et al.*, 2021), or the territory-specific use of activity-based indicators (Moragues-Faus et Marceau, 2018). This is an encouraging finding, given our reckoning that one of the main current challenges in sustainability assessment is how to link it to changes in behaviours: since the consideration of specific and non-linear trajectories is done in tandem with action, it can open the way to such possible changes. Moreover, in all three cases, the consideration of trajectories includes both past and future pathways, and is done in a non-deterministic (open-ended) way, in which each territory is subject to a singular pathway of sustainability. As ecological issues are underpinned by uncertainty, ignorance of outcomes and complexity (Akbulut et Adaman, 2020), this open-endedness is a welcome feature.

The Sustainable Food Cities toolbox for action (Moragues-Faus et Marceau, 2018) deserves some further attention, as it is the only approach that addresses our three proposed categories in a positive way (given that (Hubeau *et al.*, 2017) only recognises the issue of interdependencies, without including it in their approach). In this, their approach is the closest we can give to a recommendation on how sustainability assessment of TFS *could* be done, if it is to fulfil its holistic and transformative potential. Its local, participatory and transformative vocation ('the aim was to collectively develop a flexible toolbox that provides a common narrative to map and encourage action towards sustainability in the

city', p14.) makes it the approach that we would most endorse from the selected ones—not because the rest are worthless but because of its close alignment with the elements of our proposal. Forthcoming work by the authors on work they have carried out over the past few years in Ardèche, France, should shed further light on how participatory work that is mindful of TFS interdependencies and trajectories can fulfil a transformative potential (cf. chapter 3). Although proposing a specific framework on how sustainability assessment should be carried out would be contrary to the principles we have exposed here, we believe that sharing experiences and lessons is a worthy effort in order to help creating a global movement of territorial transitions.

An element that needs mentioning, however, is the time and resource-intensity that such an approach entails. The organisation of several workshops and a follow-up of actions is essential, thus demanding expenses and a level of engagement on the part of participants that have elsewhere been identified as potential difficulties inherent to such approaches (Peuch et Osinski, 2020). This is perhaps the most complicated of all difficulties in transdisciplinary projects, and one that demands an immersion and commitment from researchers that may not be desirable for everyone, thus reinforcing patterns of top-down reductionisms that abound in the academia, and to which all of us scholars contribute to some degree (Anderson et McLachlan, 2016). On the same line, the sharing of experiences amongst different territories in which researchers have immersed themselves should be a central element in the study of sustainability transitions, above the detached comparison of sustainability indicators[7].

[7]Likewise, the ATTER project (cf. the manuscript's Introduction) is built around the sharing and comparing of different transition experiences and tools between a dozen territories in five countries.

Outside of the territorial scale of Food Systems, we know of two examples that appear to fulfil our guiding principles and that are worth mentioning, particularly since they can in principle be adapted to TFS. The LUME method (Petersen *et al.*, 2020), consists of a tool to analyse the agroecological transformation of agroecosystems (typically family farms) in terms of their autonomy, responsiveness, economic and ecological relations, and economic performance. Building on a range of theoretical elements, the proposal is to evaluate and discuss in a participatory manner the trajectories of the said agroecosystems in terms of their interrelationships, power relationships, etc. Likewise, a recent effort by FAO (Mottet *et al.*, 2020) has been successful in creating a framework currently used to analyse the sustainability of farming systems, and that includes elements of contextualisation through participatory consultation, analyses of past and future trajectories. Further work investigating the adaptation of these to the scale of TFS, as well as a deeper look into how the principles of our framework are applied, could be useful to increase the number and variety of the approaches so far identified. Although not directly addressed to TFS, both these approaches could well be tailored to them.

A final word of caution is needed: proposals such as ours should not be seen as a rejection of reductionist assessment methods and tools, nor that their use is incompatible with the elements developed in this article. They just serve different purposes, as it can be argued that more reductionist, top-down, indicator-based and static methods have undeniable advantages in terms of simplicity, replicability and comparability (Bossel, 1999). Critical scholars such as Norton et Noonan (2007) and Brunori *et al.* (2016) have already recognised that monistic (hard) and pluralistic (soft) methodologies are not only complementary but

also reinforce one another. This line of scholarship calls, nonetheless, for reductionism to be subsumed to holistic approaches, a call that we fully endorse. This implies walking a very fine line: any attempt to study a system, despite its holistic nature, will inevitably involve some form of reductionism, as that is how the human mind makes sense of the world we inhabit. The very concepts we propose are studied in isolation, despite the fact that we acknowledge that they are intimately linked. Nonetheless, we believe that considering them is already a step forward in moving towards a holistic view that can support the much-needed construction of sustainable futures, as it can help tackling deep leverage points (Dorninger *et al.*, 2020; Meadows, 1999) and offer the potential to bring about an effective feedback control to otherwise resource-depleting food systems (Jordan, 2019). Future proposals and frameworks will surely help moving further ahead in this path.

2.5 Conclusion

We have made a proposal to approach the sustainability of territorial food systems based on the consideration of actors, interdependencies and trajectories, and used it to analyse 14 existing assessment tools. We see our framework as having the potential to guide sustainability assessment towards a better incorporation of local complexities, and creating the necessary shifts in individual and collective behaviour that the dawn of the Anthropocene calls for. The agro-ecological transition, despite having an undeniable technical component, is not a technocratic affair, and the inclusion of actors in a bottom-up fashion, the consideration of the trade-offs and interdependencies that define a system above fixed

indicators of variables, and an increased attention to specific and non-linear trajectories is in itself a change of paradigm that can more efficiently tackle rules and values than reductionist methods used in isolation[8]. The succession and seemingly increasing pace of recent crises globally are creating pressure for local transformations to happen, and so understanding a system in terms of its fundamentals (Meter, 2019) can be more helpful than having a top-down, fixed-state and linear-based view of it.

[8]An issue we have not explored here is that of links between scales, and how the use of territorial approaches can be used in tandem with reductionist ones so as to explore their global implications (Etxano et Villalba-Eguiluz, 2021).

Préambule au Chapitre 3

Transformative social learning through argumentation to support sustainable transformations of territorial food systems: theoretical elements and presentation of a serious game

Article soumis à la conférence de l'*International Simulation and Game Association* (ISAGA), à avoir lieu en juillet. Réponse attendue pour le 21 mars.

La vocation de ce dernier chapitre est de conclure en donnant un cadre théorique pour penser la durabilité des SYAT en fonction des leçons tirées des deux précédents, ainsi que de proposer une démarche expérimentale pour recréer une situation réelle d'interaction. Il met en lien des aspects et résultats discutés précédemment, pour ainsi produire un cadre unifié et cohérent. L'interaction sociale et l'évaluation participative attentive aux interdépendances et trajectoires uniques des SYAT sont donc au cœur de cette dernière réflexion et observations.

Le résultat mis en avant dans le chapitre 1 (que les informations et connaissances recueillies au sein des interactions et réseaux sociaux sont davantage déterminantes des comportements que celles transmises de façon externe comme peuvent être des labels, rapports ou même des signaux-prix) inspire le besoin d'observer des situation réelles d'interaction, pour ainsi voir comment les pratiques alimentaires durables sont discutées et argumen-

tées, ainsi que le potentiel réel qu'une telle interaction peut avoir pour établir des visions communes au sein d'un territoire capables d'orienter l'agir de tout un chacun. Dans la logique du modèle, la connaissance est découverte par les agents dans leur interaction, bien qu'elle reste figée et « objectivable » (chaque dimension de durabilité est soit présente soit absente dans un bien). Il appartient au chapitre 2 de décrire la durabilité comme un fait socialement construit, qui appartient à un espace et à un temps déterminé, ce qui mène d'une logique de « découverte » à une « co-construction » des connaissances. Le chapitre 2 établit aussi l'importance d'inclure les acteurs dans les processus d'évaluation et de diagnostic de durabilité des SYAT, en proposant que de tels processus soient faits d'une façon transdisciplinaire depuis leur conception jusqu'à la communication de leurs résultats, y compris pendant les phases de réévaluation nécessaires face aux évolutions et changements dans les trajectoires de ces systèmes. Ceci, non seulement à des fins d'obtention de données, mais aussi car la transformation de ces systèmes ne peut se faire qu'avec la participation et mobilisation d'une proportion importante de ces acteurs. On met aussi l'accent sur l'importance d'étudier les interdépendances à l'œuvre dans un SYAT, ainsi que sa trajectoire unique, dans les processus d'évaluation.

Forts de ces réflexions et constats, nous avons eu la volonté de confronter des acteurs d'un territoire aux résultats de différents processus d'évaluation de la durabilité du système alimentaire, et de le faire d'une façon qui soit facilement accessible et avec laquelle ils puissent s'identifier. Ainsi, nous avons privilégié les descriptions qualitatives et générales de la réalité du territoire aux données quantitatives ou à forte composante technique—un choix qui peut bien entendu être modifié pour une utilisation différente de la démarche que

nous proposons. Puisqu'un SYAT touche potentiellement tous les aspects socio-écologiques de la vie, les descriptions que nous utilisons ont une portée large, allant de la réalité socio-économique jusqu'à la culture et institutions locales. L'un des aspects identifiés dans la littérature sur l'évaluation de la durabilité (que ce soit dans l'alimentation ou ailleurs) est le peu de changement de pratiques qu'elle entraîne malgré un constat net du besoin d'ajustements pour aller vers des trajectoires durables, donnant lieu à ce qui a été décrit comme un problème d'implémentation (Alrøe et Noe, 2016) ou déficit d'adaptation (Flood *et al.*, 2018)—l'équivalent social de l'écart intention-action décrit dans l'introduction de cette thèse et travaillé lors du chapitre 1. Bien qu'une grande majorité de la population soit consciente des effets négatifs que nos pratiques, ici alimentaires, ont sur notre environnement et réalité sociale, il n'y a qu'une fraction minuscule qui adopte des changements à la hauteur des besoins (du moins s'il s'agit de réduire la vitesse à laquelle nos pratiques dégradent les écosystèmes terrestres). Il apparaît comme évident que l'existence de ce type d'informations ne suffit pas à produire du changement, et certaines réactions sociales récentes comme les mouvements de contestation aux taxes écologiques en France laissent penser que les incitations monétaires ne suffisent pas non plus à elles seules et peuvent avoir des effets secondaires néfastes.

Le pari fait ici est donc de confronter les acteurs à l'évaluation par le biais du jeu et de la délibération et argumentation, et de le faire avec une attention directe aux interdépendances entre l'état actuel du SYAT et les pratiques alimentaires que l'on peut choisir. En cela, nous proposons une sorte de « mise en situation » de ce qui est présenté et discuté dans les deux chapitres précédents, afin d'inciter des changements au niveau individuel et

collectif. L'utilisation du mot délibération doit être quelque peu nuancée, car elle est souvent associée à un objet précis et à des réponses opérationnelles (par exemple, délibération dans l'évaluation des services écosystémiques afin d'établir un ordre de priorités (Murphy *et al.*, 2017; Wilson et Howarth, 2002)). Nous nous plaçons plutôt dans une optique de délibération compréhensive : dans l'expression d'arguments divers autour de la thématique de durabilité du SYAT, il s'agit de faire avancer les acteurs vers une compréhension partagée. Le lien avec le chapitre 1 a lieu car l'hypothèse de travail du jeu est que les connaissances autour de la durabilité territoriale émergent dans la délibération (c'est-à-dire une forme d'interaction), processus pendant lequel elles sont co-construites.

Le chapitre 3 fait entrer la thèse de façon plus frontale (et assumée) dans un paradigme de science post-normale (Becu, 2020 ; Funtowicz & Ravetz, 1993), où la production de résultats à vocation universelle est un objectif secondaire par rapport à la qualité des processus d'enquête et aux innovations sociales qu'ils peuvent produire, face à des objets d'étude à haute complexité et subjectivité. Nous ne nous sommes affichés ni avec des réponses précises ni avec des questions particulières à traiter, mais avons laissé place à l'émergence d'une construction collective des problèmes (ce que l'on peut appeler aussi constitution, ou encore configuration (Cefaï, 1996)). Le paradigme post-normal nous fait aussi sortir d'une vision de l'expérimentation en sciences sociales comme étant une affaire isolée et cantonnée dans le temps, nous ramenant vers son inclusion dans des contextes plus larges de travail. Ainsi, le jeu sérieux proposé n'est pas conçu comme un produit isolé, mais il est le fruit d'une longue réflexion nourrie par de nombreux séjours dans le territoire analysé depuis bientôt huit ans, ainsi que d'une participation aux projets de recherche déjà

évoqués, dont le volet participatif est central. Le jeu en tant qu'outil d'enquête et comme levier de changement est donc en quelque sorte spécifique à ce territoire, et une adaptation ailleurs demandera un investissement préalable (sans besoin pour autant de durer huit ans, bien entendu) ainsi qu'un soutien qui est grandement facilité par le contexte du projet de recherche-action. En cela, il n'est pas à l'heure actuelle un outil « clé en main » pour être transféré dans d'autres contextes, bien qu'il ne serait pas difficile d'en concevoir une version générique avec davantage de portabilité[1].

Le chapitre 3 a un double format théorique et pratique. D'abord, il établit un cadre d'analyse pour penser la durabilité des systèmes alimentaires territoriaux qui s'inspire des différents éléments déjà traités dans la thèse, avec une conceptualisation en partie nouvelle. Il s'agit donc de mettre en interaction ces éléments d'une façon intégrée, en cohérence avec la logique de complexité et d'interdépendance présentée dans la thèse, ainsi qu'avec le paradigme de science post-normale défendu. Ensuite, il présente la conception et mise à l'épreuve d'un jeu sérieux qui tient compte de ce cadre d'analyse, ainsi qu'une série d'observations obtenues pendant son déroulement. Nous avons fait le choix d'un jeu avec support physique pour être joué sur place, bien que nous nous soyons interrogés sur la pos-

[1]Ces derniers mois ont été riches en diffusion de jeux en lien avec nos thématiques. Un exemple avec une vocation pédagogique et informationnelle plus directe que la nôtreest *Que mangerons-nous en 2050* de Solagro, qui cherche à montrer aux joueurs les besoins en terres et les émissions de CO_2 associés à de différents types de consommation alimentaire qu'ils privilégient (Solagro, 2022). De même, l'Institut pour la Recherche et le Développement a participé à la création d'un jeu appelé *La Marmite—la solidarité alimentaire à la carte* et qui cherche à mettre en évidence des aspects « collectifs » des choix de consommation alimentaire (inégalités, droit et démocratie alimentaire, liberté de choix), sans toutefois que l'échelle territoriale ni la vision systémique soient affichées dans leurs descriptions (IRD, 2023). De leur côté, le collectif Démocratie Alimentaire a fait circuler dernièrement des invitations pour tester un jeu appelé Democr'alim, dont l'objectif serait de « développer une vision systémique des enjeux de l'alimentation, être en mesure d'établir des relations entre chaque acteur•ice du système alimentaire, réfléchir ensemble et de manière ludique à des façons de concevoir une gouvernance de l'alimentation ». Bien que cette dernière démarche apparaisse comme plus proche de ce que nous proposons, il n'y a pas pour l'instant (février 2023) d'autres informations disponibles publiquement.

sibilité d'une version entièrement informatique du fait de la succession de restrictions de déplacement et de rassemblement en 2020 et 2021. Le choix n'a pas été fait sans réflexion, car il nous a semblé important de continuer notre étude en mettant en lien les participants dans un cadre « réel » et non « virtuel », alors même que la société basculait dans le distanciel et dans l'hybride. L'argumentation, aspect central de l'activité, n'aurait pas pu avoir la même dynamique lors d'une activité en ligne, car l'échange rapide d'arguments entre les joueurs aurait été freiné par les difficultés dans la communication derrière l'écran qui sont aujourd'hui bien connues de tout le monde. Bien que la thématique s'éloigne de notre fil conducteur pour en discuter longuement, notre soutien d'une transition agroécologique territoriale passe aussi par la défense de liens directs entre les acteurs, ce qui semble difficilement atteignable sans une présence physique. Ceci n'empêche pas pour autant que des supports informatiques pour faciliter le jeu puissent être mis en place[2], mais cela reste à l'heure actuelle une possibilité qui n'a pas été concrétisée.

Le jeu présenté cherche à s'inscrire dans une logique de transdisciplinarité « participative » plutôt que « consultative » (Binder *et al.*, 2010; Mobjörk, 2010), telle que discutée dans le chapitre 2. Ainsi, chaque occasion pendant laquelle le jeu fut testé donna aussi l'occasion de le faire avancer vers une meilleure prise en compte des particularités et attentes locales. A titre d'exemple, les cartes « contexte » qui seront présentées ont été renommées suite à la première mise à l'épreuve, puisqu'au début (et par la suite du travail réalisé lors du deuxième chapitre) elles avaient été appelées « évaluation ». Le

[2]Depuis sa création au début des années 2000, le collectif ComMod a acquis une longue expérience dans la modélisation d'accompagnement, et dans l'utilisation de supports informatiques associés aux jeux sérieux. Un élargissement de notre démarche vers des supports informatisés aurait beaucoup à gagner en s'y associant. Voir, par exemple, Becu (2020); ComMod (2005); Étienne *et al.* (2014); Le Page (2017)

premier débriefing a permis de constater que l'utilisation du mot évaluation pouvait être trompeuse, car il ne s'agissait pas de donner une valeur à chaque élément de description mais simplement d'établir un constat partagé sur la réalité locale. De cette façon, nous nous inscrivons davantage dans l'optique de méthodologie d'implémentation émergente évoquée dans l'introduction, où la découverte de sens et l'apprentissage ont lieu de façon horizontale avec les acteurs.

Chapitre 3

Transformative social learning through argumentation to support sustainable transformations of territorial food systems : theoretical elements and presentation of a serious game

Abstract

The urgent transformation of food systems towards social and ecological sustainability requires a better consideration of the territorial scale and of social learning processes at play that allow actors to better grasp both the complexity and the impact they can have on the food system. For this, deliberation among local actors appears as a useful approach to gather a diversity of experiences and visions. This article presents a conceptual framework and a serious game that seeks to create such deliberation on the topic of how food-related

practices have an impact on the territorial food system. Having put the game to test three times in the context of an action-research project, we present some elements of observation that show how deliberation and social learning take place during the activity, and discuss the implications it can have to support the said learning and transformations.

Keywords : Territorial Food Systems, Transformation, Deliberation, Social Learning

3.1 Introduction

The territorial scale is increasingly seen as the right one to promote sustainable and just food systems, both by scholars (Horlings *et al.*, 2020; Lamine *et al.*, 2019; Marsden, 2013b) and international organisations (OECD *et al.*, 2016). The territory[1] is the scale at which transitions to sustainability can more easily and organically take place, and territorial approaches allow bringing together diverse actors and therefore contribute to the construction of shared visions of sustainability and justice. Given the cultural specificity of food, work aimed at changing practices towards a better incorporation of sustainability needs a better consideration of the local scale than what is currently done (Béné *et al.*, 2019a).

The sustainability of territorial food systems (TFS) requires more than just technical shifts, and asks for social innovation and systemic restructuring (Marsden, 2013a). Thus, changes in actors' behaviours, values and relationships are just as central to territorial sustainability as can be technical improvements for less polluting forms of production, or more efficient ways of irrigation, packaging and recycling. **The notion of transformation, a radical and profound change at the individual and collective level spanning different scales (Magda**

[1]I understand a territory as an evolving social construction not necessarily circumscribed to administrative lines. It is the place where practices, direct relationships, collective action, and some common cultural views over agriculture and food issues exist (Carroll et Fahy, 2015; Hazard, 2018; Lamine *et al.*, 2019) .

***et al.*, 2021; Stirling, 2014), thus appears as a necessary element if sustainability is to be achieved**.

The literature on participatory research often discusses the issue of collective and social learning, perceived as instrumental in fostering such transformations (Herrero *et al.*, 2019). Deliberation is seen as a particularly useful way of fostering social learning in a participatory setting, namely in the area of sustainability assessment (Douguet *et al.*, 2022; Frame et O'Connor, 2011). Moreover, participatory and deliberatory methods for sustainability issues tend to have a better consideration of the territorial scale (often carried out at the level of a city or rural area), than do their top-down counterparts (cf. chapter 2)).

Although an important proportion of individuals currently agree on the need to change their food practices towards a better incorporation of environmental and social issues, namely with regards to consumption, the literature and day-to-day experience find that their actual change in behaviour is often limited (Lazaroiu *et al.*, 2019). Part of the explanation for this is that behaviour is dependent on social norms (Godin *et al.*, 2005), and so behavioural change needs to be anchored in social interaction and learning (López-Merino et Rouchier, 2021). The evidence suggests that games are effective tools to support learning and change (de Freitas, 2018; Medema *et al.*, 2016; Steiner *et al.*, 2020), and so they offer a promising potential to help tackling socially-dependent sustainability issues, including this intention-behaviour gap.

With all this in mind, we conceived a serious game with the concrete aim of creating an engaging space of argumentation and deliberation around the issue of how our food practices impact the territory we inhabit in its ecological, social and economic dimensions.

The intention behind it is to foster social learning on this issue, with the ultimate goal of supporting change and the sustainable transformation of a TFS.

The article is structured as follows : Section 3.2 introduces elements from the literature on deliberation, social learning and transformation, in order to operationalise their definition around a common framework of the sustainability of TFS. Section 3.3 presents the game we conceived. Section 3.4 offers a number of observations gathered from its three implementations, in terms of the game's objectives (create a situation of deliberation, promote social learning, and support change and the transformation of the TFS). Finally, Section 3.5 discusses the implications of this for researchers and practitioners working on sustainability transitions of TFS.

3.2 Deliberation, social learning and transformation

Defined as an exchange of arguments through which individuals can change their views (Butler *et al.*, 2019a; Dryzek et List, 2003), deliberation is deemed as a useful way to look for consensus, produce knowledge and orientate action. In a paradigm of post-normal science (Becu, 2020), the value of deliberation is not derived from its capacity to give definitive solutions to problems identified, but from the equal footing in argumentation that concerned participants have (Ernst, 2019; Webler *et al.*, 1995), and the inclusion of diverging views and values that can help reaching a common understanding of the social and ecological causes of problems, and desirable pathways out of them (Murphy *et al.*, 2017; de Vries et Petersen, 2009; Wibeck *et al.*, 2022). Participation and deliberation are deemed as potentially having a strong transformative effect on TFSs (Peuch et Osinski, 2020;

Renting *et al.*, 2012). Contrary to other areas in which a sustainability transition is also needed (such as energy or transport), food is chiefly a cultural phenomenon, encompassing dimensions well beyond the satisfaction of specific nutritional needs. In this, creating spaces where individuals can safely exchange and explore common views on how to co-create a sustainable TFS is of utmost importance, and perhaps more urgent than in other areas.

Participatory deliberation is closely linked to the notion of social learning, which has progressively become a new paradigm in adaptation and sustainability (Collins et Ison, 2009; Siebenhüner *et al.*, 2016). Deliberation and social learning are linked in that the former produces learning effects "that go beyond individual and predefined interests and/or values, and create opportunities for a shared understanding and joint action" (Garmendia et Stagl, 2010).

Social learning is difficult to conceptualise, and the entirety of sources checked for the purposes of this article coincide that its definition remains a matter of debate—when not something researchers choose to avoid outright (Becu, 2020; Daré *et al.*, 2010; Ernst, 2019; Garmendia et Stagl, 2010; Medema *et al.*, 2016; Reed *et al.*, 2010; Siebenhüner *et al.*, 2016). In the context of participatory approaches to complex problems with multiple stakeholders, van der Wal *et al.* (2014)[2] define social learning as "a convergent change in the stakeholders' perspectives on the problem and its possible solutions and risks, as well as on their own and the other stakeholders' position[3] and responsibility with regard to solving the problem". This definition[4] is of interest when applied to TFSs, where a multiplicity of daily decisions

[2]In their case, natural resource management.

[3]This can be related to the notion of *relational reflexivity*, studied by Lamine et Noe (2018) in the context of value-based food chains.

[4]The definition is compliant with the conditions of Reed *et al.* (2010) : change in the understanding of involved individuals that is situated in wider social units resulting from the exchange of ideas, arguments

on the part of actors impact their sustainability, therefore calling for an increased awareness of the interdependencies and uncertainties at play, as well as responsibility and ownership with regards to the issues at stake ("systems thinking", Garmendia et Stagl (2010)).

Another central concept in a sustainability transition at the territorial level is that of transformation. Policy and research arenas insist more than ever on the importance of societal transformations to tackle the sustainability challenges of the 21st century. Transformation has been defined in the ecological economics literature as a rupture producing a non-linear and lasting change towards more desirable socio-ecological systems (Dorninger *et al.*, 2020). It implies changing the rules, paradigms and values that underpin deep system properties (Meadows, 1999), fundamentally changing the way we think about the complex systems that sustain us (Folke *et al.*, 2005; Garmendia et Stagl, 2010), including our food system.

Based on a thorough review of social learning in ecological economics, Siebenhüner *et al.* (2016) claim that transformative change is supported by the creation of new relationships and the strengthening of old ones. A transformation is thus also a reinforcement of the sense of community and of local embeddedness, something that implies a depart from the evolution of western secular societies over the past few centuries (Polanyi, 1962; de Vries et Petersen, 2009). In this, deliberation, social learning and transformation form part of what has been termed a "new Galilean Shift" (Garmendia et Stagl, 2010; Kofman et Senge, 1993), where a change in the centre of attention from self to community and environment takes place, and where the primacy of scientific reductionism and calculation gives way to

and information.

the coherence of narratives and interpretations.

To sum up :

Deliberation is

- an exchange of arguments
- giving participants equal footing in argumentation
- including diverging views and values

Social learning is

- a convergent change in perspectives
- bringing about an increased awareness of interdependencies
- creating a responsibility and ownership of issues at stake

A transformation is

- a non-linear and lasting change to a more desirable system
- implying a change in the rules, paradigms and values that underpin system properties
- producing a shift from self to community and environment

Transformations play out at the level of individuals, groups and place-based socio-ecological systems. The collective and localised aspect of these changes have not been given as much importance as their individual aspect, which is coherent with a larger global paradigm of efficiency (de Vries et Petersen, 2009). Nonetheless, transformations cannot be achieved by individuals in isolation and purely based on a system of incentives. The link between participation, social learning and transformation needs to be given more prominence : as the said rules, paradigms and values are the output of a social construction, having them changed inevitably needs to involve a process of collective learning.

We articulate these three elements in a common framework with regards to the sustainability of TFS from a post-normal science point of view, as shown in Figure 3.1. Participatory deliberation helps producing social learning which, under certain conditions, can help foster transformations. Such transformations, by increasing collaboration and the consideration

of the collective interest raise the use of deliberation as a tool for learning and decision-making. Using a ternary structure, we can argue that change for sustainability of TFS has these three elements as its determinants, each of them including the three specific aspects highlighted above.

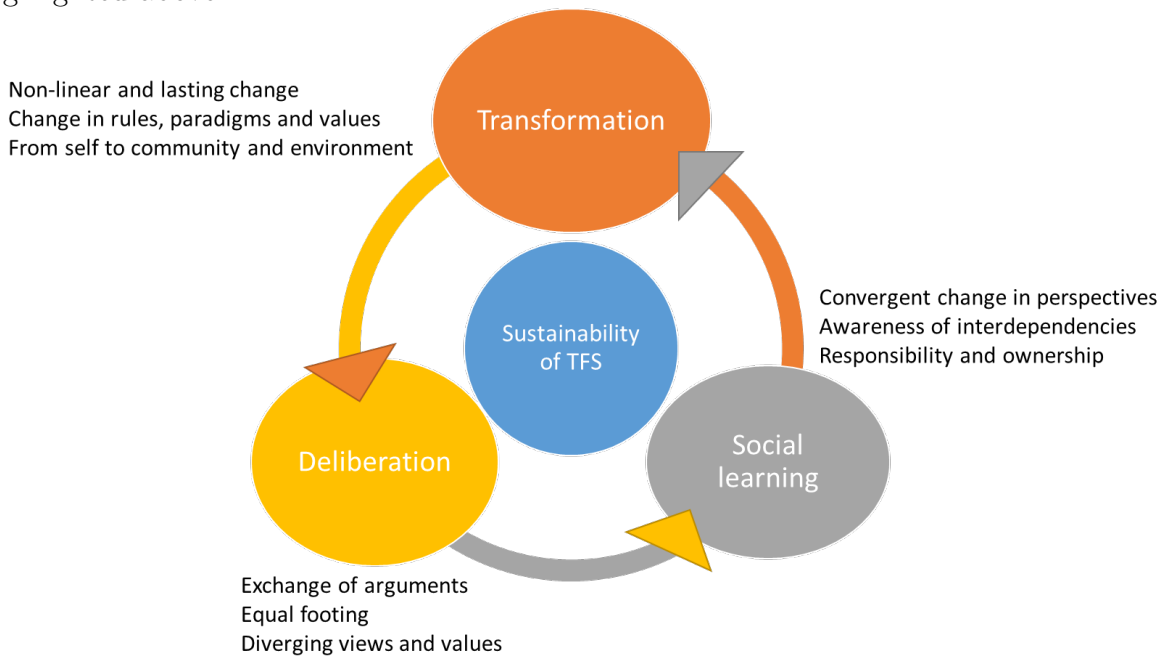


Figure 3.1 : Deliberation, social learning and transformation as a framework for the sustainability of Territorial Food Systems from a point of view of post-normal science.

3.3 Using a serious game as a deliberative tool for transformative social learning

Context and objectives of the game

It appears as useful to put to test tools and approaches that can have the elements of the above framework act together. Why using a game, though ?

The importance of playing as a vector for learning has a long history in the field of

developmental psychology (de Freitas, 2018; Piaget, 1951 (2013). More recently, scholars working on sustainability issues have paid attention to the possibilities that playing offers in terms of social learning and transformative change (den Haan et van der Voort, 2018; Medema *et al.*, 2016). The literature refers to "serious games" as those whose primary purpose goes beyond entertainment, and where a rule-based, interactive environment, gives players the possibility of learning by taking actions, under the assumption that the learning that emerges can be transferred to and affects the world outside the game (den Haan et van der Voort, 2018; Mayer, 2009).

Serious games can be useful tools for deliberation and learning on sustainability issues, as they can help dealing with situations that involve changing the mental models of actors (Scholz *et al.*, 2014), building trust and understanding the conflict dimension of a transition (Medema *et al.*, 2016; Zhou, 2014).

The design of the game was done with a few objectives in mind, related to the elements exposed in the preceding section :

O.0 : The game is engaging and fun to play.

O.1 : It recreates a situation of ***deliberation*** *on the sustainability of the TFS.*

O.2 : It produces ***social learning***.

O.3 : It aims to contribute to a ***transformation*** *of the TFS.*

These objectives are, needless to say, increasingly ambitious. Objectives O.0 and O.1 were thought out from the conception stage of the game. O.2 contains more abstract notions that can, in the best of cases, be observed during the game and ex-post. O.3, the final objective, needs situating the game in a much larger context, to which we get in the

discussion section.

We put the game to test twice in 2021 and once in 2022. Each time we allowed for 45 minutes of play, which gave enough time for 7 rounds of argumentations and objections. The first two times, teams were composed of 5 people on average, randomly composed by having players pick up a card showing the team they belonged to. The third time, only 4 people in total were available, and so we made teams of two and ditched the role of the referee. On all occasions, we took an extra 15 minutes for instructions before playing. On the first and third occasions, we added 25 minutes to debrief at the end (we only had 5 minutes to debrief the second time). The third debriefing was guided by a series of questions pertaining to the framework exposed in this article. Participants to the first occasion (Group 1) had already been part of the action-research project (*l'Assiette et le territoire* (Lamine *et al.*, 2022).) for two years, were well-acquainted with one another, and had an expressed stake on the TFS, either as farmers, researchers, politicians, consumers, etc. Participants to the second and third occasions (Groups 2 and 3) were for the most part unacquainted with one another and not directly engaged in the project. Nonetheless, since the game took place in the context of an open forum on the topic of food transitions, it can be reasonably imagined that they had an express interest on the issues discussed in the project. Video recordings were made on all occasions after having participants agree to a GDPR-compliant charter, and a participating observer (Hassenforder *et al.*, 2020) joined each time.

Design of the game

Each team is composed of two or more players. Other than the players, there is a referee and a timekeeper, as well as the facilitator. The materials used in the game are :

- *Context cards.* 45 short phrases describing the characteristics of the TFS of southern Ardèche, based on participatory work carried out by the *l'Assiette et le territoire* project and partners. At each round, a team has to draw between 1 and 4 of these
- *Practice cards.* 35 different (non-exhaustive) possible actions regarding food, based either on an individual decision (e.g., which type of distribution to favour) or on collective forms of organisation (e.g., to organise group purchasing schemes). At each round, a team starts with two of these and have to choose one to play.
- *Wild cards.* Specific instructions designed to earn points outside of the main rules of the game. In rounds where wild cards come out, no new context or practice cards are played.
- Dice, board, markers (green, red and black).

Teams earn points by drawing links between the chosen *practice* card and any number of the *context* cards already on the board. A green link (2 points) is drawn when a given practice has an impact on a context card that is deemed as good for the TFS. A red link (1 point[5]) implies, conversely, a negative impact on the TFS. A link must be argued for briefly for it to be counted. For example, the practice purchasing in a chain store may be

[5]The choice of fewer points for negative links was done to promote a deliberation on practices positively affecting the TFS.

deemed as having an impact on the element of context several short circuit sales initiatives, and the team could argue that it is a red/negative one because such a practice will reduce the incentive for farmers to sell directly, which is something they value in the territory.

Teams can also object to the links drawn by the other team. Objections can be either because they deem the link as non-existing, or because they think it is not of the colour selected. Using the previous example, they may say that buying in a chain store should have a green link with the presence of direct sales points because it is important to concentrate food distribution in order to avoid car miles, therefore contributing to a low-emissions territory. When an objection takes place, it is up to the referee to determine whether it trumps the previous argument or not. If the objection does trump the previous argument, the link's points go to the objecting team.

A given round of play happens as described in the flowchart in Figure 3.2.

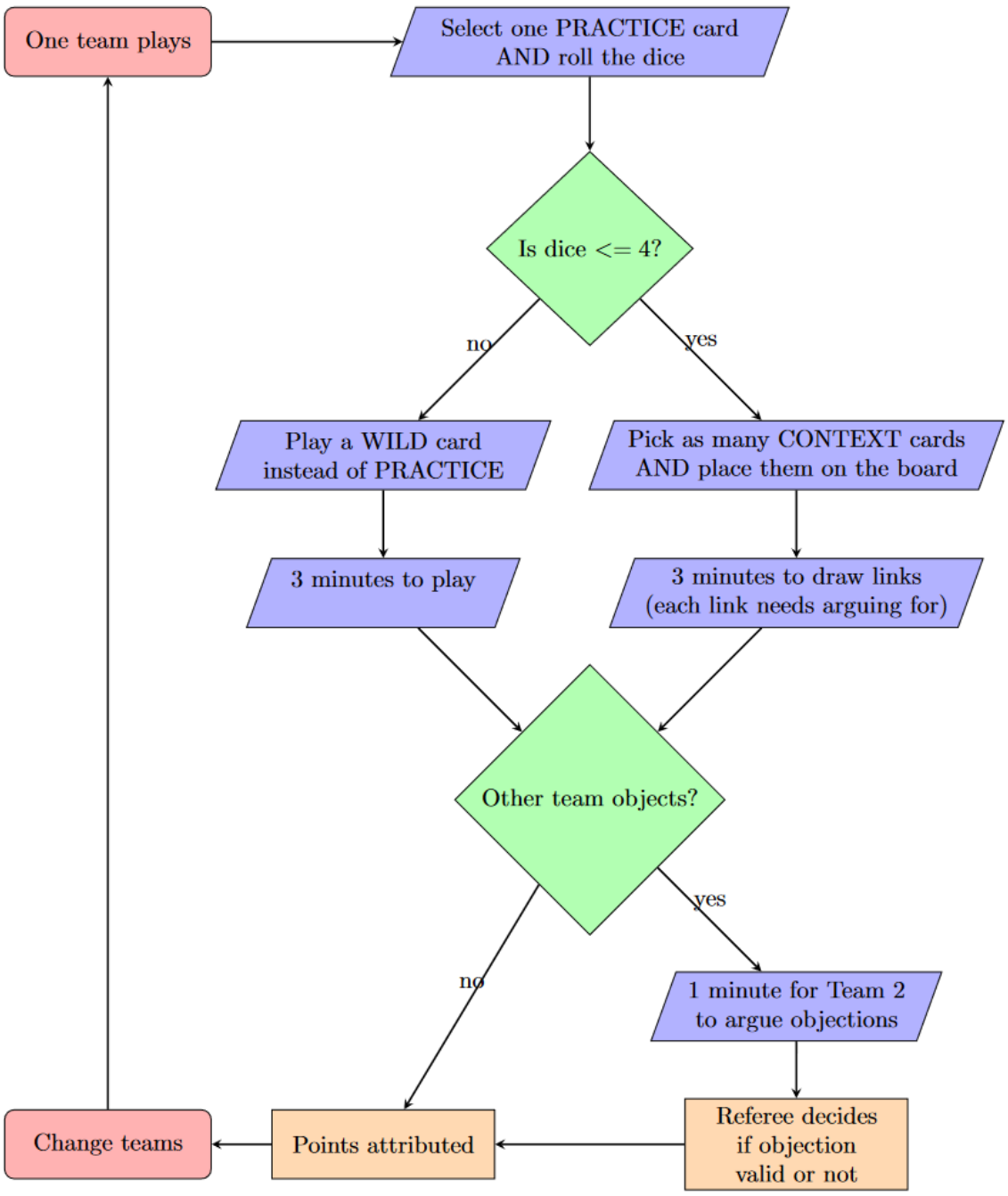


Figure 3.2 : Description of a round of play.

For the full list of context, practice and wild cards, as well as the instructions given to players, referee, timekeeper and person keeping points, see Annexes B and C.

3.4 Elements of observation

Below, we classify some of the observations based on the framework presented in Section 3.2.

Engagement and fun (O.0)

The game turned out to be an entertaining and engaging activity for players. During both debriefings, participants were unanimous in saying that they enjoyed taking part in the activity, and both the on-site observation and the analysis of the videos show an atmosphere where the enjoyment and the pleasure of playing are present. Participants expressed appreciation for being given the opportunity to interact with others on issues pertaining to their TFS. Nonetheless, the appreciation was lesser in the third occasion, in which participants felt that teams were too reduced for allowing the emergence of a variety of views that could render arguments more solid (the game was thought out to be played by teams of 4-5 people).

Deliberation (O.1)

Exchange of arguments. Arguments were exchanged throughout the activity, both within teams and between them : within, when a team has to decide how to justify the links they are playing, between, when they bring arguments forward to play and eventually to have it confronted by an objection. Argumentation within groups was quick and leaning towards consensus, and so arguments were put forward relatively quickly and in a homogeneous fashion. Conversely, argumentation between teams proved more contentious and leaning

towards divergence, and objections were placed on links at least once almost in every round.

Equal footing. We have reason to think that the game favours equal footing in argumentation, more than what can be achieved in a regular discussion on the same issues. Participants were remarkably active in discussions within and between teams, even those who initially mentioned a lack of knowledge or capacity to argue on the issues at stake (such as a young teenager who joined one of the activities). During debriefings, they showed appreciation for the space the game gives to exchange and express themselves. Conversely, we could observe that during instructions and debriefing, speech was less equitably distributed, with some individuals taking a more central role in the discussion–even creating a situation of tension whereby one participant had to ask "can you please let me finish my sentence" to another one, something that never happened during the actual game. The rules of the game favoured this equity, as each team is informed that they will have a time to counterargument *after* the three minutes of argumentation have elapsed, and since teams have an incentive to listen to everyone's arguments so as to pick the most credible one.

Divergent views and values. Views expressed concerning the positive or negative impacts of practices played could differ, both within and between teams, and the professional interests of players had a visible role on this (an entrepreneur selling vegetable steaks and a farmer practicing extensive husbandry both gave counter arguments that implicitly defended their positions). The frequency of objections attests to the presence of divergence in *views*, although *values* appears as far more homogeneous (we saw no discussion playing

out at that level, an issue we get back to in the discussion).

Social Learning (O.2)

Convergent change in perspectives. We could observe some convergence in perspectives during the activity, with players being confronted to an objection generally showing acceptance of the counterarguments presented. We witnessed a couple of moments were new insights were gained, such as when a person from a small village went against the idea that tourists were a favourable element for small shops and open air marketers, giving an argument based on an acquaintance's personal experience with tourists—or when a vegetable steaks' seller discussed the positive impact of a vegetarian diet on attenuating climate change "even when accounting for the negative effects of imported soya beans". According to Group 3's observer, the fact that teams are composed randomly was supportive of exchange and convergence, since it forced players to team up with people they may not have spontaneously chosen.

Awareness of interdependencies. By its very design, the game brings about an exploration of interdependencies between practices and elements of context, the final picture on the board being one of intertwined links (see figures in Annex A). We could observe some capacity to explore and discuss impacts based on interdependencies that were not initially accounted for (such as a discussion on the interest of buying directly from farmers, deemed as very positive by one of the teams but objected as potentially having a negative impact on the local shops by the other one). Counterarguments were often based on an increased subtlety in exploring these impacts, and it was mentioned during the debriefing that the

very fact of having cards with the different contextual elements brings about a propensity to explore the issue. At the same time, however, it was expressed also that the discussion remained within the boundaries of relatively known issues that are already common ground.

Responsibility and ownership of issues at stake. Regarding the possibility of the game increasing the players' responsibility and ownership of issues at stake, a discussion took place during the debriefing with Group 3 players, after asking the extent to which the game motivated them to act differently than they currently do. Responses to this question were elusive, giving reason to think that the game was at best mildly successful in increasing players' sense of responsibility and ownership of their TFS. At the same time, they showed some self-reflexivity by expressing that they were all acquainted with and sensible to the issues at stake, and that a better way to assess this item would be to play the game with people or in places less used to such reflexions.

3.5 Discussion : towards a transformation of a TFS

The observations presented above suggest that the game produces deliberation and, to some extent, social learning, therefore contributing to the transformation of the TFS through the dynamic framework presented in Section 3.2. Although transformation is the ultimate *design-in-the-large* (Klabbers, 2006; Becu, 2020) objective of the activity, it would be excessively ambitious to claim that it can, by itself, produce a full-blown non-linear and lasting transformation just by having a handful of individuals playing and debriefing on it for 90 minutes. In this, its inclusion in a wider and longer lasting activity (the afore-

mentioned action-research project) is central to any transformative potential it may have, inasmuch as the different outputs of the project—production of a common manifesto, better comprehension of the TFS's trajectory and levers for change, experimentations and organisation of local forums—all fit inside the framework described in Section 3.2. Nonetheless, this can render the game excessively context-dependent and with little external use if one is not able to devote considerable time and resources, and have enough human and financial support. A 'ready-to-use' version could be conceived so that its implementation is simpler on different contexts, although we have not worked on that as of yet—giving instead preference to its embeddedness.

This lack of external use notwithstanding, the activity gives reason to be hopeful with regards to the transformative shift from self to community and environment described above, as it appears that such a shift has to a large extent taken place at a cognitive level with the public chosen. As described in the observations, *value* divergence was virtually non-existent, and players could argue at ease with regards to the TFS sustainability from a social and environmental point of view. They all agreed to already having community and environmental issues as guiding principles in their daily actions—giving hope that a transformation may already be underway. Two points of caution need highlighting, however. First, our players are not necessarily representative of the territory, as such projects and forums bring together like-minded individuals sharing a common view against mainstream industrialised and globalised agriculture, with protection of nature and of local relations in the food system seen as key pillars. A different activity would certainly have taken place if more diverse players had joined, increasing the *divergence* component of deliberation. This

would also be useful in terms of the game's impact and perceived legitimacy (Ernst, 2019; Mostert *et al.*, 2007), and potentially help bridging existing fractures between conventional and alternative networks that can work against territorial transformations (Lamine *et al.*, 2019). One can also theorise that a higher diversity of views and knowledges can increase the *social learning* aspect of the activity, although until we do further testing this remains a hypothesis. Secondly, players expressed discouragement during debriefings as to the actual transformative potential of individual action, with stakes perceived as too large to be tackled without action at the higher levels and through public action. Indeed, the two times wild cards pertaining to collective or institutional action were played, the actions chosen were among the most impactful in terms of positive links created with the territory—despite being based on costly efforts such as purchasing land on a large scale to reorient the local production. The feeling is that individual and/or localised actions can have a relatively minor impact when compared to high-level policy ones.

Moreover, having relatively homogeneous players can reduce the exploration of the *conflict* element of sustainability, as not only players share views but also tend to be in similar socio-economic positions. The inclusion of more precarious publics, as well as of dominant actors from the production chain could have increased the level of disagreement, and perhaps give a more prominent role to the referee. We could see how players with a commercial stake (farmer, seller) were the among the few to bring actual new insight to the discussion, and so it would be an interesting thing to have more dominant players who positively benefit from the unsustainable state of the TFS (Peuch et Osinski, 2020). On top of this, mainstream views and discourses on sustainability have tended to favour "win-win" views

that hide the sacrifices and efforts that are needed in a transition (Béné *et al.*, 2019a; Deldrève *et al.*, 2021; Norton, 2005). Such narratives are present even in "alternative" groups such as the ones we played with, which we could amply observe during the rounds of argumentation, and is illustrated by the fact that practice cards tend to be associated to green-only or red-only links[6]. Learning how to deal with conflict-ridden situations has been identified as one of the key aspects of social learning for sustainability (Garmendia et Stagl, 2010), and so a more direct inclusion of conflicting interests in terms of players could be a welcome addition, in a playing context that could foster conflict without real-life consequences (Brougère, 2012).

The game also created a space for a meta-reflexion on the issue of how deliberation and social interaction can contribute to TFS sustainability, providing some support to the notion that social interaction is perceived as one of the forms of social innovation with the highest territorial impact. Towards the end of the activity with group 1, the card "participating in forums on the topic of food" came up. It quickly became the card with the most positive links on the board, with a total of seven (half of the context elements present on the board by then). Taking part in such forums was deemed as positively impacting the territory on counts ranging from the current lack of support for new farmers to the good availability of open-air markets in the territory. This is an interesting finding in terms of the game and its larger research context, which explores how social interaction can be a lever for change and transformation, instead of traditional monetary incentives or knowledge transfer that are more often discussed and promoted at higher levels.

[6]Only 5 links out of a total of 72 created in all three occasions appear as having a different colour than the rest of the links in the same practice card. See figures in the Annex A.

The issue of knowledge transfer also deserves some discussion. The choice of not having a role of an expert in the game was a conscious one in order to favour the emergence of collective knowledge and reduce to a minimum any top-down or authoritative forms of argument. Nonetheless, players from Group 3 ended up calling for it, as they felt that the validation of certain key arguments became difficult or even impossible in the current setting. Further work should better tackle this issue, balancing the need for expertise and data, while being attentive to how it may affect the equally important need for equal footing in the deliberative setting.

The focus of the game is the environmental and social sustainability of the TFS. In this, it leaves out both individual interests (e.g, health) and planetary ones (e.g, carbon emissions), which can be at odds with one another and further create win-lose type situations and demand expert knowledge. Arguments on health and ecological issues did come up from time to time, although such moments were marginal rather than the norm. Modifications to the game could be done if these issues need to be more directly tackled, although this would inevitably add to the complexity of an activity that is already perceived as difficult to grasp—thus requiring simplifications elsewhere in the rules.

3.6 Conclusion

The framework and game presented in this article explore whether deliberation can produce transformation through social learning. Observations suggest that deliberation does take place, and that elements from the definition of social learning are present. These can all be supportive of Territorial Food System transformations, as can be their belonging to a

wider action-research project. Nonetheless, we identify a number of issues that limit the transformative potential, namely the inclusion of a wider variety of actors.

Annex A. Photos of the final boards of each of the groups.

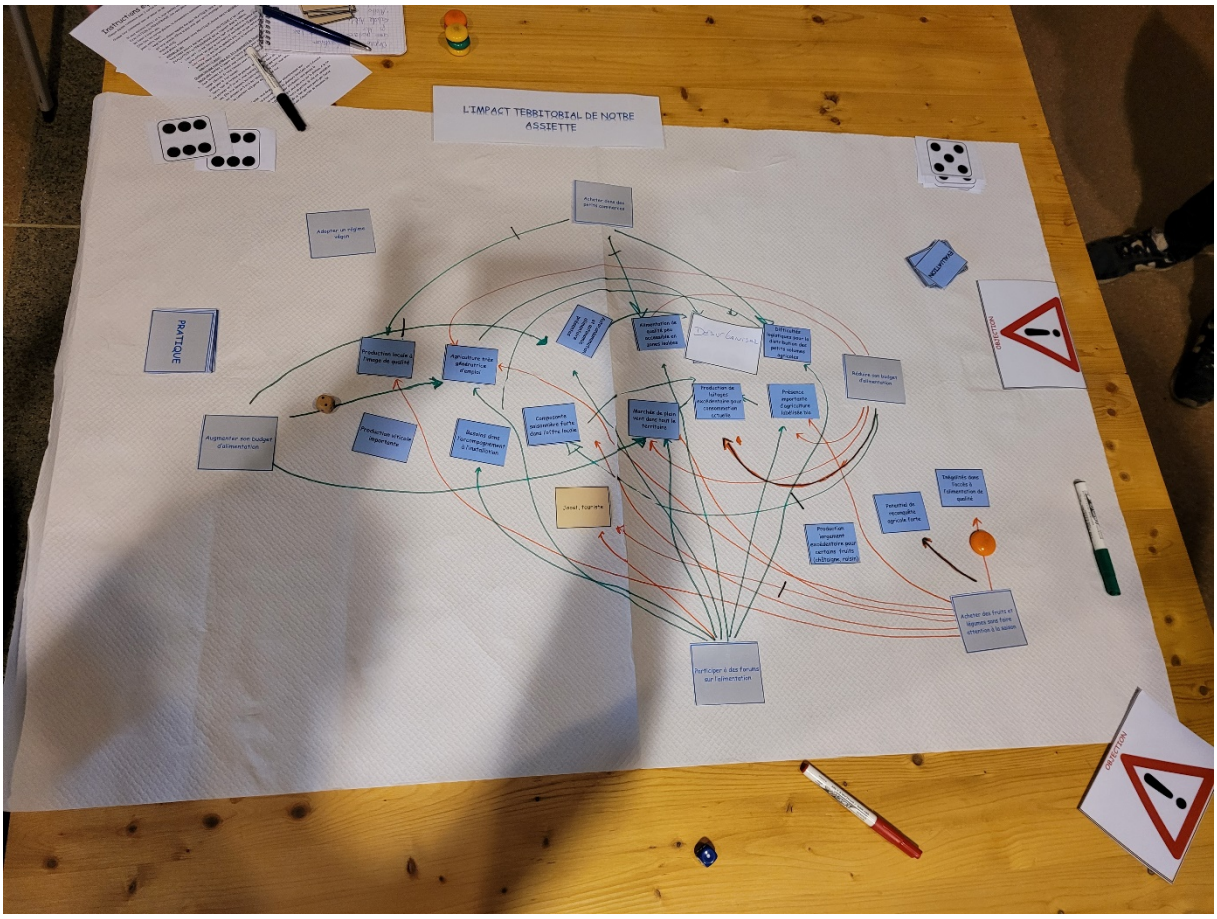


Figure 3.3 : Photo of the final board, Group 1.

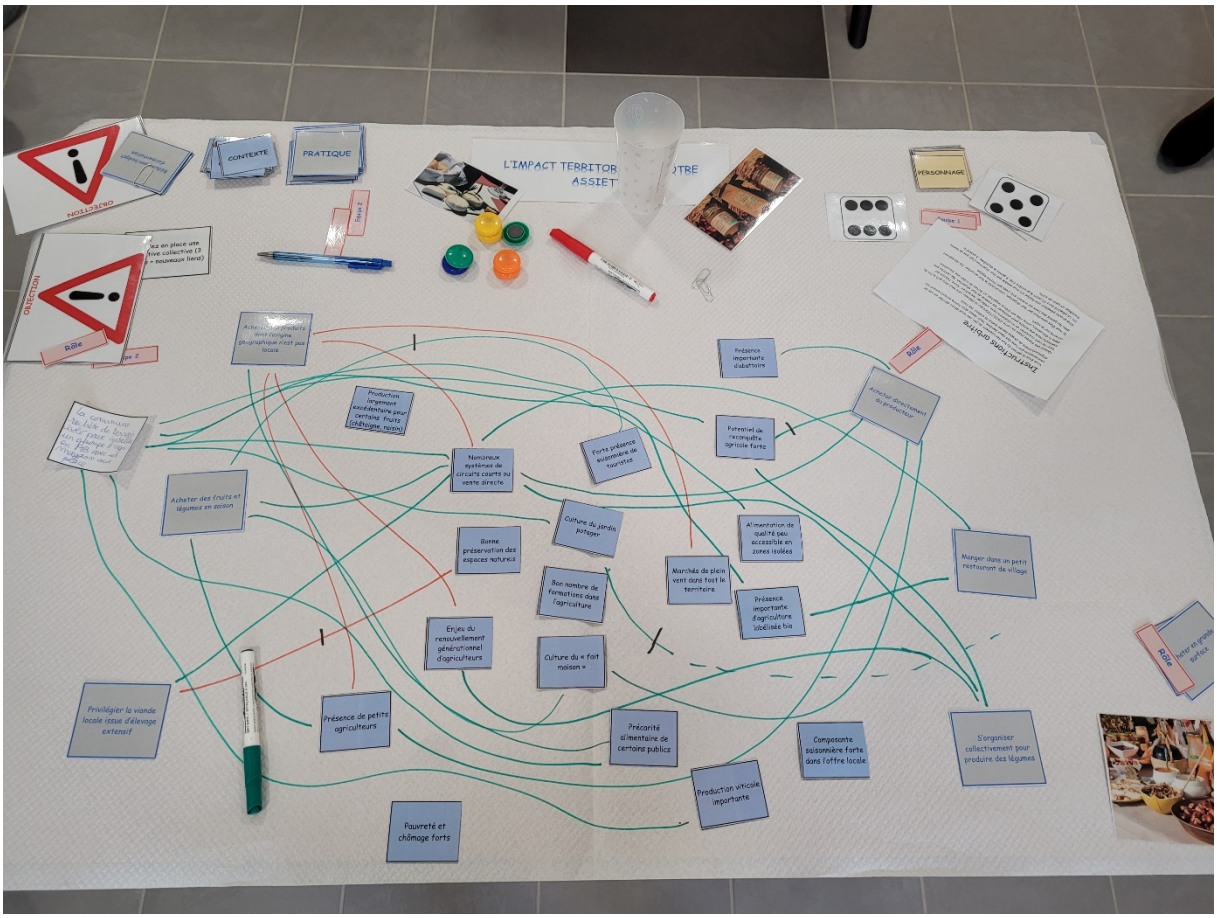


Figure 3.4 : Photo of the final board, Group 2.

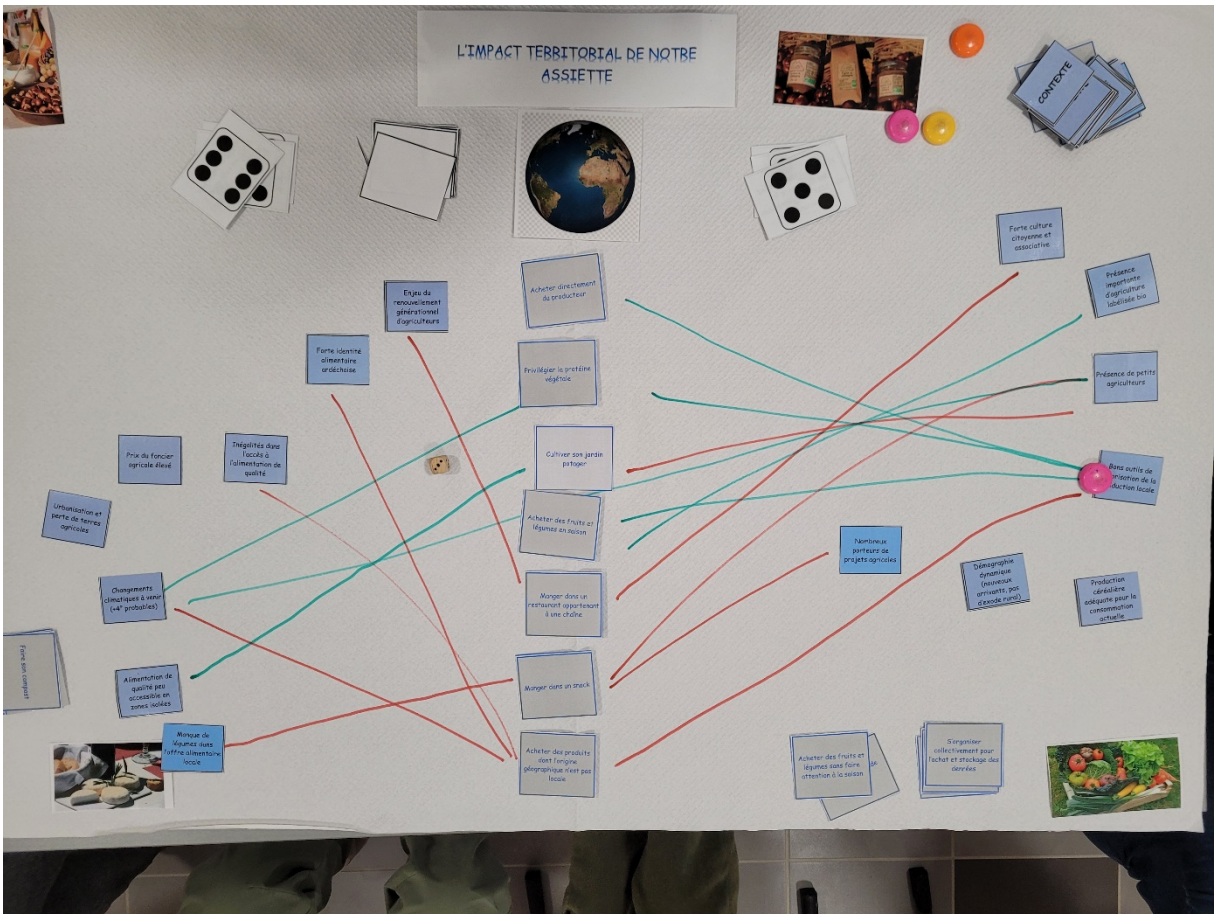


Figure 3.5 : Photo of the final board, Group 3.

Annex B. Rules of the game presented to players.

Instructions générales

But du jeu : créer des liens entre nos PRATIQUES et le territoire (CONTEXTE).

Chaque équipe commence avec la moitié de cartes PRATIQUE. Vous allez jouer par tour de rôle. Vous devez choisir au début les 5 pratiques que vous estimez avoir l'impact positif le plus important, et les 3 à l'impact négatif le plus important.

Chaque tour commence avec un lancer de dé.

- Si vous obtenez entre 1 et 4, vous piochez autant de cartes de la pile CONTEXTE, que vous placez sur les bords gauche et droit du plateau de jeu, en les lisant à haute voix.
  (Une fois vos cartes placées, le chronomètre commence, vous avez 3 minutes pour jouer votre tour)
  - Vous devez choisir une carte PRATIQUE à jouer ; celle qui vous semble d'être la plus utile pour votre stratégie.
  - Vous placez maintenant votre PRATIQUE choisie dans le centre du plateau de jeu.
  - Vous créez ensuite des liens entre votre PRATIQUE et les cartes CONTEXTE qui se trouvent dans le plateau.
    - **Lien vert** : ce que l'on souhaite, tout ce que renforce quelque chose qu'on estime bon pour le territoire et ses habitants (2 points).
    - **Lien rouge** : ce que l'on ne souhaite pas, tout ce que renforce quelque chose qu'on estime mauvais (1 point).

    Chaque lien que vous créez doit être argumenté de façon succincte à haute voix. Gardez à l'esprit que l'autre groupe peut contester vos liens.
  - Vous terminez soit quand vous n'avez plus des liens à créer, soit quand le temps s'écoule.
- Si vous obtenez un 5 ou un 6, vous piochez l'une des deux cartes respectives dans le plateau. Elle vous donnera les instructions de ce que vous devez faire.

  NB : Si vous obtenez un 5 ou 6 aux deux premiers tours, vous lancez le dé à nouveau. Ils ne comptent qu'à partir du troisième tour.

Pendant le tour de l'autre équipe, vous devez observer attentivement leur argumentation. Si vous n'êtes pas d'accord avec un ou plusieurs liens (soit car il n'existe selon vous pas, soit car il ne doit pas avoir la couleur attribuée), vous pouvez le contester en sortant votre carte OBJECTION, que vous placerez sur le plateau, ainsi qu'un jeton sur le lien contesté. A la fin de leur tour, vous aurez 1 minute pour expliquer votre objection, suivis de 30 secondes de défense. Si elle l'objection est considérée valable par l'arbitre, vous récupérerez le point de ce lien, qui sera perdu par l'autre équipe. NB : l'arbitre peut vous punir en cas d'objection de mauvaise foi. NB : c'est une objection et non pas une discussion !

Instructions arbitre

Vous êtes le garant du bon déroulement du jeu, car vous devez décider en cas de contestation par l'une des deux équipes. Vous devez donc suivre attentivement les argumentations de chaque équipe quand ils créent des liens.

Quand une équipe place sa carte OBJECTION sur le plateau, cela veut dire qu'à la fin du tour ils vont contester un ou plusieurs liens créés par les autres. Alors, l'équipe qui conteste aura une minute pour expliquer les raisons de leur objection, suivie de trente secondes de défense pour l'autre. Ne rentrez pas dans la discussion, votre rôle est d'être impartial, et évites de créer une discussion ouverte sur le sujet.

Si vous êtes convaincu par leur objection, vous pouvez la leur accorder. Ils récupèrent donc les points des liens qui avaient été créés par l'autre équipe.

Vous pouvez pénaliser une équipe s'il vous semble que leur objection n'est pas de bonne foi. La pénalité sera d'1 point la première fois, 2 points la deuxième, 3 points la troisième, et ainsi de suite.

Instructions chronométreur

Vous êtes le maître du temps dans le jeu. Vous devez accorder les 3 minutes pour chaque tour à chaque équipe, qui commencent quand les cartes de CONTEXTE ont été posées.

Si une équipe utilise sa carte OBJECTION, vous lui accordez 1 minute pour argumenter, suivie de 30 secondes de défense pour l'équipe qui jouait.

Instructions fiche de points

Soyez attentif au nombre de liens créés par chaque équipe pendant leur tour. Chaque lien vert leur donnera 2 points, chaque lien rouge leur en donnera 1. A la fin du tour, s'il y a une objection validée par l'arbitre, il faut retirer les points du lien et les donner à l'autre équipe. Attention, l'arbitre peut pénaliser une mauvaise foi, ce qui entraîne le retrait d'1 point la première fois, 2 points la deuxième, 3 points la troisième…

Annex C. Content of different types of cards.

Practice cards

1. Acheter des produits dont l'origine géographique est locale
2. Acheter des produits dont l'origine géographique n'est pas locale
3. Acheter directement du producteur
4. Acheter dans des magasins de producteurs
5. Acheter en marchés de plein air
6. Acheter en grande surface
7. Acheter dans une épicerie
8. Se faire livrer ses achats / Acheter en drive
9. Augmenter son budget d'alimentation
10. Réduire son budget d'alimentation
11. Acheter des produits labélisés D.O.P.
12. Acheter des produits au Nutriscore élevé
13. Acheter des produits labélisés « goûtez l'Ardèche »
14. Acheter des produits labélisés AB
15. Acheter des produits labélisés Fair Trade
16. Acheter des fruits et légumes en saison
17. S'organiser collectivement pour produire des légumes
18. S'organiser collectivement pour l'achat et stockage des denrées
19. Acheter des fruits et légumes sans faire attention à la saison
20. Manger dans un restaurant appartenant à une chaîne
21. Préparer les repas chez soi
22. Manger en restauration collective (scolaire, travail)
23. Manger dans un petit restaurant de village
24. Manger une variété de légumes
25. Manger dans un snack
26. Jeter les restes des repas à la poubelle
27. Trouver une utilisation pour les restes des repas
28. Préparer des conserves
29. Faire son compost
30. Adopter un régime végan
31. Privilégier la protéine végétale
32. Privilégier la viande locale issue d'élevage extensif
33. Participer à des forums sur l'alimentation
34. Pratiquer le glanage
35. Cultiver son jardin potager

Context cards

1. Forte identité alimentaire ardéchoise
2. Agriculture locale diversifiée
3. Présence de petits agriculteurs
4. Facilité d'accès à des produits locaux
5. Culture du « fait maison »
6. Potentiel de reconquête agricole forte
7. Culture du jardin potager
8. Manque de légumes dans l'offre alimentaire locale
9. Production locale à l'image de qualité
10. Bonne préservation des espaces naturels
11. Forte culture citoyenne et associative
12. Production viticole importante
13. Bon nombre de formations dans l'agriculture
14. Présence importante d'entreprises agro-alimentaires (transformation)
15. Autoconsommation et autonomie alimentaire présentes
16. Alimentation de qualité peu accessible en zones isolées
17. Composante saisonnière forte dans l'offre locale
18. Présence importante d'agriculture labélisée bio
19. Transport en commun déficitaire
20. Bons outils de valorisation de la production locale
21. Agriculteurs polyvalents
22. Enjeu du renouvellement générationnel d'agriculteurs
23. Démographie dynamique (nouveaux arrivants, pas d'exode rural)
24. Nombreux porteurs de projets agricoles
25. Efforts des GMS pour valoriser les produits locaux
26. Nombreux systèmes de circuits courts ou vente directe
27. Agriculture très génératrice d'emploi
28. Production céréalière adéquate pour la consommation actuelle
29. Forte présence saisonnière de touristes
30. Marchés de plein vent dans tout le territoire
31. Pauvreté et chômage forts
32. Production de viande déficitaire pour consommation actuelle
33. Production excédentaire pour certains produits (châtaigne, vin)
34. Aléas climatiques actuels (sécheresses, dérèglement de saisons)
35. Volumes de production agricole faibles
36. Production de laitages excédentaire en zone de montagne
37. Fast food très accessible (prix, disponibilité)
38. Changements climatiques à venir (+4° probables)

39. Difficultés logistiques pour la distribution des petits volumes agricoles
40. Revenus des agriculteurs faibles
41. Prix du foncier agricole élevé
42. Urbanisation et perte de terres agricoles
43. Offre locale pour la restauration collective déficitaire
44. Précarité alimentaire de certains publics
45. Inégalités dans l'accès à l'alimentation de qualité

Wild cards

- Mettez en place une politique territoriale (3 points + nouveaux liens)
- PLANETE TERRE : créez des liens entre les PRATIQUES sur le tableau et l'environnement
- Mettez en place une initiative collective (3 points + nouveaux liens)
- TERRITOIRE : créez des liens entre les différents éléments de DIAGNOSTIC sur le tableau
- Placez un jeton sur un élément du tableau, vous gagnez autant de points que de liens s'y trouvant

Conclusion : faire de la science sociale pour la durabilité des systèmes alimentaires au 21e siècle

Le passage du 20e au 21e siècle est souvent défini en référence à un épisode historique particulier, tout comme nombre de siècles précédents l'ont été (arrivée des européens en Amérique pour le 16e Révolution française pour le 19e, première guerre mondiale pour le 20e ...), et qui symbolise les enjeux mondiaux qui domineront les décennies à venir. Ainsi, la chute de l'URSS et l'échec des socialismes « réels » suivis par une hégémonie unipolaire du système démocratique-capitaliste inspiré de la réussite matérielle du modèle américaine (Fukuyama, 1992), les attentats du 11 septembre et la guerre contre la terreur qui s'est ensuivie, confirmation du clash de civilisations qui ne pouvait qu'avoir lieu par la suite de la guerre froide (Huntington, 1993), ou encore la réponse mondiale quelque peu disproportionnée à la crise sanitaire de 2020 suivie deux ans plus tard par la monté en puissance des hostilités entre la Russie et l'Ukraine et qui menace aujourd'hui de scinder le monde géopolitique, sont autant de candidats pour cette place symbolique. En cela, le 21^{e}

siècle ressemblerait aux précédents : un épisode (militaire, technique, politique) symbolise le passage à quelque chose de nouveau et de différent.

Or, on peut aussi imaginer ce début de siècle, du millénaire même, comme étant marqué par l'élargissement de la prise de conscience quant aux limites de l'expansion humaine (démographique, technique, productive) et les effets que celle-ci a sur notre planète, autant aux échelles globales que nationales et locales. La critique malthusienne de l'écart grandissant entre expansion démographique et capacité agricole fut écartée et en grande partie considérée comme étant une curiosité théorique qui ne prenait pas compte des avancées technologiques qui allaient permettre de continuer à repousser les frontières de notre capacité à soutenir un nombre toujours croissant d'êtres humains. Cependant, certains intellectuels et praticiens ont continué d'observer et de sonner l'alarme sur les effets néfastes de l'activité agricole et industrielle moderne, en réussissant à toucher un public de plus en plus large. Nous pouvons citer quelques-uns des plus connus parmi eux : Albert Howard (1943), véritable visionnaire de la santé du sol et son appauvrissement par les pratiques agricoles de l'après-guerre ; Rachel Carson (1962), qui montre au grand public les effets environnementaux d'une utilisation massive de pesticides ; ou encore l'économiste Nicholas Georgescu-Roegen (1971) et le « Club de Rome » (Meadows *et al.*, 1972) avec leurs mises en discussion de la solidarité intergénérationnelle déjà évoquée, car les ressources et énergies dépensées aujourd'hui le sont aux dépens du bien-être des sociétés à venir—le confort matériel aujourd'hui peut bel et bien se traduire par un manque dystopique demain. On peut aussi penser à Al Gore et son film *Une vérité qui dérange* (Guggenheim, 2006), dont personne ne doute de l'effet sans égal qu'il a eu à rendre la problématique du

changement climatique connue de tout le monde, bien que l'on puisse également s'interroger sur sa contribution à la polarisation toujours grandissante du débat écologique autour de lignes politiques (Guber, 2013), ainsi que à une vision technocratique de la transition écologique. Tous ces travaux, ainsi que d'autres qui ont peut-être moins marqué les esprits, ont contribué à élever la conscience humaine sur les défis qui marqueront le 21e siècle et au-delà, dans cette époque que l'on peut appeler l'Anthropocène (Becu, 2020), bien que la définition, la portée et la pertinence de ce terme soient le sujet de débats (Davis *et al.*, 2019; Haraway, 2015).

Quoi qu'il en soit, il y a un accord généralisé dans la communauté scientifique et dans une grande proportion des citoyens quant à la faible durabilité du modèle socio-économique actuel, et qu'il faut changer de façon rapide et radicale notre mode de vie si l'on veut que l'humanité puisse continuer sa marche au cours du troisième millénaire dans des conditions biophysiques adaptées, malgré les pirouettes intellectuelles faites pour démontrer que le régime de libre échange et de croissance est le seul garant de la durabilité environnementale, comme l'exposa de façon éclairante Franck-Dominique Vivien (2005). Un changement à la hauteur des enjeux contemporains doit entraîner des ajustements autant au niveau individuel que collectif, et cela à des échelles de gouvernance différentes. Or, la prise de conscience des enjeux planétaires n'a pas été jusqu'ici accompagnée par des changements suffisants, en produisant les phénomènes déjà mentionnés d'*intention-behaviour gap* pour l'individu, ou de *problem of implementation* ou *adaptation déficit* pour la société. A l'heure où nous dépassons les huit milliards de personnes sur terre, et où il est légitime de s'interroger sur de la viabilité de notre existence au-delà de quelques décennies, il convient

d'accroître les efforts pour comprendre comment nous pouvons minimiser les dégâts causés par nos modes de vie, et nous préparer à vivre dans un monde qui sera très probablement différent de celui dans lequel l'humanité a vécu pendant ces derniers siècles.

Cette thèse est donc une humble contribution à cette réflexion, notamment en ce qui concerne l'alimentation—l'un des aspects centraux de la vie. Chacun et chacune vivant au-dessus d'un certain seuil de revenus est confronté aujourd'hui à de nombreuses décisions qui déterminent l'impact que nous avons sur la société et sur l'environnement (de transport, de logement, de loisirs, voire même de reproduction), mais aucune ne fait autant partie du quotidien que celles liées à l'alimentation. Les générations précédentes n'auraient certainement pas compris ces préoccupations (à quel point le choix est un privilège de la vie moderne ?), tout comme nombre de personnes aujourd'hui qui ont la possibilité de faire des choix sains et durables préfèrent les ignorer. Pour cela, nombre de scientifiques s'intéressent aux facteurs qui déterminent un agir « durable » des êtres humains, qu'ils soient pris de façon individuelle ou collective, là où d'autres préconisent le progrès technique comme seule solution possible.

La science académique (appliquée ou fondamentale ; naturelle, formelle ou sociale/humaine) s'est construite au cours des 4 derniers siècles comme unique producteur légitime de connaissance. En cela, le scientifique lui-même s'est octroyé une place séparée du reste de la société, étant un observateur aux capacités (intellectuelles, matérielles et techniques) privilégiées en mesure d'expliquer la réalité et d'apporter les éléments nécessaires à la résolution de problématiques rencontrées par la société. Cette science, que l'on peut qualifier de *normale* (Kuhn, 1962) est fondée sur une épistémologie positiviste,

une méthodologie réductionniste et un centralisme dans la production de connaissances. Elle se voit au tournant du siècle de plus en plus contestée entre autres par le paradigme dit *post-normal* que nous avons défendu, face au constat de la nature *wicked*[1] (Norton, 2005; Rittel et Webber, 1973) des problèmes sociaux et environnementaux contemporains : absence d'accord quant aux données et modèles à utiliser, impossibilité de trouver une solution unique du fait des évolutions dans les conditions et les valeurs subjectives à l'œuvre. Ces difficultés sont exacerbées par les développements géopolitiques de nature tout aussi imprédictible, en créant des problèmes que certains ont qualifié de *super-wicked* (Wibeck *et al.*, 2022). Cette science post-normale propose une épistémologie fondée sur la co-création de savoirs d'une façon inter- et trans-disciplinaire, de façon à inclure différentes sources de connaissance non seulement dans la résolution, mais aussi dans l'identification et la définition même des problèmes. Elle s'inscrit dans la catégorie interprétiviste, adaptative et émergente proposée par Hazard *et al.* (2020), dans laquelle le scientifique devient un facilitateur dans l'élaboration de la connaissance et de la décision plutôt que l'acteur central. Bien que cela n'ait pas le statut d'un résultat, le travail de cette thèse peut être vu comme une inscription grandissante dans un paradigme de science post-normale, et que c'est la nature même des questions que nous nous sommes posées qui justifie ce passage.

L'alimentation est particulièrement adaptée à un traitement de science post-normale. Non seulement elle est l'une des sources principales de dommages au niveau social et environnemental (émissions de gaz à effet de serre, déforestation, appauvrissement des sols, pollution des cours d'eau et épuisement de ressources naturelles, échanges inégaux nord-

[1] Il n'y a pas d'accord actuellement sur l'équivalent en français de ce terme, traduit parfois par « vilain », « épineux », « pernicieux » ou encore « méchant ».

sud, situation de quasi-misère de nombreux paysans tant dans les pays pauvres que riches, *land-grabbing*, et on en passe), problèmes qui sont tous de nature complexe et *wicked*, mais elle est aussi largement le fruit d'une construction sociale et culturelle située dans le temps et dans l'espace. Ainsi, les changements de pratiques tout le long de la filière alimentaire (agriculture, transformation, distribution, préparation, consommation et utilisation de déchets) ne peuvent qu'être facilités par une mise en discussion collective à laquelle participent tous les acteurs concernés. Comme nous l'avons vu, ceci permet aussi de mieux saisir les intérêts divergents au moment de définir des cours d'action, un enjeu qui se compte parmi les plus difficiles à résoudre quand il s'agit d'aller vers davantage de durabilité (Bostrom *et al.*, 2018; Johnston *et al.*, 2014).

Une posture de science post-normale nécessite d'être mise en dialogue avec la modélisation à base d'agents, car tout modèle informatique demande un certain niveau de formalisation qui passe de façon inéluctable par un réductionnisme méthodologique. Il est autrement impossible de construire et faire tourner un modèle, mais cela ne veut pas *a fortiori* dire que la posture post-normale et la modélisation sont incompatibles. Au contraire, ils peuvent être utiles en tant qu'outils d'apprentissage heuristiques, comme cela fut identifié dès les débuts de l'utilisation de cette technique (Gross et Strand, 2000). L'inclusion d'une modélisation informatique dans la globalité de ce manuscrit se justifie donc par les portes de réflexion qu'elle ouvre, et qui donnent lieu à une lecture de la littérature scientifique et du terrain différentes, sans qu'il s'agisse pour autant de vérifier les résultats trouvés de façon quantitative. Nous l'avons déjà dit, l'utilisation que nous faisons des ABM n'a ni vocation prédictive ni vocation descriptive, mais vise à explorer des propriétés qui émergent

dans les interactions, elle est donc compatible avec la posture évoquée. L'utilisation des jeux sérieux, un outil dont la complémentarité avec les AMB fait l'objet d'une bonne partie des travaux de ComMod, rentre tout à fait dans le paradigme de science post-normal quand il s'agit de s'en servir pour faire dialoguer des acteurs divers au sein d'un système (Becu, 2020). Nous ne nous sommes pas servi du modèle informatique directement dans la simulation participative (le jeu n'a pas eu un support informatique adossé), mais il était en quelque sorte la toile de fond dans la conception de l'expérience.

Les démarche de modélisation et de jeu sérieux telles qu'utilisées dans la thèse gardent aussi une ressemblance qui mérite, pour le moins, d'être mise en question. Comme cela a été signalé, les mises à l'épreuve du jeu pèchent par le manque de diversité des acteurs concernés. L'utilisation d'acteurs homogènes, à la fois dans leurs valeurs et dans leurs intérêts, a probablement facilité l'accord dans l'argumentation, ce qui peut être intéressant à l'heure d'observer les points communs dans les discours mobilisés, mais qui empêche d'observer des situations de confrontation marquées. De même, les agents du modèle apprennent les mêmes choses dès qu'ils ont un intérêt pour une certaine dimension, il n'y a donc pas de désaccord car ceux qui ne sont pas intéressés ne peuvent pas avoir une influence contraire. Pour reprendre le vocabulaire de la littérature, il n'y a pas de possibilité de polarisation (Deffuant *et al.*, 2002). Puisque nous avons signalé que le conflit et les intérêts divergents sont des enjeux clés dans les transformations durables, le fait d'avoir deux modèles où l'harmonie prime pourrait nous être objecté. Cependant, le choix fait dans cette thèse n'est pas d'aller dans le sens de l'exploration du conflit, mais plutôt de comprendre les leviers pour une transformation : nous avons donc commencé par étudier les publics qui

nous semblent les plus à même de participer à celle-ci, en mettant l'accent sur une co-construction plutôt que sur une confrontation (ou sur des relations de diplomatie plutôt que de bagarre, pour reprendre la classification de Miguel Rotenberg (2015)).

Ce point sur la divergence de visions et intérêts mène aussi à s'interroger sur l'influence sociale, dans le contexte de cette thèse où l'interaction sociale est mobilisée comme vecteur de changement et de transformation. Nous avons évoqué la thèse du mimétisme *à la Veblen* comme déterminant de l'action humaine, mais ce mimétisme n'est en rien une garantie de changement dans la bonne direction. L'histoire humaine dans toutes ses dimensions (militaire, religieuse, financière...) est un réservoir inépuisable d'exemples montrant que la tendance au comportement grégaire chez l'homme peut mener à des excès n'allant pas dans le sens des valeurs défendues ici. Le choix de travailler à des échelles locales peut en partie aider à pallier ce problème, car les excès de l'histoire se font avant tout quand le désir de domination l'a emporté sur la volonté de construire localement[2]. De même, l'incorporation d'une composante délibérative (et donc, comme nous l'avons discuté, égalitaire) peut davantage nous rassurer, car elle peut favoriser l'émergence d'une démocratie alimentaire où la gouvernance fondée sur la société civile permet la manifestation de valeurs communes (Renting *et al.*, 2012). Le mimétisme laisse donc sa place à une forme d'intelligibilité ou compréhension collective (un enjeu au cœur de la recherche-action telle que promue par le projet *l'Assiette et le territoire*), mais une vigilance envers des phénomènes d'élitisme

[2]Comme curiosité annexe, Bee et Fèvre (2022) soulignent que Keynes avait déjà conscience de l'importance de l'échelle locale dans le cadre d'une relance économique en tant que garant de la démocratie, et insistait sur le fait que « la politique d'expansion devrait être aussi décentralisée que possible, en majeure partie conduite par des autorités locales » [notre traduction]. De même, il estimait impossible de connaître *a priori* l'impact potentiel de différentes initiatives, et recommandait donc de favoriser une « multitude de projets enthousiastes » (*ibid*).

ou d'exclusion demeure nécessaire, comme cela a été décrit dans la littérature autour des *Alternative Food Networks* (Goodman *et al.*, 2012). En outre, nous avons fait mention du fait que les participants au jeu ont souligné la taille énorme des enjeux que nous traitions, et à quel point l'action individuelle ou collective à petite échelle semble incapable de contrecarrer les tendances actuelles de non-durabilité. Ceci est un point légitime, et qui s'inscrit dans la discussion existante de comment associer la recherche-action à la gouvernance locale pour qu'elle puisse avoir un impact allant au-delà du cercle restreint des participants[3], et cela non seulement par le biais d'une évolution culturelle ou de changement de pratiques. En France, la dissémination des projets alimentaires territoriaux peut être adaptée à ce questionnement, car le plus souvent ils mettent la diversité d'acteurs locaux en discussion avec des chercheurs et des décideurs politiques.

Il y a un aspect qui peut sembler contradictoire entre deux recommandations évoquées le long du manuscrit, et dont la mise en discussion peut aussi faciliter la conclusion de cette thèse. En effet, le chapitre 1 prône que l'interaction sociale peut être une forme d'intervention moins coûteuse que d'autres telles les subventions ou les campagnes d'information, là où les chapitres 2 et 3 laissent entrevoir qu'une démarche transdisciplinaire nécessite un investissement en temps et en ressources qui peut être considérable. Nous pouvons quelque peu nuancer le premier argument pour le concilier avec le deuxième, puisqu'il vise à souligner le rôle central de l'influence sociale dans les choix de consommation multidimensionnels, et qu'il faudrait des dépenses importantes et ciblées sur chaque dimension pour réussir à avoir des effets équivalents. Le deuxième argument, lui, s'appuie sur l'expérience

[3]Il peut être encourageant d'observer que le projet *l'Assiette et le territoire* a débouché en 2021 sur la construction d'une thèse CIFRE avec le Parc naturel régional local (un des partenaires du projet), qui vise à la fois à accompagner et analyser les démarches de gouvernance locale. Cf. `https://theses.fr/s352822`

(la nôtre et celle d'autres chercheurs) pour montrer à quel point une vraie compréhension du système étudié, ainsi que la mise en place d'actions durables concrètes, ne peut se faire qu'en s'y consacrant de façon approfondie, ce qui demande un degré d'effort et de dépassement de soi important, autant de la part du chercheur que des autres participants. Mais puisque nous traitons un objet construit socialement de façon locale, même des interventions « ciblées » nécessiteront une compréhension « approfondie », et donc nous ne pourrons pas avoir l'une sans l'autre. Il serait naïf de croire qu'une transformation durable peut se faire à bas coût (bien qu'il soit légitime de s'interroger sur comment et par qui doit-il être porté), notre question principale étant limitée au rôle que l'interaction sociale peut avoir dans celle-ci, en défendant une ontologie qui donne une place centrale au fait social par rapport à l'individu comme objet isolé d'intervention. Au même titre, la place du chercheur en tant que garant d'une discussion informée est à mettre en valeur, car nous avons pu témoigner que son absence était à même de réduire la capacité des joueurs à faire la part entre arguments différents (ce qui a été soulevé par les joueurs eux-mêmes), et donc de limiter l'apprentissage social ayant lieu. Pareillement, on peut remarquer que les approches sélectionnées comme remplissant les cases promues dans le chapitre 2 mettent en interaction des acteurs locaux avec des chercheurs pour produire des évaluations qui soient à la fois pertinentes localement, et scientifiquement solides.

Notre intérêt pour la durabilité des systèmes alimentaires et pour la place des acteurs et leur interaction dans la création de pratiques alimentaires « durables » nous a mené à faire des choix en termes de discours mobilisés. Nous l'avons déjà signalé, il y a un éventail de discours qui coexistent dans le champ de la durabilité, en commençant par

celui du développement durable, et qui cherche dans une certaine vision à concilier l'objectif de croissance économique avec le respect des limites biophysiques planétaires, par le biais notamment d'incitations économiques (subventions, taxes, permis négociables, etc.) Ce discours est contesté non seulement car il se révèle empiriquement douteux et théoriquement contradictoire (Vivien, 2005), mais aussi car il devient en pratique impossible à implémenter : dans un monde où les intérêts des corporations transnationales ont subjugué la souveraineté des états, la possibilité même de mettre en place des mécanismes de marché visant une croissance du PIB « verte » devient peu crédible—alors que la capacité du système à accroître les inégalités socio-économiques reste inchangée (Piketty, 2021). Dans le cadre de l'alimentation, les labels réglementés (commerce équitable, agriculture biologique) peuvent être vus comme un symbole de cet échec : là où, à la base, ils étaient des formes de contestation du modèle agro-alimentaire dominant, ils ont été par la suite stratégiquement incorporés dans des chaînes mondialisées (Jaffee et Howard, 2010), au point de se faire aujourd'hui rejeter par ceux qui visent une transformation du système alimentaire à des échelles locales (Cuéllar-Padilla et Ganuza-Fernandez, 2018; González-Azcárate *et al.*, 2022).

Il convient de préciser, toutefois, que ce rejet du discours de développement durable n'entraîne pas *a fortiori* un rejet du concept de durabilité, loin s'en faut, ni d'ailleurs de celui de développement. Au contraire, il s'agit de leur redonner leur force originelle, car tout comme le développement est l'une des aspirations les plus nobles de la vie humaine (ayant des dimensions non seulement matérielles mais aussi culturelles, spirituelles et intellectuelles), la préoccupation pour que notre existence ait lieu à l'intérieur des limites biophysiques ter-

restres, sans amoindrir les conditions de vie d'autrui, peut être vue comme un acquis dont il vaudrait mieux ne pas se passer. Nous sommes bien pour un développement humain qui se passe dans des conditions de durabilité, mais cela demande une capacité d'imagination et inventivité bien au-delà de ce que les mécanismes de marché à l'échelle globale peuvent fournir.

Cette croyance en la capacité de l'être humain à se développer de façon durable est associée à d'autres concepts dont l'utilisation grandit de nos jours, là où le rejet ou mépris du concept de développement durable font qu'on ne l'entend guère pendant nos échanges avec les acteurs du territoire que nous rencontrons. Depuis une vingtaine d'années, on a vu émerger le concept de transition écologique comme levier potentiel de changement, auquel s'est ajoutée la notion de transformation, que ce soit de façon complémentaire (Geels et Schot, 2007) ou comme alternative plus radicale (Lamine *et al.*, 2022; Stirling, 2019). Nous avons privilégié l'utilisation de cette dernière car elle a l'avantage d'être compatible avec une vision non prédéterminée du changement, et d'inclure à la fois des changements techniques et comportementaux—les notions de progrès et de transformation n'étant pas opposées. Elle est aussi compatible avec d'autres concepts en vogue telles la résilience et la sobriété, toutes deux ayant pris une place prépondérante dans la discussion politique depuis quelques années (la première notamment lors de la crise sanitaire en 2020-21, la deuxième lors de la crise énergétique qui fut anticipée pour l'hiver 2022-23). Nous avons choisi jusqu'ici de les contourner, mais il peut être utile de leur dédier quelques lignes à ce stade, car le travail sur la durabilité des SYAT leur est désormais bien associé. La résilience est très mobilisée dans les discussions autour des systèmes alimentaires et des enjeux de

relocalisation, allant même jusqu'à remplacer à certains égards la notion de durabilité dans ces discussions (Lamine *et al.*, 2023 - attendu)[4]. Elle mène à s'interroger sur leur degré d'autonomie et d'adaptabilité, lesquels ne vont pas forcément dans le même sens et peuvent même avoir des fondements contradictoires : un système autonome peut être très peu adaptable face aux chocs externes et, à l'inverse, un système dépendant de l'extérieur peut faire preuve d'une grande adaptabilité. Il s'agit donc de trouver le juste milieu entre les deux (ni une dépendance extrême à des flux de commerce délocalisés, ni une autarcie isolatrice), et de le faire aussi en conscience des problèmes de justice évoqués plus haut dans ce manuscrit. Bien qu'associée aujourd'hui à la consommation d'énergie, la sobriété a une longue histoire dans les cercles de pratique et de réflexion sur l'alimentation, non pas autant en tant que réduction forcée de la consommation que de vecteur de bien-être et de bonheur (Rumpala, 2018). Une transformation durable du système alimentaire capable de lui donner une vraie résilience doit avoir lieu dans une logique de vie sobre et où le sens est retrouvé sur d'autres plans que la consommation matérielle, le bien-être humain étant aussi un objet complexe et multifactoriel qui exige avant tout une transcendance et un lien à autrui et à la nature (Cloninger, 2004).

[4]Le projet ATTER a donné lieu à une série d'échanges ouverts sous forme de webinaire autour de la notion de résilience et son évolution historique. Nous avons pu constater ici l'ambigüité qui génère le concept, tantôt apprécié, tantôt décrié de par son potentiel à voiler les injustices systémiques qui sous-tendent un système mondial fondé sur l'exploitation. Une participante allant même jusqu'à résumer le sentiment par les mots *we wanted justice, we got resilience* pour illustrer le sentiment d'abandon laissé par ce terme.

Quelques leçons à tirer de ce travail

Ce travail de fin de thèse arrive à l'heure où je commence un contrat postdoctoral dans un nouveau projet de recherche (TEFOR, pour *TErritorial FOod systems Resilience*[5]), coordonné par des économistes du GREDEG de l'Université Côte d'Azur/CNRS, en partenariat avec des collègues géographes, archéologue et agronome. Bien que je n'aie pas été à l'origine de ce projet, il est en quelque sorte une prolongation de mon travail, car il mobilise le même type d'approches et outils pour étudier la durabilité et la résilience du SYAT de la partie ouest des Alpes-Maritimes, en affichant une volonté inter et transdisciplinaire. De quoi rassurer les chercheurs aux profils atypiques et hétérodoxes comme le mien, car mon premier travail post-thèse commence sans que je sois allé le chercher et met en valeur les différentes compétences que j'ai acquises. Puisque la réflexivité est une composante transversale du manuscrit, il m'apparaît comme pertinent de le clôturer en tirant quelques leçons qui pourront aider au bon déroulement de ce nouveau projet, et qui peuvent aussi avoir lieu de conclusion globale.

Des questions qui restent (nécessairement) ouvertes.

Le travail que j'ai mené depuis le démarrage de ma thèse en 2019 fut en grande partie une démarche exploratoire. L'objectif principal du projet tel que financé par l'ADEME fut de « comprendre l'adoption et la diffusion des pratiques alimentaires durables », pour ainsi « éclairer la réflexion collective dans des contextes différents ». Nous avons fait un choix volontaire de ne pas définir ce qu'est une pratique durable, l'idée étant de permettre

[5]Ce bénéficie d'une aide du gouvernement français, gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du projet Investissements d'Avenir UCAJEDI portant la référence ANR-15-IDEX-01

une co-construction de cette notion au sein des groupes concernés à l'échelle territoriale. Ce choix nous a donné un grand espace de liberté dans l'exploration des méthodes et approches, bien qu'il puisse rendre difficile le compte rendu final car, en fin de compte, la qualité d'un scientifique est en grande partie mesurée par la capacité qu'il a à donner des réponses concrètes avec un « impact réel » quantifiable (Becu, 2020). Au cours de l'évolution de la thèse, nous nous sommes appuyé de façon croissante sur une posture de science post-normale et non-déterministe, avec un choix pragmatique d'expérimentation sociale et co-création (Popa *et al.*, 2015), qui nous ont permis d'établir un rapport avec le terrain qui n'aurait pas été accessible si l'on s'y prenait avec des objectifs et démonstrations prédéfinis.

On peut voir les chapitres 1 (et en particulier son Annexe) et 2 comme donnant des réponses à des questions précises, que ce soit en déterminant une corrélation entre influence sociale et nombre de dimensions analysées pour le premier, ou jusqu'à quel point les éléments que nous défendons sont mobilisés dans des approches existantes pour le deuxième. Cependant, ils se gardent de donner des définitions opérationnelles de la durabilité, et donc l'un aura des difficultés à l'heure d'établir une validation empirique « de terrain » (par opposition au virtuel), et l'autre à produire un cadre théorique pour penser la durabilité. Pour ce qui est du troisième, il donne lieu à une réflexion et un cadre théorique ancrés sur une expérience pratique, mais il a été particulièrement difficile de le rendre apte à une présentation scientifique si par cela on entend une question claire, une méthode, une présentation des résultats et une discussion. On peut aussi dire que ceci est aussi une caractéristique de la thèse dans sa globalité, car le choix de départ fut de privilégier la

liberté intellectuelle et de l'évolution des questions. D'ailleurs, l'arrivée soudaine de la crise sanitaire a renforcé le caractère exploratoire de la thèse, car le fait de nous être retrouvés en situation de restriction de mobilité et rassemblement a permis l'inclusion d'un nouveau volet de réflexion.

Cette posture post-normale et exploratrice n'est en rien une critique acharnée des méthodes « classiques » et de l'objectivation scientifique réductionniste. Au contraire, et comme signalé à plusieurs reprises lors du manuscrit, une posture post-normale, délibérative et transdisciplinaire peut tout à fait être compatible avec une boîte à outils de science normale, preuve en est la demande de « données objectives » faite par les joueurs. Je prends donc le projet TEFOR des années à venir comme une opportunité de faire de la recherche avec un objet de travail précis, en cours d'être défini de façon collective. Nous nous posons la question de comment définit-on un SYAT durable et résilient à l'horizon 2040, ce qui donne des réponses objectives par rapport à ce sur quoi j'ai pu travailler dans ma thèse. Objectives, mais pas pour autant simplistes, car l'idée est bien entendu de garder l'approche multidimensionnelle présente, et d'aboutir à une telle définition de façon participative. Cela permettra d'étudier les trajectoires possibles pour y parvenir, et d'utiliser les jeux sérieux plus particulièrement pour analyser les verrous possibles ainsi que les besoins. Ce travail sera par la suite à mettre en perspective avec tout ce qui a été présenté dans ce manuscrit.

La complémentarité d'approches et de disciplines

Il en est de même pour ce qui est de l'utilisation d'une approche multi-méthodes et multi-disciplines. Il y a des avantages évidents à essayer de traiter une problématique en prenant des optiques différentes, et en participant à des communautés de pratiques variées. Ceci se heurte à des difficultés, toutefois, au moment de les faire dialoguer, car les optiques différentes nécessitent d'être étudiées pour être comprises, et les communautés variées peuvent fonctionner sur des codes, paradigmes et paramètres parfois trop éloignés pour qu'une communication réelle ait lieu. Je sors satisfait de ce travail car il m'a donné une vision panoramique et une « trousse à outils » large[6] mais, là où j'ai réussi à dialoguer avec des individus ou groupes différents (que ce soit au niveau académique ou du terrain), je ne suis pas sûr d'avoir pu créer des ponts entre eux. Ceci va dans le sens d'un constat partagé par nombre de chercheurs essayant de faire de l'inter ou de la transdisciplinarité : même au sein des collectifs hétérogènes, il est difficile de faire un travail à plusieurs qui incorpore différentes épistémologies et ontologies. Une solution possible renvoie encore à la notion d'objet discuté dans le paragraphe précédent : si l'on arrive à trouver un objet scientifique qui soit appréhendable par l'ensemble des personnes faisant partie du travail, on peut espérer une plus grande volonté au dialogue, d'où l'importance de bien s'y prendre en amont pour le définir. Ceci évoque la notion de polydisciplinarité chez Morin (1994)[7], « l'association de disciplines en vertu d'un projet ou d'un objet qui leur est commun

[6] A l'heure de songer à mes perspectives futures, ceci présente le désavantage de ne pas aller dans le sens d'une spécialisation professionnelle, qui reste la norme pour le recrutement et la promotion non seulement en économie mais aussi dans une grande partie des sciences sociales (Poteete *et al.*, 2010). Le contrat postdoctoral que je commence à l'Université Côte d'Azur en parallèle à la fin de ma thèse est toutefois rassurant pour les profils variés comme le mien.

[7] Morin rappelle aussi que le mot discipline évoquait à la base un outil de flagellation, et que le fait de s'aventurer hors de sa discipline de base peut souvent être source de punition académique.

». Nous avons dit qu'il faut un investissement en temps et ressources pour faire de la transdisciplinarité, il en faut autant pour faire de l'interdisciplinarité.

L'expérience présentée dans le chapitre 3 montre aussi un aspect de l'interdisciplinarité qui émerge dans l'exercice même de la transdisciplinarité. Comme nous venons de le signaler, les participants à l'activité ont pu trouver que les arguments et propos affirmés n'étaient pas toujours faciles à valider, et qu'il aurait fallu un appui « scientifique » pour ce faire. Par scientifique, cependant, on entend une sorte d'omniscience qui, si elle existait(et on peut légitimement s'interroger sur cette possibilité), ne saurait être accessible à une discipline seule. Ils appellent implicitement une connaissance interdisciplinaire présente pendant l'activité, car autrement l'argumentation peut dériver en sophisme sans contrôle. Une méthode tel le jeu sérieux que nous avons proposé peut donc ouvrir la porte à un dialogue entre disciplines par l'intermédiaire des questionnements réels des acteurs participant à une délibération, en ouvrant aussi la discussion sur le rôle des chercheurs en tant que producteurs de connaissance—et comment la légitimité du savoir produit par la recherche peut être compatible et participer à un processus de co-création .

Concernant les différentes approches mobilisées, leur complémentarité est en partie l'objet de ce manuscrit, qui cherche à garder un fil conducteur entre elles. Là où les liens entre la modélisation informatique et le jeu sérieux sont bien établis (cf. approche ComMod), ceux avec l'évaluation de la durabilité ne l'est pas *a priori*, il a fallu donc la construire. Cela s'est fait par le biais de l'objet étudié, à savoir la transformation de pratiques à l'échelle territoriale, et comment pour les faciliter il faut une compréhension et un diagnostic partagés de la durabilité locale, ainsi que des espaces d'échange dédiés à cette question. Les

circonstances ont voulu que nous ajoutions le volet diagnostic/évaluation à notre travail, ce qui semble avoir été avantageux car il a permis d'approfondir un certain nombre de concepts centraux à la thèse, et de le faire en explorant davantage la littérature liée à l'économie écologique.

Des temporalités différentes : recherche, acteurs, climat...

Le travail que j'ai réalisé avec des collègues d'Ecodéveloppement (Cardona *et al.*, 2023 - attendu) souligne la différence de temporalités qui peut rendre difficile le travail trans-disciplinaire. Là où la science nécessite du recul et des temporalités longues, les acteurs ont souvent des besoins qui exigent des réponses rapides, quand ce n'est pas immédiat. Dans le cadre de mon travail, ceci l'est d'autant plus qu'une crise écologique majeure est vue comme imminente par nombre de citoyens et acteurs. Ils souhaitent que les chercheurs apportent des réponses susceptibles de faire face à cette urgence. L'adage hégélien cher aux philosophes, « la chouette de Minerve prend son envol au crépuscule », pèche par son manque de réactivité : si nous attendons, nous risquons d'arriver avec des réponses trop tardives. En même temps, donner des réponses rapides et fermées pour satisfaire le besoin d'urgence ne peut pas être vu comme une solution souhaitable, je sors de ce travail donc avec une vraie réflexion ouverte au sujet de ce que l'on peut apporter comme information pour les enjeux d'actualité, et à quel horizon temporel on peut le faire.

La relation aux financeurs de projets met aussi au centre cet enjeu de temporalité. Le travail d'un chercheur à l'heure actuelle est en grand partie assujetti à une temporalité courte et bien connue de conception de projets et demandes de financement, souvent à

redéposer suite à une première évaluation optimiste mais pas nécessairement favorable, puis suit un travail pendant quelques mois ou années consacré à la production et valorisation de résultats de recherche, en parallèle à de nouvelles conceptions et demandes. Cette « projectification » déjà évoquée s'inscrit dans une vision de la condition humaine particulière (Jensen *et al.*, 2016) qui peut créer une culture court-termiste où questions et temporalités doivent être clairement posées en amont du travail. En sus, l'impact demandé par certains financeurs répond en grande partie à des critères différents des attentes des acteurs, et se mesure au nombre de publications et citations (impact scientifique) : s'ajoute au défi d'une temporalité courte le besoin de satisfaire deux attentes bien distinctes.

Il est difficile de donner une réponse concrète à cette tension entre temporalités de recherche, d'acteurs et de financeurs, puisque chacune répond à des besoins différents et dans une certaine mesure légitime. Il s'agit notamment de trouver un équilibre fondé sur des priorités qui visent le bien commun, ce qui nous amène au point suivant.

La relation à la science et au terrain

La vie d'un scientifique voulant contribuer aux enjeux individuels et sociétaux qui définissent notre siècle n'est pas toujours facile, car elle se joue en grand partie sur des fronts de précarité (enchaînement de contrats à durée déterminée pour une bonne partie d'entre nous, nécessité de compléter les revenus en temps d'absence de contrat), mais aussi car nous devons être au service de mondes différents. Pour avancer dans nos carrières (voire tout simplement pour ne pas les perdre), nous sommes contraints de répondre aux exigences de publication, demandes de financement, et autres contraintes d'ordre profes-

sionnel, qui font de la science une communauté relativement centrée sur elle-même, et au service des différentes sources et programmes de financement (Anderson et McLachlan, 2016). Cet ensemble de contraintes et d'exigences peuvent aller à l'encontre des besoins et attentes du public, comme j'ai pu le constater maintes fois depuis mon insertion dans le monde de la recherche-action. Il y a un sentiment dans le monde associatif et chez les acteurs de terrain, parfois même exprimé lors de colloques ouverts au public et rencontres science-société, que les chercheurs travaillent pour leurs propres buts de carrière, décrit par certains sous le terme englobant de « recherche extractive » (Levkoe *et al.*, 2019), et qui, de façon plus générale, donne aux acteurs un sentiment d'être instrumentalisés plutôt que de travailler 'main dans la main'. Il me semble que pour faire face à ce problème bien réel, il faut adopter une triple posture d'humilité, d'honnêteté et de service : humilité pour accepter que l'on vit des vies différentes et qu'on doit faire face à des formalités et exigences du monde professionnel, honnêteté pour pouvoir le communiquer aux acteurs avec lesquels on travaille, et service pour garder tout le temps à l'esprit ce qui nous a motivé à choisir ce métier, ce qui pour beaucoup d'entre nous veut dire qu'il est possible d'aider par la réflexion à construire un monde meilleur. A un moment de l'histoire où la place du scientifique dans les évolutions sociales semble de plus en plus être remise en question (négationnisme, populisme, voire oppression), il est essentiel d'agir avec ces principes guides pour que notre recherche puisse avoir un impact réel, pour faire une transdisciplinarité qui profite à tous les participants. De même, il me semble nécessaire de toujours garder une relation avec le terrain qui soit aussi 'incarnée' que possible : si on va étudier l'agroécologie, comme c'est mon cas, participer aussi à des activités en lien avec l'alimentation, est le seul

moyen à mon sens de pouvoir échanger avec les acteurs avec connaissance de la réalité dans laquelle ils baignent—ce qui d'ailleurs ouvre bien des portes de dialogue comme j'ai pu l'expérimenter à maintes reprises.

Ma participation au projet l'*Assiette et le territoire* offre un complément de réponse allant dans deux sens différents. D'une part, le projet constitue un vrai effort pour ne pas aller dans le sens d'une recherche extractive, et les membres de ce collectif ont pu exprimer leur appréciation de sa construction collective, ainsi que participer à part égale à la coécriture du manifeste final du projet. D'autre part, le fait de ne pas être un résident permanent du territoire en question rend ma participation quelque peu distante, et donc mon rôle en tant que participant « immergé » n'est pas entière. Il est intéressant de remarquer que je commence maintenant un travail dans un département où j'habite depuis désormais huit ans, et que donc mon rôle en tant que participant « concerné » plutôt qu' « intéressé » ou « mandaté » (Lamine, 2017; Lamine *et al.*, 2022) sera potentiellement plus légitime.

Quelles réponses aux questions de recherche ?

Nous voici en fin de parcours. Est-il possible de donner maintenant une réponse définitive à notre question de recherche initiale, qui pour rappel était **quelle influence l'interaction sociale a-t-elle sur les acteurs d'un SYAT, en termes d'apprentissages et changements de pratiques, pour pouvoir accroître leur durabilité environnementale et leur équité sociale ?** On pourrait clôturer rapidement en disant que non, car l'objectif de ce travail n'a jamais été de donner des réponses définitives, ce qui nous placerait *de facto* dans des paradigmes desquels nous nous sommes distanciés le long de ce manuscrit. Il s'agit moins ici

d'établir *à quel point* l'interaction détermine la transformation, que *comment* elle le fait—par le biais de quels mécanismes ou processus. Nous avons obtenu une série d'éléments de réponse pouvant « alimenter » non seulement une réflexion scientifique, mais aussi l'action au niveau territorial pour favoriser les dynamiques de transformation déjà en cours, et pour en démarrer des nouvelles. Le schéma présenté dans la figure 3.1 du dernier chapitre fait office de regroupement de ces éléments, car il les rassemble autour de trois catégories principales, en interaction les unes avec les autres. Ainsi, c'est par le biais de la délibération qu'un apprentissage social peut avoir lieu, ouvrant la possibilité d'une transformation, et c'est dans une posture scientifique allant au-delà du positivisme réductionniste que cela peut être observé. Des principes de nature subjective comme l'égalité et la justice (Douguet *et al.*, 2016) peuvent donc prendre corps au sein des interactions, créer des changements non-linéaires, et mener vers une attention accrue à la communauté et à l'environnement. L'importance de l'échange, la participation, l'apprentissage des interdépendances au sein du système, l'observation des trajectoires et de leurs « effets de surprise » sont autant d'éléments discutés le long de la thèse qui participent à la transformation des SYAT par le biais de l'interaction, et auxquels le scientifique participe en tant qu'observateur et acteur. Il ne s'agit bien entendu pas de dire ici que l'interaction sociale peut à elle seule produire une transformation, car il y a bien d'autres aspects structurels nécessitant attention (que ce soit les systèmes de subventions, les politiques alimentaires des collectivités, voire aussi la place des agriculteurs et autres acteurs dans la gouvernance des SYAT), mais de participer à la réflexion de comment une telle interaction peut changer des comportements individuels et sociaux qui déterminent aussi la réalité et l'évolution future du SYAT. Le travail tel qu'il

a été conçu et réalisé s'est en grand partie axé sur la connaissance locale et vernaculaire comme producteur légitime de savoir (le *bottom-up* évoqué lors du chapitre 2) et il peut être intéressant d'observer que, dans une situation où ce type de connaissances est le seul à être mobilisé par la voie de l'argumentation, ce sont les acteurs mêmes qui demandent davantage de connaissances formelles. Il est donc illusoire de chercher une durabilité entièrement *grassroots*, tout comme peut l'être de viser une durabilité entièrement technocratique. Cependant, dans un monde qui continue d'évoluer vers l'individualisme et la délocalisation des relations humaines (et alimentaires), il y a une valeur à défendre l'importance des formes d'interaction directes dans la création de trajectoires durables, ce que nous avons essayé de faire dans ce travail.

Bibliographie

Andrew Abbott : *Time Matters : On Theory and Method*. University of Chicago Press, Chicago, IL, juillet 2001. ISBN 978-0-226-00103-6.

Franck Aggeri et Armand Hatchuel : Ordres socio-économiques et polarisation de la recherche dans l'agriculture : pour une critique des rapports science/société. *Sociologie du travail*, page 21, 2003.

Icek Ajzen : The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2):179–211, décembre 1991. ISSN 0749-5978.

Bengi Akbulut et Fikret Adaman : The Ecological Economics of Economic Democracy. *Ecological Economics*, 176:106750, octobre 2020. ISSN 09218009.

Thomas Allen et Paolo Prosperi : Modeling Sustainable Food Systems. *Environmental Management*, 57(5):956–975, mai 2016. ISSN 0364-152X, 1432-1009.

Hugo F. Alrøe, Henrik Moller, Jeppe Læssøe et Egon Noe : Opportunities and challenges for multicriteria assessment of food system sustainability. *Ecology and Society*, 21(1):art38, 2016. ISSN 1708-3087.

Hugo F. Alrøe et Egon Noe : Sustainability assessment and complementarity. *Ecology and Society*, 21(1):art30, 2016. ISSN 1708-3087.

Colin R Anderson et Stéphane M McLachlan : Transformative research as knowledge mobilization : Transmedia, bridges, and layers. *Action Research*, 14(3):295–317, septembre 2016. ISSN 1476-7503, 1741-2617.

Colin Ray Anderson, Janneke Bruil, Michael Jahi Chappell, Csilla Kiss et Michel Patrick Pimbert : From Transition to Domains of Transformation : Getting to Sustainable and Just Food Systems through Agroecology. *Sustainability*, 11(19):5272, janvier 2019. ISSN 2071-1050.

Molly Anderson, Olivier De Schutter, Emile Frison, Corinna Hawkes, Desmond McNeill, Jessica Fanzo, Claire Fitch, Michael Hamm, James Hughes, Carolyn Hricko, Shiriki Kumanyika, Robert Martin, Maria Oria, Nadia Scialabba et Boyd Swinburn : Unravelling the Food-Health Nexus IPES-FOOD WORKING GROUP. page 120, octobre 2017.

W. Brian Arthur : Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events. *The Economic Journal*, 99(394):116, mars 1989. ISSN 00130133.

Jessica Aschemann-Witzel, Paula Varela et Anne Odile Peschel : Consumers' categorization of food ingredients : Do consumers perceive them as 'clean label' producers expect ? An exploration with projective mapping. *Food Quality and Preference*, 71:117–128, janvier 2019. ISSN 09503293.

Jessica Aschemann-Witzel et Stephan Zielke : Can't Buy Me Green ? A Review of Consumer Perceptions of and Behavior Toward the Price of Organic Food. *Journal of Consumer Affairs*, 51(1):211–251, 2017. ISSN 1745-6606.

Jérôme Aust : Financer la recherche sur projet. Figures historiques d'un dispositif de gouvernement. *Geneses*, 94(1):2–6, juin 2014. ISSN 1155-3219.

Robert Axelrod : The dissemination of culture : A model with local convergence and global polarization. *Journal of conflict resolution*, 41(2):203–226, 1997.

Albert-László Barabási et Eric Bonabeau : Scale-Free Networks. *Scientific American*, 288(5):60–69, 2003. ISSN 0036-8733.

Victorien Barbet : Tension Between Stability and Representativeness in a Democratic Setting. *Submitted*, 2019.

O Barreteau, G Abrami, B Bonté, François Bousquet et Raphaël Mathevet : Serious games. *In* Reinette Biggs, Alta De Vos, Rika Preiser, Hayley Clements, Kristine Maciejewski et Maja Schülter, éditeurs : *The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems*, Routledge International Handbooks. Routledge, New York, 2021. ISBN 978-1-00-302133-9.

Frank M. Bass : A New Product Growth for Model Consumer Durables. *Management Science*, 15(5), 1969.

Nicolas Becu : *Les courants d'influence et la pratique de la simulation participative*. HDR, La Rochelle Université, La Rochelle, février 2020.

Michele Bee et Raphaël Fèvre : Gold Rush vs. War : Keynes and the Economics of Digging Holes. *GREDEG Working Papers Series*, (2022-28), 2022. ISSN 1556-5068.

Christophe Béné : Resilience of local food systems and links to food security – A review of some important concepts in the context of COVID-19 and other shocks. *Food Security*, 12(4):805–822, août 2020. ISSN 1876-4525.

Christophe Béné, Peter Oosterveer, Lea Lamotte, Inge D. Brouwer, Stef de Haan, Steve D. Prager, Elise F. Talsma et Colin K. Khoury : When food systems meet sustainability – Current narratives and implications for actions. *World Development*, 113:116–130, janvier 2019a. ISSN 0305-750X.

Christophe Béné, Steven D. Prager, Harold A. E. Achicanoy, Patricia Álvarez Toro, Lea Lamotte, Camila Bonilla Cedrez et Brendan R. Mapes : Understanding food systems drivers : A critical review of the literature. *Global Food Security*, 2019b. ISSN 2211-9124.

Fikret Berkes et Carl Folke : Linking Social and Ecological Systems for Resilience and Sustainability. *Beijer Discussion Paper Series*, (52), 1994.

Reinette Biggs, Hayley Clements, Alta de Vos, Carl Folke, Amanda Manyani, Kristine Maciejewski, Berta Martin-Lopez, Rika Preiser, Odirilwe Selomane et Maja Schlüter : What are social- ecological systems and social- ecological systems research ? *In* Reinette Biggs, Alta De Vos, Rika Preiser, Hayley Clements, Kristine Maciejewski et Maja Schülter, éditeurs : *The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems*, Routledge International Handbooks, pages 3–26. Routledge, New York, 2021. ISBN 978-1-00-302133-9.

Claudia R. Binder, Giuseppe Feola et Julia K. Steinberger : Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(2):71–81, février 2010. ISSN 0195-9255.

Claudia R. Binder, Jochen Hinkel, Pieter W. G. Bots et Claudia Pahl-Wostl : Comparison of Frameworks for Analyzing Social-ecological Systems. *Ecology and Society*, 18 (4):art26, 2013. ISSN 1708-3087.

Claudia R. Binder et Arnim Wiek : The Role of Transdisciplinary Processes in Sustainability Assessment of Agricultural Systems. *In* Fritz J. Häni, László Pintér et Hans R. Herren, éditeurs : *Sustainable Agriculture : From Common Principles to Common Practice*, pages 33–48, Bern, 2007. International Institute of Sustainable Development and Swiss College of Agriculturee. ISBN 978-1-894784-05-4.

Riccardo Boero et Flaminio Squazzoni : Does Empirical Embeddedness Matter ? *ournal of Artificial Societies and Social Simulation*, 8(4):31, octobre 2005.

Hartmut Bossel : *Indicators for Sustainable Development : Theory, Method, Applications ; a Report to the Balaton Group*. IISD, Winnipeg, international institute for sustainable development édition, 1999. ISBN 978-1-895536-13-3.

Magnus Bostrom, Erik Andersson, Monika Berg, Karin Gustafsson, Eva Gustavsson, Erik Hysing, Rolf Lidskog, Erik Lofmarck, Maria Ojala, Jan Olsson, Benedict E. Singleton, Sebastian Svenberg, Ylva Uggla et Johan Ohman : Conditions for Transformative Learning for Sustainable Development : A Theoretical Review and Approach. *Sustainability*, 10(12):4479, décembre 2018.

Gabrielle Bouleau et Philippe Deuffic : Qu'y a-t-il de politique dans les indicateurs écologiques ? *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, (Volume 16 numéro 2), septembre 2016. ISSN 1492-8442.

Jean Boulton et Rika Preiser : Action Research. *In* Reinette Biggs, Alta De Vos, Rika Preiser, Hayley Clements, Kristine Maciejewski et Maja Schülter, éditeurs : *The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems*, Routledge International Handbooks. Routledge, New York, 2021. ISBN 978-1-00-302133-9.

Sarah Bowen et Tad Mutersbaugh : Local or localized ? Exploring the contributions of Franco-Mediterranean agrifood theory to alternative food research. *Agriculture and Human Values*, 31(2):201–213, juin 2014. ISSN 1572-8366.

Gilles Brougère : Le jeu peut-il ĕtre sérieux ? Revisiter *Jouer/Apprendre* en temps de *serious game*. *Australian Journal of French Studies*, 49(2):117–129, mai 2012. ISSN 0004-9468, 2046-2913.

Gro Harlem Brundtland : Our Common Future—Call for Action. *Environmental Conservation*, 14(4):291–294, 1987/ed. ISSN 1469-4387, 0376-8929.

Gianluca Brunori, Francesca Galli, Dominique Barjolle, Rudolf van Broekhuizen, Luca Colombo, Mario Giampietro, James Kirwan, Tim Lang, Erik Mathijs, Damian Maye, Kees de Roest, Carin Rougoor, Jana Schwarz, Emilia Schmitt, Julie Smith, Zaklina Stojanovic, Talis Tisenkopfs et Jean-Marc Touzard : Are Local Food Chains More Sustainable than Global Food Chains ? Considerations for Assessment. *Sustainability*, 8(5):449, mai 2016. ISSN 2071-1050.

George Butler, Gabriella Pigozzi et Juliette Rouchier : Mixing Dyadic and Deliberative Opinion Dynamics in an Agent-Based Model of Group Decision-Making. *Complexity*, 2019:e3758159, août 2019a. ISSN 1076-2787.

George Butler, Gabriella Pigozzi et Juliette Rouchier : An opinion diffusion model with deliberation. *Submitted*, page 12, 2019b.

Arthur Campbell : Word-of-Mouth Communication and Percolation in Social Networks. *American Economic Review*, 103(6):2466–2498, octobre 2013. ISSN 0002-8282.

Aurélie Cardona, Mireille Navarrete, Valérie Angeon, ... et Pedro Lopez-Merino : Is transdisciplinarity an achievable ideal ? From failure to learning stories. *Final draft before submission*, 2023 - attendu.

Bridin E. Carroll et Frances Fahy : Locating the locale of local food : The importance of context, space and social relations. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 30 (6):563–576, décembre 2015. ISSN 1742-1705.

Rachel Carson : *A Silent Spring*. Houghton Mifflin Harcourt, Boston, MA, 1962.

Daniel Cefaï : La construction des problèmes publics. Définitions de situations dans des arènes publiques. *Réseaux. Communication - Technologie - Société*, 14(75):43–66, 1996.

Yuna Chiffoleau, Sarah Millet-Amrani, Adanella Rossi, Marta Guadalupe Rivera-Ferre et Pedro Lopez Merino : The participatory construction of new economic models in short food supply chains. *Journal of Rural Studies*, 68:182–190, mai 2019. ISSN 0743-0167.

William S. Cleveland et Susan J. Devlin : Locally Weighted Regression : An Approach to Regression Analysis by Local Fitting. *Journal of the American Statistical Association*, 83(403):596–610, 1988. ISSN 0162-1459.

C. Robert Cloninger : *Feeling Good : The Science of Well-Being*. Oxford University Press, USA, mai 2004. ISBN 978-0-19-505137-7.

Kevin Collins et Ray Ison : Jumping off Arnstein's ladder : Social learning as a new policy paradigm for climate change adaptation. *Environmental Policy and Governance*, 19(6):358–373, novembre 2009. ISSN 1756932X, 17569338.

Collectif ComMod : La modélisation comme outil d'accompagnement. *Natures Sciences Sociétés*, 13(2):165–168, avril 2005. ISSN 1240-1307, 1765-2979.

Robert Costanza : *Ecological Economics : The Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press, New York, août 1992. ISBN 978-0-231-07563-3.

Mamen Cuéllar-Padilla et Ernesto Ganuza-Fernandez : We Don't Want to Be Officially Certified ! Reasons and Implications of the Participatory Guarantee Systems. *Sustainability*, 10(4):1142, avril 2018. ISSN 2071-1050.

William's Daré, Annemarie van Paassen, Raphaelle Ducrot, Raphaël Mathevet, Jerome Queste, Guy Trébuil, Cécile Barnaud et L. Lagabrielle : Apprentissage des interdépendances et des dynamiques. *In* Michel Etienne, éditeur : *La Modélisation d'accompagnement : Une Démarche Participative En Appui Au Développement Durable*, volume Update Sciences & technologies, pages 223–250. Éditions Quae, Versailles, Fr, avril 2010.

Ika Darnhofer, Stéphane Bellon, Benoît Dedieu et Rebecka Milestad : Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(3):545–555, septembre 2010. ISSN 1774-0746, 1773-0155.

Janae Davis, Alex A. Moulton, Levi Van Sant et Brian Williams : Anthropocene, Capitalocene, ... Plantationocene ? : A Manifesto for Ecological Justice in an Age of Global Crises. *Geography Compass*, 13(5):e12438, 2019. ISSN 1749-8198.

Sara de Freitas : Are Games Effective Learning Tools ? A Review of Educational Games. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(2):74–84, 2018. ISSN 1176-3647.

Bert J. M. de Vries et Arthur C. Petersen : Conceptualizing sustainable development : An assessment methodology connecting values, knowledge, worldviews and scenarios. *Ecological Economics*, 68(4):1006–1019, février 2009. ISSN 0921-8009.

Guillaume Deffuant, Frédéric Amblard, Gérard Weisbuch et Thierry Faure : How can extremism prevail ? A study based on the relative agreement interaction model. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 5(4), octobre 2002.

Guillaume Deffuant, Sylvie Huet et Frédéric Amblard : An Individual-Based Model of Innovation Diffusion Mixing Social Value and Individual Benefit. *American Journal of Sociology*, 110(4):1041–1069, janvier 2005. ISSN 0002-9602, 1537-5390.

Guillaume Deffuant, David Neau, Frederic Amblard et Gérard Weisbuch : Mixing beliefs among interacting agents. *Advances in Complex Systems*, 03(01n04):87–98, janvier 2000. ISSN 0219-5259, 1793-6802.

Valérie Deldrève, Jacqueline Candau et Camille Noûs, éditeurs. *Effort environnemental et équité : Les politiques publiques de l'eau et de la biodiversité en France*. Numéro 34 *in* EcoPolis. Peter Lang International Academic Publishers, Bern, 2021.

Sebastiano A. Delre, Wander Jager, Tammo H. A. Bijmolt et Marco A. Janssen : Will It Spread or Not ? The Effects of Social Influences and Network Topology on Innovation Diffusion. *Journal of Product Innovation Management*, 27(2):267–282, mars 2010. ISSN 07376782, 15405885.

Sebastiano A. Delre, Wander Jager et Marco A. Janssen : Diffusion dynamics in small-world networks with heterogeneous consumers. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 13(2):185–202, janvier 2007. ISSN 1381-298X, 1572-9346.

Robert-Jan den Haan et Mascha van der Voort : On Evaluating Social Learning Outcomes of Serious Games to Collaboratively Address Sustainability Problems : A Literature Review. *Sustainability*, 10(12):4529, décembre 2018. ISSN 2071-1050.

Christian Dorninger, David J. Abson, Cristina I. Apetrei, Pim Derwort, Christopher D. Ives, Kathleen Klaniecki, David P. M. Lam, Maria Langsenlehner, Maraja Riechers, Nathalie Spittler et Henrik von Wehrden : Leverage points for sustainability transformation : A review on interventions in food and energy systems. *Ecological Economics*, 171:106570, mai 2020. ISSN 0921-8009.

Jean-Marc Douguet, Pierre Failler et Gianluca Ferraro : Sustainability Assessment of the Societal Costs of Fishing Activities in a Deliberative Perspective. page 21, 2022.

Jean-Marc Douguet, Vahinala Raharinirina, Martin O'Connor et Philippe Roman : Construction d'un partenariat de connaissances sur les questions de justice environnementale : Exemple du projet européen EJOLT. *Éducation relative à l'environnement*, (Volume 13 - 1), septembre 2016. ISSN 1373-9689, 2561-2271.

John S. Dryzek et Christian List : Social Choice Theory and Deliberative Democracy : A Reconciliation. *British Journal of Political Science*, 33(01):1–28, janvier 2003. ISSN 0007-1234, 1469-2112.

Andreas Duit et Victor Galaz : Governance and Complexity—Emerging Issues for Governance Theory. *Governance*, 21(3):311–335, 2008. ISSN 1468-0491.

Bruce Edmonds, Volker Grimm, Ruth Meyer, Cristina Montañola, Paul Ormerod, Hilton Root et Flaminio Squazzoni : Di erent Modelling Purposes. *Journal ofArtificial Societies and Social Simulation*, 22 (3)(6):30, juin 2019.

Joshua M. Epstein : Agent-based computational models and generative social science. *Complexity*, 4(5):41–60, 1999. ISSN 1099-0526.

Joshua M. Epstein : Why Model ? *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 11(4 12), octobre 2008.

Polly J. Ericksen : Conceptualizing food systems for global environmental change research. *Global Environmental Change*, 18(1):234–245, février 2008. ISSN 0959-3780.

Anna Ernst : Review of factors influencing social learning within participatory environmental governance. *Ecology and Society*, 24(1):art3, 2019. ISSN 1708-3087.

Arturo Escobar : *Encountering Development : The Making and Unmaking of the Third World*. Princeton University Press, octobre 2011. ISBN 978-1-4008-3992-6.

Michel Étienne, François Bousquet, Christophe Le Page et Guy Trébuil : Transferring the ComMod Approach. *In* Michel Étienne, éditeur : *Companion Modelling*, pages 291–309. Springer Netherlands, Dordrecht, 2014. ISBN 978-94-017-8556-3 978-94-017-8557-0.

Iker Etxano et Unai Villalba-Eguiluz : Twenty-five years of social multi-criteria evaluation (SMCE) in the search for sustainability : Analysis of case studies. *Ecological Economics*, 188:107131, octobre 2021. ISSN 0921-8009.

Abigaïl Fallot, François Bousquet et Sandrine Dury : Les paradoxes de la résilience en matière de sécurité alimentaire. *Revue internationale des études du développement*, N°239(3):57, 2019. ISSN 2554-3415, 2554-3555.

FAO : Strategic work of FAO for inclusive and efficient food systems. page 28, septembre 2017.

Robert Feagan : The place of food : Mapping out the 'local' in local food systems. *Progress in Human Geography*, 31(1):23–42, février 2007. ISSN 0309-1325.

Martin Fishbein et Icek Ajzen : *Belief, Attitude, Intention, and Behavior : An Introduction to Theory and Research*. Addison-Wesley, Reading, MA, 1975.

Stephen Flood, Nicholas A. Cradock-Henry, Paula Blackett et Peter Edwards : Adaptive and interactive climate futures : Systematic review of 'serious games' for engagement and decision-making. *Environmental Research Letters*, 13(6):063005, juin 2018. ISSN 1748-9326.

Carl Folke, Thomas Hahn, Per Olsson et Jon Norberg : Adaptive governance of Social-Ecological Systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 30(1):441–473, novembre 2005. ISSN 1543-5938, 1545-2050.

Nina Fowler, Marcus Lindahl et David Sköld : The projectification of university research : A study of resistance and accommodation of project management tools &amp ; techniques. *International Journal of Managing Projects in Business*, 8(1):9–32, 2015-01-05Z. ISSN 1753-8378.

Bob Frame et Martin O'Connor : Integrating valuation and deliberation : The purposes of sustainability assessment. *Environmental Science & Policy*, 14(1):1–10, janvier 2011. ISSN 14629011.

Evan D. G. Fraser, Warren Mabee et Frank Figge : A framework for assessing the vulnerability of food systems to future shocks. *Futures*, 37(6):465–479, août 2005. ISSN 0016-3287.

Julia Freedgood, Marisol Pierce-Quiñonez et Kenneth Meter : Emerging Assessment Tools To Inform Food System Planning. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 2(1):83–104, décembre 2011. ISSN 2152-0801.

Harriet Friedmann : From Colonialism to Green Capitalism : Social Movements and Emergence of Food Regimes. *In* Frederick H. Buttel et Philip McMichael, éditeurs : *New Directions in the Sociology of Global Development*, volume 11 de *Research in Rural Sociology and Development*, pages 227–264. Emerald Group Publishing Limited, janvier 2005. ISBN 978-1-84950-373-0 978-0-7623-1250-4.

Harriet Friedmann et Philip McMichael : Agriculture and the state system : The rise and decline of national agricultures, 1870 to the present. *Sociologia Ruralis*, 29 (2):93–117, août 1989. ISSN 0038-0199, 1467-9523.

Francis Fukuyama : *The End of History and the Last Man*. Free Press, New York, NY, 1992. ISBN 978-0-02-910975-5.

Silvio O. Funtowicz et Jerome R. Ravetz : Science for the post-normal age. *Futures*, 25(7):739–755, septembre 1993. ISSN 0016-3287.

Guillaume Gamache, Juliette Anglade, Romain Feche, Fabienne Barataud, Catherine Mignolet et Xavier Coquil : Can living labs offer a pathway to support local agri-food sustainability transitions ? *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 37:93–107, décembre 2020. ISSN 2210-4224.

Eneko Garmendia et Sigrid Stagl : Public participation for sustainability and social learning : Concepts and lessons from three case studies in Europe. *Ecological Economics*, 69(8):1712–1722, juin 2010. ISSN 0921-8009.

Alexandros Gasparatos : Embedded value systems in sustainability assessment tools and their implications. *Journal of Environmental Management*, 91(8):1613–1622, août 2010. ISSN 0301-4797.

Frank W. Geels et Johan Schot : Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36(3):399–417, avril 2007. ISSN 0048-7333.

Nicholas Georgescu-Roegen : *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1971.

P. W Gerbens-Leenes, H. C Moll et A. J. M Schoot Uiterkamp : Design and development of a measuring method for environmental sustainability in food production systems. *Ecological Economics*, 46(2):231–248, septembre 2003. ISSN 0921-8009.

Gaston Godin, Mark Conner et Paschal Sheeran : Bridging the intention-behaviour 'gap' : The role of moral norm. *The British Journal of Social Psychology*, 44:497–512, 2005. ISSN 01446665.

Mario González-Azcárate, José Luis Cruz-Maceín et Isabel Bardají : Certifications in short food supply chains in the region of Madrid. Part of the alternative ? *Ecological Economics*, 195:107387, mai 2022. ISSN 0921-8009.

David Goodman, E. Melanie DuPuis et Michael K. Goodman : Introducing alternative food networks, fair trade circuits, and the politics of food. *In Alternative Food Networks*. Routledge, zeroth édition, février 2012. ISBN 978-1-136-64123-7.

Mark Granovetter : Threshold Models of Collective Behavior. *American Journal of Sociology*, 83(6):1420–1443, mai 1978. ISSN 0002-9602, 1537-5390.

Mark Granovetter et Roland Soong : Threshold models of diffusion and collective behavior. *The Journal of Mathematical Sociology*, 9(3):165–179, novembre 1983. ISSN 0022-250X, 1545-5874.

Mark Granovetter et Roland Soong : Threshold models of interpersonal effects in consumer demand. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 7(1):83–99, mars 1986. ISSN 01672681.

John J. Green, Jim Worstell et Caroline Canarios : The Local Agrifood System Sustainability/Resilience Index (SRI) : Constructing a data tool applied to counties in the southern United States. *Community Development*, 48(5):697–710, octobre 2017. ISSN 1557-5330.

Volker Grimm, Uta Berger, Finn Bastiansen, Sigrunn Eliassen, Vincent Ginot, Jarl Giske, John Goss-Custard, Tamara Grand, Simone K. Heinz, Geir Huse, Andreas Huth, Jane U. Jepsen, Christian Jørgensen, Wolf M. Mooij, Birgit Müller, Guy Pe'er, Cyril Piou, Steven F. Railsback, Andrew M. Robbins, Martha M. Robbins, Eva Rossmanith, Nadja Rüger, Espen Strand, Sami Souissi, Richard A.

Stillman, Rune Vabø, Ute Visser et Donald L. DeAngelis : A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. *Ecological Modelling*, 198 (1-2):115–126, septembre 2006. ISSN 03043800.

Volker Grimm, Uta Berger, Donald L. DeAngelis, J. Gary Polhill, Jarl Giske et Steven F. Railsback : The ODD protocol : A review and first update. *Ecological Modelling*, 221(23):2760–2768, novembre 2010. ISSN 03043800.

Dominique Gross et Roger Strand : Can Agent-Based Models Assist Decisions on Large-Scale Practical Problems : A Philosophical Analysis. *Complexity*, 5(5):26–33, janvier 2000. ISSN 1076-2787.

Deborah Lynn Guber : A Cooling Climate for Change ? Party Polarization and the Politics of Global Warming. *American Behavioral Scientist*, 57(1):93–115, janvier 2013. ISSN 0002-7642, 1552-3381.

David Guggenheim : An Inconvenient Truth, mai 2006.

David Gustafson, Alona Gutman, Whitney Leet, Adam Drewnowski, Jessica Fanzo et John Ingram : Seven Food System Metrics of Sustainable Nutrition Security. *Sustainability*, 8(3):196, mars 2016.

Donna Haraway : Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene : Making Kin. *Environmental Humanities*, 6(1):159–165, mai 2015. ISSN 2201-1919.

Emeline Hassenforder, Anne Dray et William's Daré : *Manuel d'observation des jeux sérieux*. ComMod ; CIRAD, Montpellier, France, 2020. ISBN 978-2-87614-757-7.

L. Hazard, M. Cerf, C. Lamine, D. Magda et P. Steyaert : A tool for reflecting on research stances to support sustainability transitions. *Nature Sustainability*, 3(2):89–95, février 2020. ISSN 2398-9629.

Laurent Hazard : Baser l'enquête sur l'expérience pour gérer les incertitudes d'une transition durable : le cas de la transition agroécologique :. *In Agora*, pages 23–41. Éducagri éditions, mai 2018. ISBN 979-10-275-0187-8.

Russell C. Hedberg : The ecology of alternative food landscapes : A framework for assessing the ecology of alternative food networks and its implications for sustainability. *Landscape Research*, 41(7):795–807, 2016. ISSN 0142-6397.

Jane Ricketts Hein, Brian Ilbery et Moya Kneafsey : Distribution of local food activity in England and Wales : An index of food relocalization. *Regional Studies*, 40(3):289–301, mai 2006. ISSN 0034-3404.

Pauline Herrero, Tom Dedeurwaerdere et Agathe Osinski : Design features for social learning in transformative transdisciplinary research. *Sustainability Science*, 14 (3):751–769, mai 2019. ISSN 1862-4065, 1862-4057.

Mohamed Hilal : Temps d'accès aux équipements au sein des bassins de vie des bourgs et petites villes. *Economie et Statistique / Economics and Statistics*, (402):41, 2007.

Rahul B. Hiremath, P. Balachandra, Bimlesh Kumar, Sheelratan S. Bansode et J. Murali : Indicator-based urban sustainability—A review. *Energy for Sustainable Development*, 17(6):555–563, décembre 2013. ISSN 0973-0826.

HLPE : Food losses and waste in the context of sustainable food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rapport technique 8, Rome, 2014.

HLPE : Nutrition and food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Securi. Rapport technique, FAO, Rome, 2017.

C. S. Holling : Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4(5):390–405, août 2001. ISSN 1432-9840.

Katharina Hölscher, Julia M. Wittmayer et Derk Loorbach : Transition versus transformation : What's the difference ? *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 27:1–3, juin 2018. ISSN 2210-4224.

Lummina G. Horlings, Dirk Roep, Erik Mathijs et Terry Marsden : Exploring the transformative capacity of place-shaping practices. *Sustainability Science*, 15(2):353–362, mars 2020. ISSN 1862-4065, 1862-4057.

Abert Howard : *An Agricultural Testament*. Oxford University Press, Oxford, UK, 1943.

Marianne Hubeau, Fleur Marchand, Ine Coteur, Koen Mondelaers, Lies Debruyne et Guido Van Huylenbroeck : A new agri-food systems sustainability approach to identify shared transformation pathways towards sustainability. *Ecological Economics*, 131:52–63, janvier 2017. ISSN 0921-8009.

Sylvie Huet, Guillaume Deffuant, Armelle Nugier, Michel Streith et Serge Guimond : Resisting hostility generated by terror : An agent-based study. *PLOS ONE*, 14 (1):e0209907, janvier 2019. ISSN 1932-6203.

Samuel P. Huntington : The Clash of Civilizations ? *Foreign Affairs*, 72(3):22–49, 1993. ISSN 0015-7120.

Julie Ingram : Agricultural transition : Niche and regime knowledge systems' boundary dynamics. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 26:117–135, mars 2018. ISSN 2210-4224.

IPES-Food : IPES-FOOD THE NEW SCIENCE OF SUSTAINABLE FOOD SYSTEMS. Rapport technique, mai 2015.

IPSOS : Alimentation durable : les Français de plus en plus attentifs à ce qu'ils mangent, 2016.

IPSOS : Dis-moi ce que tu manges..., 2019.

IRD : Un nouveau jeu sur la démocratie alimentaire ! https ://www.ird.fr/un-nouveau-jeu-sur-la-democratie-alimentaire, février 2023.

Matthew O. Jackson : Networks in the Understanding of Economic Behaviors. *Journal of Economic Perspectives*, 28(4):3–22, novembre 2014. ISSN 0895-3309.

Tim Jackson : Live Better by Consuming Less ? : Is There a "Double Dividend" in Sustainable Consumption ? *Journal of Industrial Ecology*, 9(1-2):19–36, 2005. ISSN 1530-9290.

Johanna Jacobi, Stellah Mukhovi, Aymara Llanque, Markus Giger, Adriana Bessa, Christophe Golay, Chinwe Ifejika Speranza, Veronica Mwangi, Horacio Augstburger, Elisabeth Buergi-Bonanomi, Tobias Haller, Boniface P. Kiteme, José M. F. Delgado Burgoa, Theresa Tribaldos et Stephan Rist : A new understanding and evaluation of food sustainability in six different food systems in Kenya and Bolivia. *Scientific Reports*, 10(1):19145, décembre 2020. ISSN 2045-2322.

Daniel Jaffee et Philip H. Howard : Corporate cooptation of organic and fair trade standards. *Agriculture and Human Values*, 27(4):387–399, décembre 2010. ISSN 1572-8366.

Judith Janker et Stefan Mann : Understanding the social dimension of sustainability in agriculture : A critical review of sustainability assessment tools. *Environment, Development and Sustainability*, 22(3):1671–1691, mars 2020. ISSN 1573-2975.

Judith Janker, Stefan Mann et Stephan Rist : Social sustainability in agriculture – A system-based framework. *Journal of Rural Studies*, 65:32–42, janvier 2019. ISSN 0743-0167.

Marco A. Janssen et Wander Jager : Stimulating diffusion of green products. *Journal of Evolutionary Economics*, 12(3):283–306, juillet 2002. ISSN 0936-9937, 1432-1386.

Florence Jany-Catrice et André Orléan : L'économie mainstream abuse de sa position dominante, janvier 2021.

Anders Jensen, Christian Thuesen et Joana Geraldi : The Projectification of Everything : Projects as a Human Condition. *Project Management Journal*, 47(3):21–34, juin 2016. ISSN 8756-9728, 1938-9507.

Pablo Jensen : *Pourquoi la société ne se laisse pas mettre en équations*. Science ouverte. Seuil, Paris, 2018. ISBN 978-2-02-138010-1.

Jessica L. Johnston, Jessica C. Fanzo et Bruce Cogill : Understanding Sustainable Diets : A Descriptive Analysis of the Determinants and Processes That Influence Diets and Their Impact on Health, Food Security, and Environmental Sustainability. *Advances in Nutrition*, 5(4):418–429, juillet 2014. ISSN 2161-8313.

Andrew D Jones, Lesli Hoey, Jennifer Blesh, Laura Miller, Ashley Green et Lilly Fink Shapiro : A Systematic Review of the Measurement of Sustainable Diets. *Advances in Nutrition*, 7(4):641–664, juillet 2016. ISSN 2161-8313.

Carl F. Jordan : Energy Flow and Feedback Control in Ecological and Economic Food Systems : Understanding Strengths in One System Helps Clarify a Weakness in the Other. *Ecological Economics*, 156:91–97, février 2019. ISSN 0921-8009.

Yatish Joshi et Zillur Rahman : Factors Affecting Green Purchase Behaviour and Future Research Directions. *International Strategic Management Review*, 3(1):128–143, juin 2015. ISSN 2306-7748.

Peter Kaufmann, Sigrid Stagl et Daniel W. Franks : Simulating the diffusion of organic farming practices in two New EU Member States. *Ecological Economics*, 68 (10):2580–2593, août 2009. ISSN 09218009.

Margit Keller, Bente Halkier et Terhi-Anna Wilska : Policy and Governance for Sustainable Consumption : At the Crossroads of Theories and Concepts. *Environmental Policy and Governance*, 26(2):75–88, mars 2016. ISSN 1756932X.

Elmar Kiesling, Markus Günther, Christian Stummer et Lea M. Wakolbinger : Agent-based simulation of innovation diffusion : A review. *Central European Journal of Operations Research*, 20(2):183–230, juin 2012. ISSN 1435-246X, 1613-9178.

James Kirwan, Damian Maye et Gianluca Brunori : Acknowledging complexity in food supply chains when assessing their performance and sustainability. *Journal of Rural Studies*, 52:21–32, mai 2017. ISSN 0743-0167.

Jan Klabbers : *The Magic Circle : Principles of Gaming & Simulation*. Sense Publishers, Rotterdam, janvier 2006.

Fred Kofman et Peter M. Senge : Communities of commitment : The heart of learning organizations. *Organizational Dynamics*, 22(2):5–23, septembre 1993. ISSN 0090-2616.

Jonathan Köhler, Frank W. Geels, Florian Kern, Jochen Markard, Elsie Onsongo, Anna Wieczorek, Floortje Alkemade, Flor Avelino, Anna Bergek, Frank Boons, Lea Fünfschilling, David Hess, Georg Holtz, Sampsa Hyysalo, Kirsten Jenkins, Paula Kivimaa, Mari Martiskainen, Andrew McMeekin, Marie Susan Mühlemeier, Bjorn Nykvist, Bonno Pel, Rob Raven, Harald Rohracher, Björn Sandén, Johan Schot, Benjamin Sovacool, Bruno Turnheim, Dan Welch et Peter Wells : An agenda for sustainability transitions research : State of the art and future directions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 31:1–32, juin 2019. ISSN 2210-4224.

Matthijs Koopmans : Perspectives on Complexity, Its Definition and Applications in the Field. *Complicity : An International Journal of Complexity and Education*, 14(1), août 2017. ISSN 17105668, 17105668.

Thomas S. Kuhn : *The Structure of Scientific Revolutions*. International Encyclopedia of Unified Science. Foundations of the Unity of Science, v. 2, No. 2. University of Chicago Press, Chicago, 1962. ISBN 978-0-226-45803-8.

Claire Lamine : Sustainability and Resilience in Agrifood Systems : Reconnecting Agriculture, Food and the Environment : Sustainability and resilience in agrifood systems. *Sociologia Ruralis*, 55(1):41–61, janvier 2015. ISSN 00380199.

Claire Lamine : *La fabrique sociale de l'écologisation de l'agriculture*. Science, nature et environnement. ELD, les Éditions la Discussion, Marseille, 2017. ISBN 979-10-92006-05-6.

Claire Lamine : Transdisciplinarity in Research about Agrifood Systems Transitions : A Pragmatist Approach to Processes of Attachment. *Sustainability*, 10(4):1241, avril 2018. ISSN 2071-1050.

Claire Lamine et Yuna Chiffoleau : Reconnecter agriculture et alimentation dans les territoires : dynamiques et défis :. *Pour*, N° 232(4):225–232, mai 2018. ISSN 0245-9442.

Claire Lamine et Julie Dawson : The agroecology of food systems : Reconnecting agriculture, food, and the environment. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(6):629–636, juillet 2018. ISSN 2168-3565, 2168-3573.

Claire Lamine, Florence Dodet, Camille Demené, Denis Rotival, Lucia Latré, Nicolas Sabot, Lorraine Chenot, Marie-Pierre Hilaire, Odile Audibert, Pascal Waldschmidt et Marie Simon : Transformations du système agri-alimentaire territorial en sud Ardèche : co-construire une périodisation du passé... qui fasse sens pour l'avenir. *Géocarrefour*, 96(3), mars 2022. ISSN 1627-4873.

Claire Lamine, Lucile Garçon et Gianluca Brunori : Territorial agrifood systems : A Franco-Italian contribution to the debates over alternative food networks in rural areas. *Journal of Rural Studies*, 68:159–170, mai 2019. ISSN 07430167.

Claire Lamine, Daniele Magda et Ika Darnhofer : Quelle pertinence de l'usage de la notion de résilience pour les systèmes agri-alimentaires ? *Natures Sciences Sociétés*, 2023 - attendu.

Claire Lamine, Danièle Magda, Marta Rivera-Ferre et Terry Marsden, éditeurs. *Agroecological transitions, between determinist and open-ended visions*, volume 37 de *EcoPolis*. Peter Lang International Academic Publishers, 2021.

Claire Lamine et Egon Bjørnshave Noe : Values and Volume in Sustainable Organic Market Chains : A Multi-perspectival Analysis. *The International Journal of Sociology of Agriculture and Food*, 24(1), janvier 2018. ISSN 2524-1982.

Kelvin J. Lancaster : A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy*, 74(2):132–157, avril 1966. ISSN 0022-3808, 1537-534X.

George Lazaroiu, Mihai Andronie, Cristian Uţă et Iulian Hurloiu : Trust Management in Organic Agriculture : Sustainable Consumption Behavior, Environmentally Conscious Purchase Intention, and Healthy Food Choices. *Frontiers in Public Health*, 7, novembre 2019. ISSN 2296-2565.

Christophe Le Page : *Simulation multi-agent interactive : engager des populations locales dans la modélisation des socio-écosystèmes pour stimuler l'apprentissage social*. HDR, Sorbonne Universités, Paris, mars 2017.

Rui Leite et Aurora A. C. Teixeira : Innovation diffusion with heterogeneous networked agents : A computational model. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 7 (2):125–144, octobre 2012. ISSN 1860-711X, 1860-7128.

Simon Levin, Tasos Xepapadeas, Anne-Sophie Crépin, Jon Norberg, Aart de Zeeuw, Carl Folke, Terry Hughes, Kenneth Arrow, Scott Barrett, Gretchen Daily, Paul Ehrlich, Nils Kautsky, Karl-Göran Mäler, Steve Polasky, Max Troell, Jeffrey R. Vincent et Brian Walker : Social-ecological systems as complex adaptive systems : Modeling and policy implications. *Environment and Development Economics*, 18(2):111–132, avril 2013. ISSN 1355-770X, 1469-4395.

Charles Z. Levkoe et Alison Blay-Palmer : Food Counts : Food systems report cards, food sovereignty and the politics of indicators. *Canadian Food Studies / La Revue canadienne des études sur l'alimentation*, 5(3):49–75, septembre 2018. ISSN 2292-3071.

Charles Z. Levkoe, Josh Brem-Wilson et Colin R. Anderson : People, power, change : Three pillars of a food sovereignty research praxis. *The Journal of Peasant Studies*, 46 (7):1389–1412, novembre 2019. ISSN 0306-6150.

Aymara Llanque, Johanna Jacobi, Theresa Tribaldos, Stellah Mukhovi, Carlos Silvestre, Andreia Tecchio, Lidiane Fernandez, Freddy Delgado, Boniface Kiteme, Renato Maluf, Adriana Bessa, Chinwe Ifejika Speranza et Stephan Rist : Transformations towards food sustainability using the participatory Food Sustainability Assessment Framework (FoodSAF). *Social Innovations Journal*, 5, mars 2021. ISSN 2692-2053.

Pedro Lopez-Merino : Agroecology – A potential for social transformation ? Mémoire de Master 2, Université Grenoble-Alpes, 2015.

Pedro López-Merino et Juliette Rouchier : An Agent-Based Model of (Food) Consumption : Accounting for the Intention-Behaviour-Gap on Three Dimensions of Characteristics with Limited Knowledge. *In EasyChair Preprint 5440*, numéro 5440, Dijon, France, avril 2021. Université Bourgogne Franche-Comté.

Pedro Lopez-Merino et Juliette Rouchier : The diffusion of goods with multiple characteristics and price premiums : An agent-based model. *Applied Network Science*, 7(1):1–22, décembre 2022. ISSN 2364-8228.

Maizy T. Ludden, Rick Welsh, Evan Weissman, Duncan Hilchey, Gilbert W. Gillespie et Amy Guptill : The Progressive Agriculture Index : Assessing the Advancement of Agri-food Systems. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 8(3):159–185, octobre 2018. ISSN 2152-0801.

Daniele Magda, Claire Lamine, Terry Marsden et Marta Rivera-Ferre : Taking into account the ontological relationship to change in agroecological transitions. *In Agroecological Transitions, between Determinist and Open-Ended Visions*, volume 37 de *EcoPolis*. Peter Lang International Academic Publishers, septembre 2021.

Gianluca Manzo et Arnout van de Rijt : Halting SARS-CoV-2 by Targeting High-Contact Individuals. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 23(4):10, 2020. ISSN 1460-7425.

Terry Marsden : From post-productionism to reflexive governance : Contested transitions in securing more sustainable food futures. *Journal of Rural Studies*, 29:123–134, 2013a. ISSN 07430167.

Terry Marsden : Sustainable place-making for sustainability science : The contested case of agri-food and urban–rural relations. *Sustainability Science*, 8(2):213–226, 2013b. ISSN 1862-4065, 1862-4057.

Georgia Mavrommati, Mark E. Borsuk, Allison I. Kreiley, Christopher Larosee, Shannon Rogers, Klancey Burford et Richard B. Howarth : A methodological framework for understanding shared social values in deliberative valuation. *Ecological Economics*, 190:107185, décembre 2021. ISSN 0921-8009.

Igor S. Mayer : The Gaming of Policy and the Politics of Gaming : A Review. *Simulation & Gaming*, 40(6):825–862, décembre 2009. ISSN 1046-8781.

Philip McMichael : Global development and the corporate food regime. *In* Frederick H. Buttel et Philip McMichael, éditeurs : *New Directions in the Sociology of Global Development*, volume 11 de *Research in Rural Sociology and Development*, pages 265–300. Emerald Group Publishing Limited, janvier 2005. ISBN 978-1-84950-373-0 978-0-7623-1250-4.

Donella Meadows : Leverage Points : Places to Intervene in a System, 1999.

Donella H. Meadows, Denis L. Meadows, Jørgen Randers et William W. Behrens : *The Limits to Growth : A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. Potomac Assoc. Books, 1972.

Wietske Medema, Alison Furber, Jan Adamowski, Qiqi Zhou et Igor Mayer : Exploring the Potential Impact of Serious Games on Social Learning and Stakeholder Collaborations for Transboundary Watershed Management of the St. Lawrence River Basin. *Water*, 8(5):175, mai 2016. ISSN 2073-4441.

Ken Meter : Assessing food systems as complex adaptive systems. *In* Alison Blay-Palmer, Damien Conaré, Ken Meter, Amanda Di Battista et Carla Johnston, éditeurs : *Sustainable Food System Assessment : Lessons from Global Practice*. Routledge, Milton Park, Abingdon, Oxon ;, first édition, novembre 2019. ISBN 978-0-429-43989-6.

Rebecka Milestad, Lotten Westberg, Ulrika Geber et Johanna Björklund : Enhancing Adaptive Capacity in Food Systems : Learning at Farmers' Markets in Sweden. *Ecology and Society*, 15(3), septembre 2010. ISSN 1708-3087.

Malin Mobjörk : Consulting versus participatory transdisciplinarity : A refined classification of transdisciplinary research. *Futures*, 42(8):866–873, octobre 2010. ISSN 0016-3287.

Ana Moragues-Faus et Alizée Marceau : Measuring Progress in Sustainable Food Cities : An Indicators Toolbox for Action. *Sustainability*, 11(1):45, décembre 2018. ISSN 2071-1050.

Edgar Morin : Le défi de la complexité. *Chimères. Revue des schizoanalyses*, 5(1):1–18, 1988.

Edgar Morin : From the concept of system to the paradigm of complexity. *Journal of Social and Evolutionary Systems*, 15(4):371–385, janvier 1992. ISSN 1061-7361.

Edgar Morin : Sur l'interdisciplinarité. *Bulletin Interactif du Centre International de Recherches et Études transdisciplinaires*, (2), 1994.

Erik Mostert, Claudia Pahl-Wostl, Yvonne Rees, Brad Searle, David Tàbara et Joanne Tippett : Social Learning in European River-Basin Management : Barriers and Fostering Mechanisms from 10 River Basins. *Ecology and Society*, 12(1), mai 2007. ISSN 1708-3087.

Anne Mottet, Abram Bicksler, Dario Lucantoni, Fabrizia De Rosa, Beate Scherf, Eric Scopel, Santiago López-Ridaura, Barbara Gemmil-Herren, Rachel Bezner Kerr, Jean-Michel Sourisseau, Paulo Petersen, Jean-Luc Chotte, Allison Loconto et Pablo Tittonell : Assessing Transitions to Sustainable Agricultural and Food Systems : A Tool for Agroecology Performance Evaluation (TAPE). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 2020. ISSN 2571-581X.

J. Muchnik et C. de Sainte Marie : *Le temps des Syal : Techniques, vivres et territoires*. Sciences & Technologies. Éditions Quae, c/o INRA, Versailles, Fr, éditions quæédition, 2010. ISBN 978-2-7592-0 501-1.

José Muchnik, Javier Sanz Cañada et Gerardo Torres Salcido : Systèmes agroalimentaires localisés : état des recherches et perspectives. *Cahiers Agricultures*, 17(6):513–519, novembre 2008. ISSN 1166-7699, 1777-5949.

Birgit Müller, Friedrich Bohn, Gunnar Dressler, Jürgen Groeneveld, Christian Klassert, Romina Martin, Maja Schlüter, Jule Schulze, Hanna Weise et Nina Schwarz : Describing human decisions in agent-based models – ODD + D, an extension of the ODD protocol. *Environmental Modelling & Software*, 48:37–48, octobre 2013. ISSN 1364-8152.

Mackenzie B. Murphy, Georgia Mavrommati, Varun Rao Mallampalli, Richard B. Howarth et Mark E. Borsuk : Comparing group deliberation to other forms of preference aggregation in valuing ecosystem services. *Ecology and Society*, 22(4):art17, 2017. ISSN 1708-3087.

Richard B. Norgaard : Sustainable development : A co-evolutionary view. *Futures*, 20 (6):606–620, décembre 1988. ISSN 00163287.

Bryan G. Norton : The rebirth of environmentalism as pragmatic, adaptive management. *Virginia Environmental Law Journal*, 24(3):353–376, 2005. ISSN 1045-5183.

Bryan G. Norton et Douglas Noonan : Ecology and valuation : Big changes needed. *Ecological Economics*, 63(4):664–675, septembre 2007. ISSN 0921-8009.

OECD, FAO et UNCDF : *Adopting a Territorial Approach to Food Security and Nutrition Policy*. OECD Rural Studies. OECD, avril 2016. ISBN 978-92-64-25709-2 978-92-64-25710-8.

Albert Ogien : La valeur sociale du chiffre. *Revue Francaise de Socio-Economie*, Hors-série (en lutte):99–120, avril 2020. ISSN 1966-6608.

André Orléan : *L'Empire de la valeur*. Sciences humaines. Seuil, Paris, 2011.

André Orléan, Camille Riquier, Diane Delaurens, Hélène Mugnier, Nathalie Sarthou-Lajus et Valérie Charolles : La valeur de l'argent. *Esprit Presse*, août 2019.

Murilo Pagotto, Anthony Halog, Diogo Fleury Azevedo Costa et Tianchu Lu : A Sustainability Assessment Framework for the Australian Food Industry : Integrating Life Cycle Sustainability Assessment and Circular Economy. *In* Subramanian Senthilkannan Muthu, éditeur : *Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA)*, pages 15–42. Springer Singapore, Singapore, 2021. ISBN 9789811645617 9789811645624.

Talcott Parsons : *The Social System*. ROUTLEDGE SOCIOLOGY CLASSICS. Routledge, London, 1991. ISBN 978-0-203-99295-1.

Cristiana Peano, Paola Migliorini et Francesco Sottile : A methodology for the sustainability assessment of agri-food systems : An application to the Slow Food Presidia project. *Ecology and Society*, 19(4):art24, 2014. ISSN 1708-3087.

Cristiana Peano, Nadia Tecco, Egidio Dansero, Vincenzo Girgenti et Francesco Sottile : Evaluating the Sustainability in Complex Agri-Food Systems : The SAEMETH Framework. *Sustainability*, 7(6):6721–6741, juin 2015.

Giovanni Pegoretti, Francesco Rentocchini et Giuseppe Vittucci Marzetti : An agent-based model of innovation diffusion : Network structure and coexistence under different information regimes. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 7 (2):145–165, octobre 2012. ISSN 1860-711X, 1860-7128.

Nathalie Perrot, Hugo De Vries, Evelyne Lutton, Harald G. J. van Mil, Mechthild Donner, Alberto Tonda, Sophie Martin, Isabelle Alvarez, Paul Bourgine, Erik van der Linden et Monique A. V. Axelos : Some remarks on computational approaches towards sustainable complex agri-food systems. *Trends in Food Science & Technology*, 48:88–101, février 2016. ISSN 0924-2244.

Paulo Petersen, Luciano Silveira, Gabriel Bianconi Fernandes et Silvio Gomes de Almeida : *Lume : A Method for the Economic-Ecological Analysis of Agroecosystems*. Reclaiming Diversity and Citizenship Series. Centre for Agroecology, Water and Resilience (CAWR) at Coventry University, Coventry, UK, 2020.

Jonathan Peuch et Agathe Osinski : Governing the Transformation of Regional Food Systems : The Case of the Walloon Participatory Process. *Food Ethics*, 5(1-2):5, novembre 2020. ISSN 2364-6853, 2364-6861.

Jean Piaget : *Play, Dreams and Imitation in Childhood*. Routledge, London, 1951 (2013). ISBN 978-1-315-00969-8.

Thomas Piketty : *Une Brève Histoire de l'égalité*. Seuil, Paris, août 2021. ISBN 2-02-148597-8.

Ursula Ploll, Heidrun Petritz et Tobias Stern : A social innovation perspective on dietary transitions : Diffusion of vegetarianism and veganism in Austria. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 36:164–176, septembre 2020. ISSN 2210-4224.

Christian Pohl, Julie Thompson Klein, Sabine Hoffmann, Cynthia Mitchell et Dena Fam : Conceptualising transdisciplinary integration as a multidimensional interactive process. *Environmental Science & Policy*, 118:18–26, avril 2021. ISSN 1462-9011.

Michael Polanyi : Tacit Knowing : Its Bearing on Some Problems of Philosophy. *Reviews of Modern Physics*, 34(4):601–616, octobre 1962. ISSN 0034-6861.

Florin Popa, Mathieu Guillermin et Tom Dedeurwaerdere : A pragmatist approach to transdisciplinarity in sustainability research : From complex systems theory to reflexive science. *Futures*, 65:45–56, janvier 2015. ISSN 0016-3287.

Jenny Pope, David Annandale et Angus Morrison-Saunders : Conceptualising sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 24(6):595–616, août 2004. ISSN 0195-9255.

Amy R. Poteete, Marco A. Janssen et Elinor Ostrom : *Working Together : Collective Action, the Commons, and Multiple Methods in Practice*. Princeton University Press, avril 2010. ISBN 978-1-4008-3515-7.

Rika Preiser, Reinette Biggs, Alta De Vos et Carl Folke : Social-ecological systems as complex adaptive systems : Organizing principles for advancing research methods and approaches. *Ecology and Society*, 23(4):art46, 2018. ISSN 1708-3087.

Rika Preiser, Maja Schlüter, Reinette Biggs, Maria Mancilla Garcia, Jamila Haider, Tilman Hertz et Louis Klein : Complexity-based social- ecological systems research : Philosophical foundations and practical implications. *In* Reinette Biggs, Alta De Vos, Rika Preiser, Hayley Clements, Kristine Maciejewski et Maja Schüller, éditeurs : *The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems*, Routledge International Handbooks, pages 27–46. Routledge, New York, 2021. ISBN 978-1-00-302133-9.

John Prescott et Graham Bell : Cross-cultural determinants of food acceptability : Recent research on sensory perceptions and preferences. *Trends in Food Science & Technology*, 6(6):201–205, juin 1995. ISSN 0924-2244.

Paolo Prosperi, Thomas Allen, Bruce Cogill, Martine Padilla et Iuri Peri : Towards metrics of sustainable food systems : A review of the resilience and vulnerability literature. *Environment Systems and Decisions*, 36(1):3–19, mars 2016. ISSN 2194-5403, 2194-5411.

R Core Team : R : A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, 2020.

Mark Reed, Anna Evely, Georgina Cundill, Ioan Fazey, Jayne Glass, Adele Laing, Jens Newig, Brad Parrish, Christina Prell, Chris Raymond et Lindsay Stringer : What is Social Learning ? *Ecology and Society*, 15(4), octobre 2010. ISSN 1708-3087.

Henk Renting, Markus Schermer et Adanella Rossi : Building Food Democracy : Exploring Civic Food Networks and Newly Emerging Forms of Food Citizenship. *The International Journal of Sociology of Agriculture and Food*, 19(3):289–307, décembre 2012. ISSN 2524-1982.

Horst W J Rittel et Melvin M Webber : Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Science*, 4(155-169):15, 1973.

Everett M. Rogers : *Diffusion of Innovations*. Free Press of Glencoe, New York, 1962.

Everett M Rogers : Diffusion of preventive innovations. *Addictive Behaviors*, 27(6):989–993, novembre 2002. ISSN 03064603.

Sherwin Rosen : Hedonic Prices and Implicit Markets : Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, 82(1):34–55, janvier 1974. ISSN 0022-3808, 1537-534X.

Miguel Rotenberg : *Les Jeux de Société : Essai Sur La Production d'un Outil d'analyse Autour Des Mécaniques de Jeu*. Mémoire de Master 2, Université Paris 13 – Sorbonne Paris Cité, Paris, 2015.

Juliette Rouchier : Les Serious Games et l'éducation au bien commun : L'exemple du jeu PollutionSolutions. *Action publique. Recherche et pratiques*, (2):4–11, 2018.

Juliette Rouchier : Que restera-t-il de l'épidémiologie à la fin de la crise Covid ? page 191, 2022.

Juliette Rouchier : Du bon usage des modèles en science et en politique, février 2023.

Juliette Rouchier : La simulation agents : Marginale ou prometteuse ? *In* R Boyer, J.-P Chanteau, A Labrousse et T Lamarche, éditeurs : *Théorie de La Régulation : Nouvel État Des Savoirs*. Dunod, Paris, 2023 - à paraitre.

Juliette Rouchier et Victorien Barbet : *La diffusion de la Covid-19 : Que peuvent les modèles ?* Editions Matériologiques, Paris, 2020.

Juliette Rouchier et Emily Tanimura : When overconfident agents slow down collective learning. *SIMULATION*, 88(1):33–49, janvier 2012. ISSN 0037-5497, 1741-3133.

Juliette Rouchier et Emily Tanimura : Influence with over-confident agents. CoMSES Computational Model Library, 2015, October 21.

Juliette Rouchier, Paola Tubaro et Cécile Emery : Opinion transmission in organizations : An agent-based modeling approach. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 20(3):252–277, septembre 2014. ISSN 1381-298X, 1572-9346.

Yannick Rumpala : Quelle place pour une « sobriété heureuse » ou un « hédonisme de la modération » dans un monde de consommateurs ? : Entre (re)construction d'un ethos et tensions non résolues. *L'Homme & la Société*, n°208(3):223, 2018. ISSN 0018-4306, 2101-0226.

Serenella Sala, Biagio Ciuffo et Peter Nijkamp : A systemic framework for sustainability assessment. *Ecological Economics*, 119:314–325, novembre 2015. ISSN 0921-8009.

Thomas C. Schelling : Models of Segregation. *The American Economic Review*, 59 (2):488–493, 1969. ISSN 0002-8282.

Geeske Scholz, Art Dewulf et Claudia Pahl-Wostl : An Analytical Framework of Social Learning Facilitated by Participatory Methods. *Systemic Practice and Action Research*, 27(6):575–591, décembre 2014. ISSN 1094-429X, 1573-9295.

Bernd Siebenhüner, Romina Rodela et Franz Ecker : Social learning research in ecological economics : A survey. *Environmental Science & Policy*, 55:116–126, janvier 2016. ISSN 14629011.

Chris Sneddon, Richard B. Howarth et Richard B. Norgaard : Sustainable development in a post-Brundtland world. *Ecological Economics*, 57(2):253–268, mai 2006. ISSN 0921-8009.

Solagro : Construire sa stratégie alimentaire avec un atelier autour de l'assiette 2050, août 2022.

Eliane Steiner, Anne Dray, John Garcia Ulloa, Claude Garcia et Jaboury Ghazoul : "I remember your lecture" : Role-playing games and unconventional teaching reinforce learning outcomes. *ETH Learning and Teaching Journal*, 2(1):82–93, septembre 2020. ISSN 2624-7992.

Andy Stirling : Emancipating Transformations :. *STEPS Working Paper*, 64:48, 2014.

Andy Stirling : *Sustainability and the Politics of Transformations : From Control to Care in Moving beyond Modernity*, pages 219–238. Edward Elgar Publishing, 2019. ISBN 978-1-78897-520-9.

Richard H. Thaler : *Misbehaving : The Making of Behavioral Economics*. W.W. Norton & Company, New York, first edition édition, 2015. ISBN 978-0-393-08094-0.

Joël Thibert et Madhav G. Badami : Estimating and communicating food system impacts : A case study in Montreal, Quebec. *Ecological Economics*, 70(10):1814–1821, août 2011. ISSN 0921-8009.

Samuel Thiriot : Small world is not enough : Criteria for network choice and conclusiveness of simulations. *Journal of Artifical Societies and Social Simulation.*, (Submitted, never published), 2010.

John Thompson et Ian Scoones : Addressing the dynamics of agri-food systems : An emerging agenda for social science research. *Environmental Science & Policy*, 12 (4):386–397, juin 2009. ISSN 1462-9011.

Raul Toral et Claudio J. Tessone : Finite Size Effects in the Dynamics of Opinion Formation. *Communications in Computational Physics*, 2(2):177–195, avril 2007.

Laure Triste, Fleur Marchand, Lies Debruyne, Marijke Meul et Ludwig Lauwers : Reflection on the development process of a sustainability assessment tool : Learning from a Flemish case. *Ecology and Society*, 19(3):art47, 2014. ISSN 1708-3087.

Teja Tscharntke, Yann Clough, Thomas C. Wanger, Louise Jackson, Iris Motzke, Ivette Perfecto, John Vandermeer et Anthony Whitbread : Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation*, 151(1):53–59, juillet 2012. ISSN 00063207.

United Nations General Assembly : Transforming Our World : The 2030 Agenda for Sustainable Development, 2015.

Merel van der Wal, Joop De Kraker, Astrid Offermans, Carolien Kroeze, Paul A. Kirschner et Martin van Ittersum : Measuring Social Learning in Participatory Approaches to Natural Resource Management. *Environmental Policy and Governance*, 24(1):1–15, 2014. ISSN 1756-9338.

H. G. J. van Mil, E. A. Foegeding, E. J. Windhab, N. Perrot et E. van der Linden : A complex system approach to address world challenges in food and agriculture. *Trends in Food Science & Technology*, 40(1):20–32, novembre 2014. ISSN 0924-2244.

Franck Varenne : *Théories et modèles en sciences humaines, Le cas de la géographie La Cliothèque*. Modélisations, simulations, systèmes complexe. Paris, editions matériologiques édition, novembre 2017.

Thorstein Veblen : *The Theory of the Leisure Class : An Economic Study of Institutions*. The Macmillan Company, New York, 1899.

Franck-Dominique Vivien : *Le développement soutenable*. Repères. La Découverte, Paris, 2005. ISBN 978-2-7071-3902-3.

Duncan J. Watts et Peter Sheridan Dodds : Threshold models of social influence. *In The Oxford Handbook of Analytical Sociology*, pages 475–497. Oxford University Press, 2009.

Duncan J Watts et Steven H Strogatz : Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 393:4, 1998.

Thomas Webler, Hans Kastenholz et Ortwin Renn : Public participation in impact assessment : A social learning perspective. *Environmental Impact Assessment Review*, 15(5):443–463, septembre 1995. ISSN 0195-9255.

Jennifer Wells : *Complexity and Sustainability*. Routledge, London, 2012. ISBN 978-0-203-09567-6.

Victoria Wibeck, Karin Eliasson et Tina-Simone Neset : Co-creation research for transformative times : Facilitating foresight capacity in view of global sustainability challenges. *Environmental Science & Policy*, 128:290–298, février 2022. ISSN 14629011.

Uri Wilensky : NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, 1999.

Matthew A Wilson et Richard B Howarth : Discourse-based valuation of ecosystem services : Establishing fair outcomes through group deliberation. *Ecological Economics*, 41(3):431–443, juin 2002. ISSN 0921-8009.

World Commission on Environment and Development : *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford, New York, 1987. ISBN 978-0-19-282080-8.

Qing Xu, Sylvie Huet, Christophe Poix, Isabelle Boisdon et Guillaume Deffuant : Why do farmers not convert to organic farming ? Modeling conversion to organic farming as a major change : XU et al. *Natural Resource Modeling*, 31(3):e12171, août 2018. ISSN 08908575.

Mengbin Ye, Ji Liu, Lili Wang, Brian D. O. Anderson et Ming Cao : Consensus and Disagreement of Heterogeneous Belief Systems in Influence Networks. *arXiv :1812.05138 [cs, math]*, décembre 2018.

H. Peyton Young : Innovation Diffusion in Heterogeneous Populations : Contagion, Social Influence, and Social Learning. *American Economic Review*, 99(5):1899–1924, décembre 2009. ISSN 0002-8282.

Paolo Zeppini, Koen Frenken et Roland Kupers : Thresholds models of technological transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 11:54–70, juin 2014. ISSN 22104224.

Q. Zhou : *The Princess in the Castle : Challenging Serious Game Play for Integrated Policy Analysis and Planning*. Thèse de doctorat, Delft University, Delft, 2014.

RÉSUMÉ

Cette thèse explore comment des formes d'interaction au sein des groupes sociaux déterminent à la fois les pratiques alimentaires et les visions de ce qui rend un système alimentaire territorial durable. Le premier chapitre s'appuie sur la théorie de diffusion d'innovations et utilise la modélisation à base d'agents pour étudier comment la consommation de biens aux caractéristiques payantes multiples se diffusent au sein d'un réseau d'agents interconnectés. Le deuxième chapitre présente une réflexion autour de l'évaluation de la durabilité des systèmes alimentaires à l'échelle territoriale, en mettant l'accent sur les facteurs à considérer si l'on cherche à faire une évaluation qui puisse transformer ces systèmes vers davantage de durabilité. Le troisième chapitre, enfin, introduit un cadre conceptuel pour penser la durabilité des systèmes alimentaires, et décrit un jeu sérieux conçu et mis à l'épreuve dans le cadre d'un projet recherche-action en Ardèche, France.

MOTS CLÉS

Diffusion d'innovations, agroécologie, systèmes alimentaires territoriaux, pratiques alimentaires, durabilité, modélisation à base d'agents, jeux sérieux, complexité

ABSTRACT

This dissertation explores how different forms of interaction within social groups determine both food practices and visions of what makes a territorial food system sustainable. The first chapter builds on the theory of diffusion of innovations and uses agent-based modelling to study how the consumption of goods with multiple characteristics diffuse within a network of interconnected agents. The second chapter presents a reflection on the assessment of the sustainability of food systems at the territorial scale, emphasising the key factors to consider if assessment is to contribute to the transformation of these systems towards greater sustainability. Finally, the third chapter introduces a conceptual framework for thinking about the sustainability of food systems at the territorial scale, and describes a serious game designed and tested in the context of an action-research project in the Ardèche, France.

KEYWORDS

Diffusion of innovations, agroecology, territorial food systems, food practices, sustainability, agent-based modelling, serious games, complexity