



HAL
open science

Quantifier ou l'art de mesurer l'utilisation des produits phytosanitaires Analyse empirico-formelle de la gestion sanitaire et environnementale des producteurs horticoles

Magali Aubert

► To cite this version:

Magali Aubert. Quantifier ou l'art de mesurer l'utilisation des produits phytosanitaires Analyse empirico-formelle de la gestion sanitaire et environnementale des producteurs horticoles. Economies et finances. Montpellier SupAgro, 2017. Français. NNT : 2017NSAM0039 . tel-04549677

HAL Id: tel-04549677

<https://theses.hal.science/tel-04549677>

Submitted on 17 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THESE POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE MONTPELLIER SUPAGRO

En Sciences Economiques

École doctorale [EDEG – Économie et Gestion]
Portée par l'Université de Montpellier

Unité de recherche MOISA

Quantifier ou l'art de mesurer l'utilisation des produits phytosanitaires : Analyse empirico-formelle de la gestion sanitaire et environnementale des producteurs horticoles

Présentée par Magali Aubert
Ingénieure d'Etudes INRA
Le 12 décembre 2017

Sous la direction de Jean-Marie CODRON
Et Paule MOUSTIER

Devant le jury composé de

Jean-Marie CODRON, Directeur de Recherche, INRA

Paule MOUSTIER, Chercheur, CIRAD

Alban THOMAS, Directeur de Recherche, INRA

Pierre DUPRAZ, Directeur de Recherche, INRA

Raja CHAKIR, Chargée de Recherche, INRA

Véronique MEURIOT, Chercheur, CIRAD

Directeur

Co-directrice

Président de jury

Rapporteur

Rapporteur

Examineur



UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER



THESE POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE MONTPELLIER SUPAGRO

En Sciences Economiques

École doctorale [EDEG – Économie et Gestion]
Portée par l'Université de Montpellier

Unité de recherche MOISA

Quantifier ou l'art de mesurer l'utilisation des produits phytosanitaires : Analyse empirico-formelle de la gestion sanitaire et environnementale des producteurs horticoles

Présentée par Magali Aubert
Ingénieure d'Etudes INRA
Le 12 décembre 2017

Sous la direction de Jean-Marie CODRON
Et Paule MOUSTIER

Devant le jury composé de

Jean-Marie CODRON, Directeur de Recherche, INRA
Paule MOUSTIER, Chercheur, CIRAD
Alban THOMAS, Directeur de Recherche, INRA
Pierre DUPRAZ, Directeur de Recherche, INRA
Raja CHAKIR, Chargée de Recherche, INRA
Véronique MEURIOT, Chercheur, CIRAD

Directeur
Co-directrice
Président de jury
Rapporteur
Rapporteur
Examineur



UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER



« L'Université n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse ; ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur ».

Sommaire

Sommaire	7
Résumé	8
Abstract	9
Remerciements	10
Introduction	14
1. EVOLUTION DE LA PRISE EN COMPTE DU RISQUE SANITAIRE ET PHYTOSANITAIRE DE L'ANTIQUITE A NOS JOURS	22
1.1. HISTOIRE LONGUE DE LA DEFENSE DES CULTURES	22
1.2. DYNAMIQUE RECENTE DES ACTEURS	28
2. QUANTIFIER L'UTILISATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES : REFLEXIONS THEORIQUE ET EMPIRIQUE	44
2.1. QUANTIFICATION <i>VERSUS</i> MESURE	44
2.2. L'ECONOMETRIE : ENTRE QUANTIFICATION ET MODELISATION MATHEMATIQUE	53
2.3. QUANTIFICATION, MESURE ET MODELISATION DE L'UTILISATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES	61
3. ORIGINALITE ET APPORTS DES TRAVAUX REALISES	93
3.1. CONTEXTES	94
3.2. DONNEES MOBILISEES	101
3.3. ARTICULATION ET APPORTS DES ARTICLES	104
4. ARTICLES	126
4.1. AUBERT M. ET ENJOLRAS G. (2014). THE DETERMINANTS OF CHEMICAL INPUT USE IN AGRICULTURE: A DYNAMIC ANALYSIS OF THE WINE GRAPE-GROWING SECTOR IN FRANCE. JOURNAL OF WINE ECONOMICS, 9 (1): 75-99	127
4.2. AUBERT M. ET ENJOLRAS G. (2014). BETWEEN THE APPROVED AND THE DOSE ACTUAL DOSE. A DIAGNOSIS OF PESTICIDE OVERDOSING IN FRENCH VINEYARDS. REVIEW OF AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL STUDIES, 95(3): 327-350.	153
4.3. AUBERT M., CODRON J.-M., ROUSSET S. ET YERCAN, M. (2013). WHICH FACTORS LEAD TOMATO GROWERS TO IMPLEMENT INTEGRATED PEST MANAGEMENT? EVIDENCE FROM TURKEY. 11 ^{ÈME} JOURNÉES DE RECHERCHE EN SCIENCES SOCIALES – INRA – CIRAD – SFER, LYON (FRANCE).	178
4.4. AUBERT M. ET ENJOLRAS G. (2016). DO SHORT FOOD SUPPLY CHAIN GO HAND IN HAND WITH ENVIRONMENT-FRIENDLY PRACTICES? AN ANALYSIS OF FRENCH FARMS. INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL RESOURCES, GOVERNANCE AND ECOLOGY, 12(2): 189-213.	209
Conclusion	235
Liste des figures	243
Liste des tables	243
Bibliographie	244
Table des matières	260

Résumé

La crise de la vache folle, la grippe aviaire ou encore la crise des poulets à la dioxine sont autant d'évènements qui ont contribué au renforcement des exigences sanitaires et phytosanitaires des pouvoirs publics et des acteurs privés. C'est dans un contexte en pleine évolution où les exigences en termes d'utilisation des pesticides s'accroissent que se positionne ce travail doctoral. -Alors que les pouvoirs publics ont notamment défini, au niveau national, des niveaux de LMR (Limites Maximales de Résidus) et la liste de molécules autorisées, les acteurs privés ont établi des standards qui visent à s'assurer que tous les moyens ont été mis en œuvre pour garantir la qualité des produits. La réduction des pesticides est un objectif récurrent des pouvoirs publics et des acteurs privés, au cœur desquels se trouvent les producteurs. La littérature relative à la réduction des produits phytosanitaires renvoie à des innovations dont les enjeux portent sur la protection non seulement de la santé du consommateur et des exploitants et aussi celle de l'environnement. Dans la mesure où la réduction des produits phytosanitaires est un processus complexe, tant en termes quantitatifs que qualitatifs, la présente réflexion s'intéresse non seulement aux facteurs qui conduisent les producteurs à mettre en œuvre des pratiques plus respectueuses de l'environnement mais aussi aux différentes quantifications faites de cette utilisation. L'articulation entre théorie, données et modélisation économétrique fonde les articles réalisés dans le cadre de ce travail doctoral.

Deux contextes sont plus spécifiquement considérés : les exploitants viticoles en France et les producteurs de tomates sous serre en Turquie. Leurs spécificités en font des cas d'étude pertinents. La filière viticole en France est l'une des plus intensives en termes d'utilisation de produits phytosanitaires. Tout l'enjeu est d'identifier les leviers qui permettraient à cette filière de réduire son utilisation de pesticides. Le choix de la filière tomate en Turquie tient au fait d'une part que ce pays est en cours de pré-adhésion, ce qui implique une harmonisation de sa législation avec la législation européenne, et d'autre part que la production de tomates, destinée tout à la fois au marché local et au marché d'exportation, contribue fortement au secteur agricole. Tout l'enjeu est d'analyser un pays émergent dont la régulation de l'utilisation des produits phytosanitaires est en pleine évolution. Les études réalisées visent à enrichir la compréhension de l'utilisation des produits phytosanitaires en éclairant des points encore pas ou peu abordés par la littérature :

1°) La plupart des analyses sont statiques ou en coupe transversale. La thèse explore la stabilité des comportements à travers une analyse de panel et conclut à une stabilité des comportements des producteurs viticoles en France au cours du temps.

2°) Le niveau d'analyse le plus couramment utilisé est celui de l'exploitation. La thèse s'interroge sur la pertinence d'un niveau d'analyse plus fin, celui de la parcelle. Le principal résultat de l'étude menée est que les viticulteurs français ont des pratiques cohérentes d'un traitement à l'autre et d'une parcelle à l'autre. Une dualité des comportements est observée, avec d'une part 55 % des producteurs qui ne surdosent jamais leurs traitements et près de 25% qui les surdosent de façon systématique.

3°) La littérature sur l'influence de l'aval sur les pratiques IPM des producteurs est encore émergente. Deux résultats issus de ce travail confirment l'influence exercée par l'aval. On observe que les producteurs turcs s'adaptent aux exigences de l'aval et que les producteurs arboricoles bio français conjuguent stratégie commerciale et stratégie productive.

Abstract

The mad cow, avian flu and dioxin chicken crises have contributed to the strengthening of the sanitary and phytosanitary requirements of public authorities and private actors. This doctoral work is therefore part of an evolving context in which pesticides use is more regulated. Whereas public authorities have defined, at national level, MRLs (Maximum Residue Levels) and the list of authorized molecules, private actors have set up standards to ensure that all means have been put in place to ensure produce quality.

A reduction in the use of pesticides has been a recurring objective of public authorities and private actors, especially producers. The literature on the reduction of phytosanitary products refers to innovations whose stakes concern the protection not only of consumers' and farmers' health but also of the environment. Insofar as the reduction of phytosanitary products is a complex process, in both quantitative and qualitative terms, this reflection is concerned both with factors that lead producers to implement more environmentally-friendly practices and with quantifications made of this use. The articulation between the theory, data and econometric modeling has guided the realization of the articles of this doctoral work.

Two contexts are more specifically considered: wine-growers in France and tomato producers in Turkey. Their specificities make them relevant case studies. The wine industry in France is one of the most intensive in terms of the use of pesticides. The aim is to identify the levers that would allow this sector to reduce its use of pesticides. The choice of the tomato sector in Turkey is driven by the fact that the country is currently in the process of pre-accession, which implies harmonization of its legislation with European legislation, and secondly that the production of tomatoes, intended to be sold both on the local and the export markets, contributes strongly to the agricultural sector. The challenge is to analyze an emerging country whose regulation of the use of phytosanitary products is improving.

The studies carried out are complementary and aim, each in their own way, at enriching the understanding of the use of phytosanitary products by enlightening points that are not or insufficiently addressed in the literature:

1) Most studies are static or cross-sectional. The thesis explores the stability of behaviors through a panel analysis and concludes that the behavior of wine producers in France is stable overtime. Producers whose use of pesticides was the least intensive in the previous period are also those whose practices will be the most environmentally-friendly.

2) The level of analysis commonly used is farm scale. The thesis questions the relevance of a more precise level of analysis, that of the plot, allowed by the existence of adequate data. The main result of the study is that French wine-growers have consistent practices from one treatment to another and from one plot to another. As a result, there is a duality of behavior with, on the one hand, 55% of producers who never overdose their treatments and almost 25% who overdose them systematically.

3) The literature on the influence of downstream on IPM practices of producers is still emerging. Two results from this work confirm the influence of downstream segments. In the case of Turkey, the results show that producers adapt to downstream requirements. In the case of organic arboricultural producers in France, a more original result is that the marketing strategy and the productive strategy are co-determined.

Remerciements

Réaliser une thèse est un exercice individuel, porté par un collectif. Elle se construit sur la base de rencontres, de partages et de soutiens. Il est alors tout naturel de prendre le temps de remercier toutes celles et tous ceux qui m'ont soutenue et surtout supportée.

Merci avant tout au département SÆ2 qui m'a apporté son appui constant et m'a soutenu et conseillé sur les orientations à prendre.

Merci à mes encadrants Monsieur Jean-Marie CODRON et Madame Paule MOUSTIER qui ont su être là et avoir confiance en moi.

Jean-Marie, merci d'avoir suffisamment cru en moi pour accepter d'encadrer ce travail. Merci également de m'avoir appris à être plus curieuse parce que c'est en s'interrogeant continuellement que l'on progresse.

Paule, merci pour la patience et le soutien dont tu as su faire preuve. Tu as toujours su trouver les mots justes pour me reconforter et m'encourager quand j'en avais besoin !

Merci aux membres de mon comité de thèse.

Madame Florence JACQUET qui a su m'éclairer lorsque les évidences m'échappaient et qui a su me conseiller sur les orientations à apporter à ce travail de recherche.

Monsieur Eric CAHUZAC qui m'a permis de ré-envisager mes certitudes économétriques et qui a su être une écoute et un soutien sans faille. Merci Eric !

Madame Elodie ROUVIERE dont le sens critique a su faire progresser ma réflexion tout au long de cet exercice. Je te remercie particulièrement pour tes conseils et commentaires qui m'ont permis de me remettre en question et surtout de toujours ressortir grandie de ces échanges.

Merci aux membres du jury : Monsieur Alban THOMAS, Monsieur Pierre DUPRAZ, Madame Raja CHAKIR et Madame Véronique MEURIOT. Je tiens à vous remercier une fois encore d'avoir accepté d'évaluer ce travail de thèse.

Merci à mon co-auteur Monsieur Geoffroy ENJOLRAS. Comme tu t'en doutes, les mots ne pourraient pas résumer les échanges que nous avons eus, alors je vais simplement te dire Merci et je suis certaine que tu sauras déceler derrière ces cinq lettres tout ce qui s'y trouve.

Merci à Monsieur Zouhair BOUHSINA pour ses conseils et son appui quand la compréhension du monde agronomique m'échappait et que la logique des intermédiaires des filières me devenait complètement étrangère.

Evidemment, une thèse est loin de n'être que le résultat de soutiens formels. Je tiens alors à remercier individuellement toutes celles et ceux qui ont été là pour moi au niveau professionnel.

*Avant toute chose, merci au Centre de Documentation Pierre Bartoli :
Merci Jean-Walter de m'avoir aidé à trouver ces références qui me faisaient m'arracher les cheveux parce qu'introuvables par mes seuls accès.
Merci Isabelle de m'avoir permis de dompter EndNote quand il refusait d'entendre mes requêtes et n'en faisait qu'à sa tête en me faisant tourner la mienne « en bourrique ».*

Merci au groupe de travail Entre Thès'Art de m'avoir ouvert ses portes pour que je puisse me sentir moins seule dans cet exercice et profiter de leur retour d'expérience. Je remercie individuellement chacun d'eux pour ce qu'ils m'ont apporté ! Un merci plus particulier à Guillaume, Ninon, Aziza, Sam et Maxime !

Merci à l'équipe administrative et en particulier à Madame Anne-Cécile LEROUX dont le soutien m'a permis de finaliser ce document.

Merci enfin à de nombreux LAMETA qui ont également su être une écoute dans les moments de doute. Merci à Madame Lisette IBÁÑEZ, Madame Julie SUBERVIE, Madame Mabel TIDBALL et Madame Annie HOFFSTETTER.

Merci évidemment à toutes celles et ceux que j'aurais pu oublier ici et si c'est le cas qu'ils ne s'offusquent pas, je saurai les remercier !

*Je n'oublie pas que ce travail n'aurait pas été possible sans le soutien de mes proches. Merci Walti et Isa pour votre patience, votre écoute et nos moments café !
Merci Alexandra pour tout ce que je ne peux pas écrire mais que tu auras compris au-delà des mots que je peux poser sur cette page. Ah si, je peux quand même te dire « 100 sushis » merci pour nos moments de complicité !*

Un immense merci à Choupinette qui se reconnaîtra et qui a su me supporter, me conseiller, me pousser quand il le fallait et prendre le temps de faire des soirées nounours !

Un merci enfin à celle sans qui je ne serai pas la même. Merci Pascale pour tout : pour tes conseils, pour ton écoute, pour ta présence... Merci d'avoir pris le temps de me faire progresser. Je souhaite à tout le monde d'avoir à ses côtés une amie comme toi pour avancer. Tu es une personne exceptionnelle et très sincèrement un énorme merci pour avoir su trouver les mots qu'il fallait quand il le fallait. Merci simplement pour avoir été là pour moi. Merci ma belle !

Pour finir, je tiens à remercier mes loulous - Emma et Liam - sans qui la rédaction de la thèse n'aurait pas été aussi drôle.

« Décider d'avoir un enfant c'est accepter de voir son cœur se séparer de son corps et marcher à ses côtés pour toujours » - Katharine Hadley.

Beau travail d'équipe réalisé entre un rayon de soleil et un JEM !

*Merci enfin à toutes celles qui se reconnaîtront d'avoir permis
à la grenouille que je suis de sortir la cuisse de la marmite
quand l'eau devenait trop chaude !*

Introduction

« Ecophyto 2 mise (...) sur la sensibilisation des agriculteurs aux améliorations techniques pour réduire les pesticides, à travers notamment le conseil, la formation (...) Selon les experts, une meilleure maîtrise dans l'utilisation des produits suffirait à diminuer de 25 % la consommation »¹

La réduction des produits phytosanitaires est une ambition clef pour une agriculture durable en termes d'environnement, de santé publique et de performance économique. Cet enjeu s'adresse tout à la fois aux travailleurs agricoles, aux consommateurs et à la société en général. Pour comprendre les orientations prises dans le cadre du plan Ecophyto 2, il convient de re-contextualiser les enjeux sous-jacents à la réduction des produits phytosanitaires.

Initialement, dans le cadre de la Politique Agricole Commune (PAC) mise en place suite à la signature du Traité de Rome en 1957, les produits phytosanitaires, encore appelés pesticides, avaient pour objectif d'assurer une indépendance alimentaire et d'augmenter la productivité de l'agriculture européenne. Leur utilisation permet en effet de palier les effets des ravageurs, de limiter les pertes et de garantir une qualité esthétique des produits. Ainsi, un producteur qui nourrissait quinze personnes à la fin des années 1970 en nourrit soixante en 2017².

« Au cours des cinquante dernières années, l'agriculture s'est construite autour de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques, parce qu'ils permettent de diminuer l'action des ravageurs de culture, comme un facteur de productivité mais aussi comme le moyen de proposer des produits végétaux de qualité et d'aspect irréprochable tels qu'attendus par le consommateur » (Gatignol et Etienne, 2010, p. 10).

Toutefois, les récentes crises sanitaires dont la crise des poulets à la dioxine en 1999, la grippe aviaire en 2003 ou encore la plus tristement célèbre crise dite « de la vache folle » ont fait évoluer les consommateurs dans un « climat de méfiance » (Nicourt et al., 2013). Cette dernière a en effet entraîné la mort de 224 personnes, un déclin de la filière bovine en France et un embargo de la filière du bœuf britannique de 1996 à 2003³.

Ces scandales ne portent pas précisément sur l'utilisation des produits phytosanitaires mais l'incidence de la gestion de la qualité sanitaire de certaines filières dites « à scandale » engendre des effets qui dépassent largement les filières animales, et plus particulièrement bovine et volaille, concernées. C'est dans ce contexte que les pouvoirs publics et les acteurs privés établissent des recommandations auprès des producteurs afin que ceux-ci mettent en œuvre des pratiques visant à garantir la qualité sanitaire des produits. Dans le cas des productions végétales, non concernées par les scandales précités, ces pratiques visent à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires.

¹ Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche. (2015). Plan Ecophyto II.

² <http://www.senat.fr/rap/r07-468/r07-46833.html>

³ http://www.francetvinfo.fr/sante/vache-folle/pourquoi-le-nouveau-cas-de-vache-folle-en-france-ne-doit-pas-vous-inquieter_1373579.html

Comme le souligne M. Jean Glavany, Ministre de l'Agriculture et de la Pêche de 1998 à 2002 « *le doute doit profiter à la sécurité du consommateur* »⁴.

L'implication des acteurs privés et des pouvoirs publics a été effective avant même l'apparition des crises et il serait réducteur de les limiter à ces seuls événements. Toutefois, cette implication s'est renforcée avec le déclenchement de ces événements.

D'une part, pour répondre à cet enjeu de réduction des produits phytosanitaires, les acteurs privés ont développé des standards de type Global Gap qui visent à s'assurer que tous les moyens ont été mis en œuvre pour garantir notamment la qualité sanitaire des produits commercialisés. La grande distribution joue ainsi un rôle actif dans cette volonté de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires.

D'autre part, la politique publique nationale répond à un mécanisme juridique dont la logique peut être qualifiée de séquentielle. Le pays est la dernière strate d'une pyramide dont la base est, dans le cas qui nous intéresse, l'Union Européenne. Le pays met en œuvre une application concrète, à travers le droit national, des exigences définies au niveau Européen. Si chaque pays membre doit en effet se conformer aux exigences définies au niveau de l'Union, il peut appliquer en sus un droit national différent qui répond à des exigences complémentaires.

En France, les pouvoirs publics ont notamment mis en œuvre le projet EcoPhyto en 2008 dont le premier objectif était de réduire de moitié les produits utilisés d'ici à 2018. Or, quatre ans après le lancement de ce projet, en 2012, M. Stéphane Le Foll, alors Ministre de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, fait le constat accablant suivant : « *la France n'atteindra pas l'objectif ambitieux de baisser de 50 % la consommation de pesticides à 2018* ».

Malgré l'implication des acteurs privés et notamment de la grande distribution, et malgré les incitations gouvernementales à travers notamment la mise en place des programmes opérationnels et en dépit du développement des pratiques alternatives, l'objectif de réduction de la consommation en produits phytosanitaires ne sera pas atteint. De façon plus préoccupante, loin d'avoir été stable, la consommation de produits phytosanitaires a même augmenté de 9,4 % sur la période 2013-2014.

Le second plan EcoPhyto 2018 mis en œuvre souhaite répondre à ce besoin de réduction des produits phytosanitaires en ne considérant plus uniquement la dimension quantitative de cette réduction mais aussi sa dimension qualitative. L'objectif de réduction de 50 % est maintenu à échéance 2050 avec un palier fixé à 25 % à atteindre d'ici à 2025. Cet objectif quantitatif est à mettre en perspective avec la volonté de développer des pratiques plus respectueuses de l'environnement et d'impliquer l'ensemble des acteurs de la filière : depuis les distributeurs de produits phytosanitaires jusqu'aux distributeurs de produits alimentaires en passant par les producteurs et les metteurs en marché. En effet, « *nous sommes tous une partie de la solution* » (Potier, 2014, p. 17).

⁴ <http://www.humanite.fr/node/208535>

Il est à noter que la réduction des pesticides n'est pas le seul enjeu des pratiques d'utilisation des produits phytosanitaires. Cette utilisation répond à des enjeux notamment de respect : des LMR (Limites Maximales des Résidus), des interdictions d'usage de certaines molécules, des cahiers des charges des distributeurs et des éventuelles contraintes liées aux organismes de quarantaine sur certains marchés. Les enjeux sous-tendus par le plan EcoPhyto 2, ainsi que les exigences croissantes des consommateurs en termes de réduction de pesticides nous ont conduit à privilégier l'étude de la réduction des produits phytosanitaires en considérant plus précisément la dimension environnementale, même si nous sommes conscients qu'un tel enjeu engendre des implications plus largement sur la santé, notamment des utilisateurs et des consommateurs. Par ailleurs, les données dont nous avons pu disposer étaient relatives aux producteurs et à leurs pratiques de production.

La réduction des produits phytosanitaires renvoie à différentes innovations dont les enjeux visent à « *protéger la santé et l'environnement* » (Sunding et Zilberman, 2000). De nombreux auteurs ont souligné le rôle central de l'exploitant agricole dans l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement (Feder et Umali, 1993 ; Gasfsi, 2006 ; Shiferaw et al., 2009). De fait, ses caractéristiques ainsi que celles de son exploitation se trouvent au cœur du processus de réduction des produits phytosanitaires. Pour autant, tous les exploitants ne peuvent pas être adoptants de nouvelles pratiques. En effet, un exploitant ne changera ses pratiques productives que si ses caractéristiques endogènes objectives le lui permettent (Rogers, 1962 ; Dosi, 1988 ; Feder et Umali, 1993 ; Flichy, 2003). D'autres facteurs d'ordre subjectif, dont la perception de l'innovation, conditionnent également les pratiques mises en œuvre par les producteurs (Rogers, 1962 ; Dosi, 1988 ; Silverberg et al., 1988 ; Van Der Panne et al., 2003).

Au-delà des caractéristiques individuelles des exploitants et des caractéristiques de leur exploitation, l'adoption d'une innovation est à considérer conditionnellement à l'environnement dans lequel les producteurs évoluent. L'environnement est à entendre au sens large dans la mesure où il peut faire référence tout à la fois à l'environnement institutionnel ou à l'environnement naturel.

L'environnement institutionnel renvoie à l'idée selon laquelle les exploitants interagissent avec l'ensemble des acteurs de la filière en répondant notamment aux exigences du marché ou à celles des pouvoirs publics (Rogers, 1962 ; Tremblay, 1997 ; Van Der Panne et al., 2003 ; Touzard et al., 2015).

L'environnement naturel, quant à lui, considère les facteurs climatiques qui peuvent être favorables au développement de maladies (Houmy, 1994 ; Rosenzweig et al., 2001 ; Koleva et al., 2009).

Les réflexions autour de la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement en agriculture ont donné lieu à une littérature empirique abondante où les facteurs clefs identifiés précédemment ont largement été considérés (Kovach et Tette, 1988 ; Feder et Umali, 1993 ; Zhou et al., 2011). L'utilisation des produits phytosanitaires est un phénomène complexe et la revue de la littérature ainsi constituée forme le socle sur lequel se fondent les réflexions menées dans le cadre de ce travail doctoral.

L'utilisation des produits phytosanitaires peut être envisagée aussi bien en des termes quantitatifs qu'en des termes qualitatifs. Aucune mesure de cette utilisation n'est immédiate et aucun indicateur ne saurait synthétiser sa complexité. La première question qui semble se poser renvoie d'une part à celle de la définition de l'utilisation des produits phytosanitaires et d'autre part à celle de ses contours. En effet, toute quantification n'est qu'une vision partielle et imparfaite d'un phénomène (Alcaras, 2011).

« La quantification, entendue comme l'ensemble formé de conventions socialement admises et des opérations de mesure, crée une nouvelle façon de penser, de représenter, d'exprimer le monde et d'agir sur lui » (Desrosières, 2007, p. 6).

L'enjeu implicite relatif à toute quantification repose sur l'utilisation qui en est faite dans la mesure où toute recommandation s'appuie sur une quantification (Favereau, 2010 ; Vatin, 2010 ; Alcaras, 2011). Correctement appréhender un phénomène nécessite incontestablement dans un premier temps de considérer l'ensemble des appréciations qui en sont faites. Un des apports de ce travail doctoral est de proposer une synthèse des études empiriques identifiées par la revue de la littérature en considérant notamment les quantifications faites des pratiques plus respectueuses de l'environnement. L'expression « pratiques plus respectueuses de l'environnement » renvoie, dans le cadre de ce travail de thèse, à toute pratique agricole visant à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires.

La revue de la littérature réalisée repose sur de nombreuses études empiriques dont l'objectif est de comprendre dans quelle mesure les caractéristiques intrinsèques des chefs d'exploitation et de leur exploitation contribuent à la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement. Chacune de ces études repose toute à la fois sur une quantification mais aussi sur une modélisation économétrique. Or, de la même façon que toute quantification est une approximation d'un phénomène, toute modélisation est une façon de le représenter. L'appréciation de l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement nécessite en effet de s'intéresser non seulement à la quantification qui en est faite mais aussi à la modélisation économétrique mise en œuvre. L'économétrie est une science portée par le triptyque : données, modèle et théorie. L'articulation de ces piliers permet une compréhension fine du phénomène étudié dans la mesure où tout modèle vise à appréhender de façon la plus précise possible la réalité observée. C'est autour de ce triptyque que le corpus empirique a été considéré.

Les données mobilisées peuvent correspondre soit à des données exhaustives ou représentatives d'une population, soit à des données dites *ad hoc*, c'est-à-dire collectées sur le terrain. Dans le premier cas, les résultats sur lesquelles reposent ces données en autorisent une interprétation généralisable, même si les informations analysées ne répondent pas nécessairement à l'ensemble des dimensions que le chercheur souhaite explorer. Dans le second cas, les informations collectées répondent très précisément à la question de recherche considérée, mais les résultats ne sont pas toujours extrapolables à un niveau agrégé.

Les modélisations mises en œuvre permettent de prendre en compte la spécificité des données collectées. Alors que les données en coupe transversales renseignent sur une diversité individuelle observée à un moment du temps, les données de panel renseignent sur une dynamique individuelle et les données de séries temporelles renseignent sur une dynamique agrégée de long terme. Dans la revue de la littérature effectuée, tous les articles utilisent des données en coupe transversale. Nous n'avons trouvé aucun article avec des données de panel individuelles. Par ailleurs, nous ne nous sommes pas intéressés aux publications avec des séries temporelles qui ne considèrent pas le niveau individuel mais le niveau agrégé.

L'ensemble de ces études considère l'exploitant comme acteur clef de l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement. Si la plupart des études conditionnent cette stratégie productive aux caractéristiques intrinsèques des exploitants agricoles et de leur exploitation, certaines la conditionnent également à l'environnement dans lequel l'exploitant évolue. Pour autant, aucune des études considérées ne définit explicitement les fondements théoriques sous-jacents à sa réflexion. Nous repositionnons alors ces études dans le cadre de la théorie de l'innovation en nous appuyant sur les travaux fondateurs de Schumpeter qui a, le premier, souligné le rôle clef de l'entrepreneur dans la décision d'innovation. Même si cette réflexion présente des limites provenant du fait que l'entrepreneur est considéré indépendamment de ses caractéristiques individuelles, elle a été précurseur d'une réflexion qui s'est progressivement enrichie allant jusqu'à la considération, avec la théorie évolutionniste, de l'environnement.

Le comportement de l'exploitant agricole en termes d'utilisation des produits phytosanitaires a été largement considéré par la littérature. Si depuis le début des années 2000 il est majoritairement considéré au travers de l'adoption d'une certification, il l'était précédemment principalement au travers des pratiques dites IPM - Integrated Pest Management - mises en œuvre. Ces pratiques « *encourage(nt) le contrôle naturel de la population des ravageurs en anticipant leurs nuisances et en réalisant des actions de prévention pour les empêcher d'atteindre des niveaux économiquement dommageables* » (Fernandez-Cornejo et Ferraioli, 1999, p. 551)⁵. La mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement s'inscrit essentiellement en termes qualitatifs à travers des stratégies qui visent à réduire l'utilisation faite des produits phytosanitaires. Trois hypothèses fondent ces réflexions et structurent les facteurs considérés :

Hypothèse 1 : *Les caractéristiques intrinsèques des entrepreneurs et de leur entreprise conditionnent la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement.*

Hypothèse 2 : *L'environnement institutionnel dans lequel évolue l'entrepreneur contribue à la décision d'adopter des pratiques plus respectueuses de l'environnement.*

⁵ « IPM is a management approach that encourages natural control of pest population by anticipating pest problems and preventing pest from reaching economically damaging level ».

Hypothèse 3 : Les conditions naturelles influencent la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement.

La revue de la littérature constituée sur l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement au regard du triptyque - données, modèles et théories - fonde l'articulation des travaux menés dans le cadre de ce travail de thèse. Il est à noter que cette bibliographie s'est centrée sur l'analyse quantitative des pratiques agricoles des producteurs. En effet, les études qualitatives ont pour avantage de fournir un regard fin mais pour inconvénient de ne pas porter un regard plus large, représentatif et généralisable du comportement observé.

Chacune des études a considéré les caractéristiques individuelles des chefs d'exploitation et structurelles de leur exploitation (Hypothèse 1) conditionnellement à l'environnement institutionnel dans lequel ces derniers évoluent (Hypothèse 2) et aux conditions naturelles auxquels ils doivent faire face (Hypothèse 3). Ainsi, notre attention s'est appuyée principalement sur ces facteurs qui ont été posés comme « *variables de contrôle* » afin d'apprécier plus précisément les éléments encore non explorés par la littérature. Plus précisément, trois points fondamentaux, qui peuvent être formulés en autant de questions de recherche, méritent d'être approfondis dans la mesure où ils n'ont jamais été, à notre connaissance, considérés dans la littérature :

- Quelle dynamique individuelle est observée en termes d'utilisation des produits phytosanitaires ?
- Le niveau d'analyse (exploitation) est-il pertinent pour traiter la question de la réduction des produits phytosanitaires ? Plus précisément, les pratiques de production sont-elles cohérentes d'un produit à l'autre et d'une parcelle à l'autre ?
- Peut-on considérer la stratégie productive comme indépendante de la stratégie commerciale ? Quelle interaction peut-on définir entre ces deux stratégies ?

Tout l'enjeu des travaux réalisés dans le cadre de ce travail doctoral est d'aller au-delà des facteurs identifiés par la littérature comme déterminants de la mise en œuvre de pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement et par là-même d'éclairer les questions de recherche encore non abordées par cette littérature. Plus précisément, chacun des quatre articles qui fondent ce travail vise à éclairer une question de recherche distincte.

Le premier article vise à démontrer que le comportement des producteurs répond à une logique cohérente d'une campagne sur l'autre. L'objectif est de s'assurer que les pratiques agricoles s'inscrivent dans une logique d'exploitation de long terme.

Le second article s'attache à comprendre la rationalité des agents et plus précisément la cohérence des pratiques mises en œuvre sur leur exploitation. La question soulevée est alors la suivante : pourquoi certains exploitants surdosent systématiquement leur traitement quand d'autres ne les surdosent jamais ?

Le troisième et le quatrième article s'intéressent à l'interaction entre la stratégie productive et la stratégie commerciale dans des contextes variés. Le troisième article s'intéresse à l'impact des exigences de l'aval de la filière sur les pratiques productives dans le contexte turc où progressivement ces exigences s'accroissent. Dans ce cadre, l'hypothèse faite est que les pratiques des producteurs sont conditionnées par ces exigences. Le quatrième article considère, quant à lui, le contexte français et pose l'hypothèse suivante : dans la mesure où les producteurs français doivent faire face depuis plus longtemps que les producteurs turcs aux exigences croissantes de l'aval, nous considérons non pas uniquement l'impact de ces exigences sur les pratiques mais également la réciproque. Cette codétermination permet de voir dans quelle mesure stratégie productive et commerciale interagissent.

Les travaux menés reposent sur des sources de données originales qui nous permettent de caractériser l'utilisation des produits phytosanitaires. A notre connaissance, aucune étude n'a ni considéré, ni analysé la dynamique individuelle des exploitants agricoles de ce point de vue. De la même façon, pour répondre à ces interrogations, il est préférable de considérer un niveau de mesure de cette utilisation très fin en allant au-delà de la simple observation du comportement de l'exploitant. Il convient d'apprécier ce dernier non seulement au niveau des parcelles mais aussi des produits utilisés sur celles-ci. Enfin, répondre à ces interrogations nécessite de considérer l'articulation étroite entre stratégie productive et stratégie commerciale. Les productions doivent répondre aux exigences du marché et des consommateurs. De fait, en fonction de la destination de la production et des contraintes inhérentes, les exploitants devront adopter des pratiques de production spécifiques. Certaines enseignes sont, par exemple, plus exigeantes que d'autres en termes de résidus de pesticides.

Le travail doctoral mené ici repose sur différentes études qui ont donné lieu à valorisation. Plus précisément, ces travaux ont été présentés en conférence et si la plupart ont été publiés, un des articles est encore en cours de soumission. Ces études sont complémentaires et visent, chacune à leur façon, à enrichir la compréhension de l'utilisation des produits phytosanitaires en éclairant des questions encore peu abordées par la littérature. Il est à noter que la plus grande originalité de ce travail de thèse tient au fait qu'il n'est pas une juxtaposition d'études de cas mais une réflexion progressive où chaque étude non seulement complète et enrichit la précédente, mais aussi contribue à construire la question de recherche des études suivantes.

Deux contextes sont plus précisément considérés : les exploitations viticoles en France d'une part et les producteurs de tomates sous serre en Turquie d'autre part. Dans le premier cas, il ressort une utilisation relativement intensive des produits phytosanitaires dans la mesure où la filière viticole représente 4 % de la surface agricole française mais 14 % des dépenses en produits phytosanitaires. Cette utilisation intensive fait de cette filière un terrain d'étude privilégié.

Dans le second cas, notre étude considère un pays en transition en termes de réglementation dans la mesure où la Turquie, qui a enclenché un processus de pré-adhésion à l'Union Européenne, doit se mettre en conformité avec la réglementation européenne. La production de tomates sous serre est, dans ce contexte, un terrain d'étude particulièrement intéressant dans la mesure où elle peut être orientée tout à la fois vers le marché local ou vers le marché d'exportation sur lequel la réglementation est plus stricte que celle établie au niveau national. Il est à noter que les acteurs publics et acteurs privés s'inscrivent depuis le milieu des années 1980 dans une volonté de mise en conformité des pratiques avec les exigences européennes et internationales.

Les études menées présentent pour spécificité de mobiliser des données de nature variée. Dans le cas français, des données issues de sources officielles, exhaustives ou représentatives de la population, sont exploitées. Dans le cas turc, les données ont été collectées directement « sur le terrain ». Elles offrent ainsi une vision précise et fine des pratiques mises en œuvre par les producteurs.

L'originalité et l'apport de chacune des études porte non seulement sur les contextes considérés, les bases de données mobilisées mais aussi et surtout sur la quantification et la modélisation de l'utilisation des produits phytosanitaires. Afin de comprendre les réflexions menées dans le cadre de ce travail doctoral, il est indispensable de les repositionner dans leur contexte. Appréhender la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement implique de retracer l'historique qui fonde cet enjeu. Pour ce faire, un regard sur l'évolution de la prise en compte du risque phytosanitaire s'impose. Les évolutions considérées prennent en compte non seulement l'implication des acteurs - politiques publiques et acteurs privés - mais aussi l'évolution des pratiques de défense des cultures mises à disposition des exploitants pour lutter contre les maladies et les ravageurs. La partie 1 de la thèse vise ainsi à contextualiser les enjeux sous-jacents à l'utilisation des produits phytosanitaires à travers un historique de l'implication de l'ensemble des acteurs concernés et ainsi positionner notre question de recherche. La partie 2 pose les fondements théoriques et empiriques relatifs à la quantification de l'utilisation des produits phytosanitaires. Enfin, la partie 3 présente l'originalité des articles de recherche réalisés dans le cadre de cette thèse. Originalité tant en termes de contextes et donc d'enjeux, qu'en termes de données mobilisées et de modélisations mises en œuvre.

1. Evolution de la prise en compte du risque sanitaire et phytosanitaire de l'Antiquité à nos jours

En agriculture, l'utilisation des pesticides, encore appelés produits phytosanitaires, a été tour à tour recommandée puis décriée. Composé du radical *pest* d'origine latine qui désigne les ravageurs, et du suffixe *cide* qui signifie tuer, le terme pesticide englobe l'ensemble des substances chimiques utilisées pour palier l'effet de nuisibles. Afin de comprendre les enjeux actuels existants autour de l'utilisation de ces produits, un historique des pratiques de lutte contre les trois principaux parasites que sont les ravageurs, les maladies/champignons et les mauvaises herbes s'impose.

Dès le commencement de l'agriculture, l'homme a subi l'influence des nuisibles : « dans l'Ancien Testament, la huitième des dix plaies d'Egypte est constituée de sauterelles qui dévorent les cultures » (Schwartz, 2007). Si les hommes se sont initialement tournés vers Dieu, les « recettes de grand-mère » sont progressivement apparues pour laisser une place croissante d'abord à la lutte chimique puis à la lutte biologique pour aujourd'hui faire place à la protection intégrée.

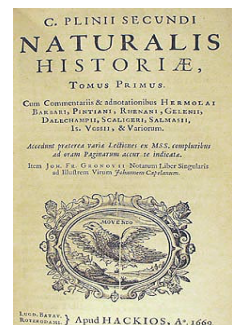
Après avoir décrit l'évolution longue des enjeux environnementaux et la façon dont ils ont été historiquement considérés (Section 1), une analyse sur la période récente et plus spécifiquement sur le comportement des différents acteurs sera conduite (Section 2).

1.1. Histoire longue de la défense des cultures

1.1.1. Quand interventions manuelles, publiques et divines se combinent depuis l'Antiquité jusqu'à l'époque moderne

Très peu d'écrits retracent de façon précise comment, dans l'Antiquité, les producteurs luttent contre les parasites. Cette réflexion s'appuie essentiellement sur l'œuvre de Plinius l'Ancien⁶ (23-79 après J.C.) composée de trente-sept livres (Figure 1)(Plinius). Ses écrits, rédigés en 77 après J.C., ont considéré des domaines très variés tels que la géographie, l'ethnographie et, dans le cas qui nous intéresse, la botanique en incluant l'agriculture et l'horticulture (livres 12 à 27). Buffon (1749) dira de cet ouvrage qu'il correspond à « une compilation de tout ce qui avait été écrit avant lui, une copie de tout ce qui avait été fait d'excellent et d'utile à savoir » (Leclerc, 1749, p. 49).

Figure 1 : Histoire naturelle de Plinius



Source : *Naturalis Historia*, édition de 1669.

⁶ Plinius l'Ancien – « Histoire naturelle » - édité par Dubochet 1948-1950, Paris.

Grâce à ces écrits, nous savons notamment que, dès l'Antiquité, des techniques permettant de protéger les graines et les récoltes des maladies et des ravageurs sont mises en œuvre. Ces techniques relèvent principalement d'interventions manuelles ainsi que d'interventions des autorités sur fond d'influences divines. Il semble que les premiers traitements mis en œuvre par les producteurs pour lutter contre les mauvaises herbes reposaient sur des activités d'arrachage ou de binage. Pour lutter contre les maladies, brûler les cultures ou encore réaliser un nuage de fumée de soufre étaient les méthodes les plus répandues. Comme le souligne Pline dans son livre XVIII : « *Quand vous avez des craintes, brûlez dans les vignes et dans les champs des sarments ou des tas de paille, ou des herbes, ou des broussailles arrachées : la fumée sera un préservatif* ». Pour lutter contre les insectes, certaines mixtures précurseurs de traitements telles que nous pourrions les rencontrer de nos jours sont utilisées. Afin de faire face aux fourmis, considérées comme un « *fléau pour les arbres* », les producteurs « *les chasse(nt) en graissant le tronc d'un mélange de terre rouge et de poix liquide, ou en suspendant à l'arbre un poison que toutes les fourmis assiègent bientôt, ou bien en frottant les racines d'huile dans laquelle on a broyé des lupins* » (Pline).

En plus de ces traitements, des interventions manuelles pouvaient être préconisées et étaient parfois même règlementées. Ainsi, tout agriculteur qui ne mettait pas en œuvre, comme cela était recommandé trois fois par an, une action pour lutter contre les sauterelles, était puni au même titre qu'un déserteur (Pline). Ces procès ont été mis en œuvre jusqu'au milieu du XIX^e siècle, de façon parfois surprenante. Ainsi, en 1120, les mulots et chenilles sont excommuniés pour avoir abimé les récoltes (Schwartz, 2007). À la fin du XV^e Siècle, à Lausanne, les hannetons ont fait l'objet d'une procédure juridique. Ils ont même été représentés et défendus par un avocat. Le verdict final de cette action a été le bannissement de ces insectes du territoire. De nos jours, ces procès sont anecdotiques. En avril 2014, un viticulteur bio de Bourgogne a été condamné pour avoir refusé de traiter ses vignes contre la flavescence dorée, bactérie véhiculée par la cicadelle⁷. L'insecte est alors porteur d'une maladie contagieuse et mortelle pour la vigne. A l'occasion de ce procès, Mme Sandrine Béliet, députée du parti Europe-Ecologie-Les Verts, a indiqué que le verdict renvoyait « *un signal extrêmement négatif envoyé à toutes celles et ceux qui (...) pratiquent une agriculture conciliant performance économique et écologique* »⁸.

Au-delà des interventions des autorités, de nombreuses croyances entraient en compte et conditionnaient les pratiques. Dans l'Antiquité, pour combattre le volucré, insecte du raisin, les producteurs recevaient la recommandation suivante : « *pour s'en préserver, après avoir aiguisé la serpe dont on veut se servir pour tailler la vigne, on l'essuie avec une peau de castor. On ajoute qu'après la taille il faut frotter la serpe avec du sang d'ours* ».

⁷ <http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Biologie-vegetale/Tous-les-dossiers/flavescence-doree-de-la-vigne>

⁸ http://www.lemonde.fr/planete/article/2014/04/07/verdict-lundi-pour-le-viticulteur-bio-qui-a-refuse-de-traiter-ses-vignes_4396574_3244.html#QzHuhRKYR08ERjwO.99

De la même façon, les interventions divines agissaient elles-aussi comme régulateur des parasites : dans l'Antiquité, les sauterelles étaient considérées « *comme un fléau céleste* ». Elles faisaient alors, et encore au Moyen-Age, l'objet de représailles. Ainsi, il est possible de lire que « *l'unique moyen d'exterminer les sauterelles, est de recourir à Dieu par des prières publiques* » (Hoefler, 1855).

Les interventions divines venaient en réponse aux parasites mais intervenaient également en amont comme régulateur des aléas climatiques : « *l'opinion la plus générale (...) on chasse la grêle à l'aide de chants magiques ; mais je n'ose rapporter sérieusement ces formules* » (Pline). Dès l'Antiquité, les producteurs utilisaient différentes techniques pour pallier les externalités liées aux différents parasites : ravageurs, maladies ou mauvaises herbes. La pression parasitaire a connu un essor considérable au XIX^e siècle avec le développement du commerce et « *la chimie minérale a supplanté ces anciennes 'recettes de grand-mère'* » (Schwartz, 2007).

1.1.2. Impacts du développement des échanges commerciaux au XIX^e Siècle : premières régulations par les autorités et premiers pas vers la lutte biologique

Au XIX^e siècle, les échanges commerciaux s'intensifient et les flux de produits agricoles s'accompagnent de l'introduction, dans des environnements non contaminés, de nouveaux ravageurs et végétaux indésirables. Pour mesurer l'impact de ces modifications, l'exemple le plus illustratif est la famine observée entre 1849 et 1854 en Irlande. À cette époque, l'alimentation du pays repose quasi exclusivement sur la pomme de terre. L'introduction du mildiou, champignon parasitaire, va contaminer la production locale et se traduire par une diminution drastique de cette production. Cette diminution entraîne une famine à l'origine de cinq cent mille à un million de morts.

Les craintes qui en découlent se traduisent quelques années plus tard par les premières régulations par les autorités. À la fin du XIX^e siècle, le doryphore, insecte de la pomme de terre, avait contaminé l'Amérique. Du fait des échanges, « *l'Europe s'émeut à la pensée du danger possible. En France un décret du 27 mars 1875 interdit l'importation de pommes de terre venant d'Amérique. L'Angleterre, l'Allemagne, prirent des dispositions analogues* » (Castellan, 1943). Le décret du 27 mars 1875 est le premier texte mis en œuvre pour préserver un territoire non contaminé de l'introduction d'un insecte ravageur.

En 1861, les échanges commerciaux permettent l'introduction du phylloxéra, insecte mangeur des vignes, en Europe *via* des plants de vignes américains. Ces ravageurs, introduits de façon réfléchie et délibérée, étaient « *censés apporter une résistance à un champignon microscopique (l'oïdium)* » (Scharwz et Rodhain, 2008, p. 87). Or, son développement menaçait le vignoble européen. Louis Pasteur, à la suite d'un congrès viticole et séricicole, en vient à la conclusion que la pébrine peut éradiquer le phylloxéra et pose la question suivante :

« Pourquoi ne pas mettre dans une verre d'eau une certaine quantité de vers de soie atteints de pébrine ? On verserait ce verre d'eau autour du cep et peut-être qu'alors l'insecte attraperait la pébrine. On trouverait le moyen d'infecter les femelles, et elles communiqueraient à leurs générations une affection mortelle ». Après avoir constaté la non-efficacité de la pébrine sur le phylloxéra, il esquisse les prémisses des principes non encore identifiés de la lutte biologique : « C'est par la vie principalement et une puissance de reproduction supérieure qu'on peut espérer triompher. Comme toutes les espèces vivantes, le phylloxéra doit avoir ses maladies, ses parasites, des causes naturelles de destruction ».

Jusqu'au début du XX^e Siècle, la lutte contre les parasites était peu efficace et les réponses à ces parasites étaient essentiellement le soufre et le cuivre, d'ailleurs toujours employés de nos jours pour lutter contre les maladies, même en agriculture biologique, ainsi que l'arsenic et le plomb pour lutter plus spécifiquement contre les insectes. Avec la Seconde Guerre mondiale et la raréfaction des produits minéraux, la chimie organique s'est progressivement développée.

1.1.3. La Seconde Guerre mondiale : un tremplin pour le développement de la chimie organique

Les premiers pesticides de synthèse apparaissent au début des années 1930. L'utilisation des premiers produits phytosanitaires a été favorisée notamment du fait des économies qu'elle implique à travers essentiellement la diminution des coûts du travail, ainsi que l'augmentation de la productivité et la qualité esthétique qu'elle induit. Ce dernier élément est d'autant plus important qu'un des enjeux principaux de l'après-guerre est de nourrir la population. Dans ce contexte, « beaucoup considèrent alors que les pesticides constituent un progrès pour l'agriculture et dans la maîtrise des ressources alimentaires » (Schiffers, 2012, p. 85).

Dès le début des années 1940, les pesticides dits organochlorés⁹ sont utilisés. Toutefois, du fait de leur caractère à la fois mutagène et cancérigène, ainsi que de leur caractère stable (c'est-à-dire non biodégradable) ils ont été interdits dans les années 1970. Les recherches dans le domaine militaire, effectuées lors de la Seconde Guerre mondiale, ont permis le développement de gaz militaires paralysants comme le gaz sarin et le gaz tabun. Le gaz sarin incolore, indolore et volatil, est neurotoxique¹⁰ pour l'homme et les animaux. Il est fatal même à faible dose et est considéré comme cinq cents fois plus toxique que le cyanure. Le gaz tabun s'attaque au système nerveux et paralyse le système respiratoire. Or, ces gaz sont à l'origine des pesticides dits organophosphorés¹¹. Ces pesticides, tel que le Roundup[®], sont cependant plus facilement dégradés grâce aux rayons solaires. Malgré leur caractère plus toxique, ils sont privilégiés du fait de leur faible rémanence. C'est ainsi que les pesticides organophosphorés ont remplacé les pesticides organochlorés, interdits dans les années 1970.

⁹ Produit organochloré : se dit d'un produit organique de synthèse dérivé du chlore.

¹⁰ Neurotoxique : effet dont la substance a une action toxique élective pour le système nerveux.

¹¹ Produit organophosphoré : se dit d'un produit chimique organique de synthèse dérivé du phosphore.

Au début du XXI^e Siècle, les pesticides organophosphorés sont progressivement abandonnés du fait de leur toxicité. Ils sont progressivement remplacés par les produits appelés pyréthrinoides de synthèse. Ces produits sont des analogues synthétiques aux substances présentes dans les fleurs de chrysanthème. D'une toxicité moindre sur les mammifères, ces pesticides sont davantage efficaces sur leur cible.

Le Rapport Parlementaire de 2010 sur les pesticides résume la dynamique observée : « *On peut donc affirmer qu'au cours des cinquante dernières années, l'agriculture s'est construite autour de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques, parce qu'ils permettent de diminuer l'action des ravageurs de culture, comme un facteur de productivité mais aussi comme le moyen de proposer des produits végétaux de qualité et d'aspect irréprochable tels qu'attendus par le consommateur* » (Gatignol et Etienne, 2010, p. 10).

1.1.4. Les récentes crises sanitaires

En termes de gestion du risque sanitaire, il est intéressant de noter que chaque réglementation propre à une production ne résulte pas uniquement des spécificités de cette production. Considérons à titre d'illustration le secteur des fruits et légumes. Comme le souligne implicitement le slogan : « *manger 5 fruits et légumes par jour* », ce secteur bénéficie d'une image positive. Ces produits ont en effet comme attribut intrinsèque le fait d'être des produits « *sains* » (Codron et Habib, 2003). Or, ce secteur, comme l'ensemble des filières agricoles, s'inscrit dans un processus de réduction des produits phytosanitaires. La première étape de ce processus apparaît dès 1996 avec la réforme de l'Organisation Commune du Marché (OCM) qui vise à répondre à une volonté de la politique agricole de préservation de l'environnement. Cette réforme met l'accent sur une politique de gestion de l'offre en considérant plus spécifiquement la protection de l'environnement au cœur de ses programmes opérationnels (Cf. 1.2.1). Cette volonté de protection de l'environnement s'est accentuée suite aux crises sanitaires et environnementales observées dans d'autres secteurs. Dans ce contexte, et même si ce secteur n'a fait l'objet d'aucune crise, force est de constater qu'aujourd'hui cette filière répond à des exigences strictes en termes d'utilisation des produits phytosanitaires.

Ainsi, les récentes crises sanitaires observées ces dernières années ont eu pour conséquence de faire évoluer les consommateurs dans un « *climat de méfiance* » (Nicourt et al., 2013). Ainsi, même les fruits et légumes considérés comme « *sains* » ont pâti de ce climat. Désormais, « *le consommateur souhaite être rassuré sur l'innocuité¹² des produits, notamment en ce qui concerne les résidus de pesticides* » (Codron et Habib, 2003, p. 5). Quelle que soit la production considérée, les producteurs, comme l'ensemble des acteurs de la filière, doivent être garants de cette qualité.

¹² Innocuité : caractère de ce qui n'est pas toxique.

Il est à noter que cette attention portée à l'utilisation des produits phytosanitaires est à mettre en perspective avec l'ensemble des attentes des consommateurs. Plus précisément, dans le cadre des fruits et légumes, les consommateurs apportent de l'importance à la qualité gustative et esthétique des produits. L'utilisation des produits phytosanitaires doit alors permettre de répondre aux exigences des consommateurs tant en termes d'une utilisation limitée des produits que de la conservation de l'esthétique des produits. Cette apparente contradiction tient au fait que les exigences des consommateurs renvoient à la recherche d'un « panier d'attributs » (Codron et Habib, 2003) dont la combinaison peut être complexe.

Afin de comprendre dans quelle mesure les récentes crises sanitaires ont accentué la régulation de l'utilisation des produits phytosanitaires, un rapide descriptif historique de crises emblématiques et de leur impact s'impose.

- En 1981, une huile de colza frelatée est vendue en Espagne comme substitut à l'huile d'olive. Moins chère, cette huile a tué plus de 1 200 personnes. La psychose s'installe et se fait ressentir en France où la filière d'huile d'olive met plus de deux ans à se rétablir.
- En 1996, il est découvert que l'Encéphalopathie Spongiforme Bovine (ESB) est transmissible à l'homme. Cette maladie dégénérative du système nerveux bovin, présente alors dans de nombreux élevages, notamment outre-Manche, peut se traduire par une maladie neurodégénérative pour l'homme, connue sous le nom de la maladie de Creutzfeldt-Jakob. La consommation de viande bovine s'écroule. Un embargo sur le bœuf britannique est établi, au niveau européen pour la période 1996-1999, et au niveau national pour la période 1996-2003.
- En 1999, des études montrent que la graisse animale utilisée dans l'alimentation du bétail et de la volaille belge contient de la dioxine. La consommation de dioxine n'implique pas de maladie subite ni de maladie aigüe. Testé sur des animaux, il a été montré que la consommation de dioxine se traduit, à terme, par l'apparition de tumeurs ou encore de malformations congénitales. Dès 1997, la dioxine est considérée comme hautement cancérigène. Les poulets ainsi gavés avec des aliments contenant des graisses toxiques ont conduit à une catastrophe alimentaire. La Commission Européenne ordonne la destruction non seulement des poulets, mais aussi des œufs et des produits dérivés. Cette catastrophe s'est traduite par la démission des Ministres belges de la santé et de l'Agriculture.

M. Francis Wurtz, député européen a déclaré que : « *le point commun de cette affaire (poulets à la dioxine) avec la catastrophe alimentaire de la vache folle qui avait révélé les responsabilités de la Grande-Bretagne et de la Commission, c'est le productivisme agricole échevelé qui met en danger l'alimentation (...). Il faut que l'Europe se préoccupe de la transparence de son fonctionnement, c'est une priorité* »¹³.

¹³ <http://www.humanite.fr/node/208535>

- D'autres scandales ont malgré tout suivi : celui de la grippe aviaire en 2003 ou encore celui de l'épidémie liée à la bactérie *Escherichia Coli*, plus connue sous le nom de bactérie E. Coli, en 2011, qui s'est traduit par une fermeture des frontières russes aux produits frais européens.

A travers ces quelques exemples, parmi les plus emblématiques des récentes crises sanitaires, il ressort clairement qu'une crise observée engendre des incidences bien au-delà de la seule filière concernée.

L'histoire longue décrite dans la première partie de cette section a mis en évidence d'une part l'évolution des interventions en réponse au besoin de défense des cultures (section 1.1.1) et d'autre part l'importance du commerce dans le développement des échanges de maladies et autres ravageurs (1.1.2). L'histoire longue décrite a ainsi permis de situer les principales ruptures paradigmatiques dans la façon de protéger les cultures. La seconde partie de cette section a, quant à elle, décrit en sous-section 1.1.3 sur une période plus restreinte (une cinquantaine d'année) l'évolution des pesticides mis sur le marché puis en sous-section 1.1.4 sur les vingt dernières années le rôle des consommateurs et médias. Si les ravageurs et les maladies sont présents dans le paysage agricole depuis le commencement de l'agriculture, leur impact et la façon de les considérer a évolué au cours du temps. Cette pression des ravageurs et des maladies n'est pas uniquement un enjeu pour les producteurs, en termes notamment de rendement ou de qualité esthétique des produits. Pouvoirs publics et acteurs privés sont également parties prenantes. La section 1.2 vise à comprendre, à travers l'analyse de la période récente, dans quelle mesure les enjeux environnementaux affectent plus spécifiquement chacun de ces acteurs.

1.2. Dynamique récente des acteurs

Comme nous l'avons indiqué, les enjeux environnementaux s'inscrivent dans un contexte en constante évolution. Afin de comprendre cette dynamique, une description de l'évolution des politiques publiques (Section 1), du rôle joué par les acteurs privés (Section 2) et des apports des techniques existantes (Section 3) s'impose.

1.2.1. Dynamique de l'intervention des politiques publiques

Pour répondre aux enjeux liés à la présence des ravageurs et des maladies, les pouvoirs publics se sont engagés, dès la fin du XIX^e Siècle, dans un processus de réglementation avec pour objectif la protection des consommateurs. La définition de Limites Maximales de Résidus (LMR) ou encore l'interdiction de certaines molécules sur le marché en sont deux des exemples que nous aborderons ci-dessous.

Comme le souligne M. Jean Glavany, Ministre français de l'Agriculture et de la Pêche de 1998 à 2002, « *le doute doit profiter à la sécurité du consommateur* »¹⁴. Ce processus d'intervention s'inscrit par ailleurs, comme souligné dans le chapitre 1, dans un contexte en perpétuelle évolution.

Avant que les autorités ne portent attention à la réduction des produits phytosanitaires, une phase d'utilisation intensive de ces derniers avait été largement encouragée tacitement par les institutions européennes. En effet, au niveau européen avec le Traité de Rome en 1957, la Politique Agricole Commune (PAC) a affiché sa volonté d'indépendance alimentaire et d'augmentation de la productivité. Ainsi, alors qu'à la fin des années 1970 un agriculteur français nourrissait quinze personnes, il en nourrit soixante en 2017¹⁵. Cette volonté répondait à un double objectif : d'une part assurer aux producteurs un niveau de vie équitable et d'autre part assurer aux consommateurs des prix raisonnables.

La prise en compte des risques inhérents à une utilisation intensive des produits phytosanitaires est née de son impact sur la santé humaine et plus précisément du fait que des oiseaux en mouraient : « *les premières protestations sont venues du ciel* » (Nicolino et Veillerette, 2007, p. 35).

Plusieurs mouvements se développent en parallèle et co-construisent les règles et directives relatives à l'utilisation des produits phytosanitaires. Au lendemain de la seconde guerre mondiale, l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définissent ensemble des directives relatives aux additifs alimentaires. Dès 1958, ces organisations souhaitent harmoniser, au niveau européen, les normes alimentaires nationales. C'est dans ce cadre que le Codex Alimentarius est créé en juin 1958¹⁶. En 1962, la commission de ce Codex est chargée de la mise en œuvre d'un programme mixte FAO-OMS sur la définition de normes alimentaires.

En 1985, la résolution 39/248 de l'Assemblée Générale des Nations Unies définit des directives dont l'enjeu est de protéger les consommateurs. Ces directives recommandent « *lorsqu'ils formulent des politiques et des plans en matière d'alimentation, les gouvernements devraient tenir compte de la nécessité d'une sécurité alimentaire pour les consommateurs, et d'appuyer et, autant que possible, adopter les normes ... du codex alimentarius ou, en leur absence, d'autres normes alimentaires internationales communément acceptées* ».

L'importance portée aux substances chimiques apparaît lors de la conférence sur les normes alimentaires en 1991. A cette occasion, le comité du codex est en charge notamment de l'élaboration de normes dont l'objectif est la protection de la santé publique. L'enjeu porte ainsi sur l'identification des méthodes relatives à l'évaluation des risques sanitaires et phytosanitaires. Ainsi, en 1995, ces normes sont reconnues comme une référence en matière

¹⁴ <http://www.humanite.fr/node/208535>

¹⁵ <http://www.senat.fr/rap/r07-468/r07-46833.html>

¹⁶ <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/fr/>

de sécurité alimentaire des aliments et sont intégrées dans le cadre de l'accord établi par l'OMS sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires (Accord SPS).

Aujourd'hui, « même si les recommandations ne sont pas trop contraignantes par les Etats Membres, les normes du codex servent souvent à l'élaboration des législations nationales ». Le codex a pour objectif de « garantir des denrées alimentaires sûres et saines pour tous et partout ».

Au niveau des politiques européennes, dès 1976, la directive 76/895 fait apparaître, pour la première fois, le terme de Limites Maximales de Résidus (LMR). Ces limites sont : « les niveaux supérieurs de concentration de résidus de pesticides autorisés légalement dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour les animaux. Elles sont fondées sur les bonnes pratiques agricoles et visent à garantir le niveau d'exposition le plus faible possible pour les consommateurs »¹⁷. Initialement définies au niveau national, et plus précisément par l'arrêté du 5 août 1992 en France, une harmonisation de ces limites au niveau européen, a été réalisée en 2005 avec le règlement (CE) 396/2005.

L'action des pouvoirs publics concernant l'utilisation des produits phytosanitaires va au-delà de la définition de LMR en établissant une liste des molécules autorisées. La préoccupation liée à la définition d'une telle liste émane notamment des effets sur la santé humaine et environnementale de l'utilisation des produits organochlorés. Ces produits, et notamment le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) ont été à la base du livre *Le printemps silencieux* (Carson, 1963). Dans ce livre, Carson Rachel interroge les interactions pouvant exister entre les pratiques d'une part et les humains et l'environnement d'autre part. Elle établit, et ce avant même que ne soient décrits les effets néfastes du DDT, la recommandation suivante : « Il est plus judicieux dans certains cas d'accepter de subir une faible quantité de dégâts, plutôt que de n'en subir aucun pendant un moment, mais de le payer sur le long terme » (Carson, 1963). Cet insecticide, pour lequel P.H. Müller a reçu le Prix Nobel de Physiologie ou Médecine en 1948 et qui a obtenu une attestation d'innocuité de la part de la Food and Drug Administration (FDA) en 1943 a été mobilisé pour traiter notamment la malaria et le typhus et a contribué à l'éradication du paludisme en Europe et en Amérique en partie grâce au programme mondial d'éradication promue par l'OMS en 1955 (Roberts, 1990). Or, ce pesticide dont les molécules restent présentes plusieurs décennies après leur utilisation dans l'environnement et les organismes vivants, dont l'homme, s'est traduit par des risques plus élevés de leucémies et de cancers (Baldi et al., 2013). Même si les premiers essais avaient permis de déceler ces effets néfastes sur les animaux, et donc les hommes, par la FDA, le contexte de guerre a privilégié son innocuité (Russell, 2001). Le DDT a alors été fortement mobilisé pendant la seconde guerre mondiale (Figure 2) et autorisé à la vente (Figure 3) (Krieger, 2010).

¹⁷ <http://www.efsa.europa.eu/fr/>

Figure 2. Pulvérisation de DDT pour lutter contre la malaria



Source: Archives du "National Museum of Health & Medicine", Silver Spring, Maryland, Etats Unis

Figure 3. Vente de DDT



Source : Boîte trouvée durant une vente (braderie) d'objets ancien à Valenciennes (Nord de la France), parmi des dizaines d'autres, provenant du stock oublié d'un ancien commerce.

Dans la mesure où « *les pesticides sont des produits chimiques destinés à tuer, il est donc assez logique qu'ils soient nocifs pour notre santé...* »^{18 19}. Le DDT a été interdit progressivement en Suède et Norvège en 1979 puis en Grande Bretagne en 1984²⁰.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la directive 91/414/CEE du 15 juillet 1991, entrée en application en 1993, qui vise à harmoniser les molécules utilisées.

Par la suite, une des premières réformes adoptées pour accroître la qualité des produits et inciter les exploitants à mettre en œuvre des techniques productives plus respectueuses de l'environnement a été définie en 1996 avec la réforme de l'Organisation Commune de Marché (OCM) et plus précisément dans le cadre du règlement 2200/96 (European

¹⁸ <https://www.notre-planete.info/ecologie/alimentation/pesticides.php>

¹⁹ http://www.lemonde.fr/sciences/article/2012/05/17/un-insecticide-altère-le-jeune-cerveau_1703201_1650684.html

²⁰ <http://invs.santepubliquefrance.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Biosurveillance/Index-de-A-a-Z/P/Pesticides-organochlores>

Commission, 2008). Cette réforme est plus spécifiquement relative aux fruits et légumes frais et transformés. Un de ses objectifs était le besoin de regrouper l'offre dans un contexte de concentration de la demande des distributeurs et de protéger l'environnement tout en offrant des produits de qualité (European Commission, 2008). Les Organisations de Producteurs (OP) prennent alors une place centrale. Elles sont les garantes de cette concentration de l'offre et ont en charge la définition d'actions éligibles à des soutiens. Parmi les actions identifiées, certaines sont relatives à la protection de l'environnement et portent plus particulièrement sur la mise en œuvre de techniques culturales plus respectueuses de l'environnement ou encore de la mise en place de contrôle interne du respect des règles phytosanitaires.

Le contrôle interne s'inscrit dans le cadre du règlement (CE) n°178/2002 (dit « Food Law ») appliqué à partir de 2005 qui souligne notamment par l'article 22 que « *la sécurité des denrées alimentaires et la protection des intérêts des consommateurs constituent une préoccupation croissante du grand public, des organisations non gouvernementales, des associations professionnelles, des partenaires commerciaux internationaux et des organisations du commerce international. Il est nécessaire d'assurer la confiance des consommateurs et des partenaires commerciaux à travers un processus ouvert et transparent d'élaboration de la législation alimentaire et à travers l'adoption, par les autorités publiques, des mesures appropriées en vue d'informer la population lorsqu'il existe des motifs raisonnables de soupçonner que des denrées alimentaires peuvent présenter un risque pour la santé* »²¹.

Ainsi, avec la réforme de l'OCM de 2007, le rôle des OP se réoriente²² ²³. Leur objectif initial qui était de concentrer la production est désormais de prendre en charge des actions en faveur de l'environnement. Ainsi, l'article 3 de cette réforme stipule que ce rôle est devenu prioritaire et obligatoire²³ (European Commission, 2008). Les programmes opérationnels doivent être dédiés à ces actions à une hauteur minimale de 10 %.

En 2008, le plan national EcoPhyto, issu du Grenelle de l'environnement, avait pour objectif de réduire de 50 % l'utilisation des produits phytosanitaires d'ici 2018 afin de limiter leur utilisation à des usages indispensables (Butault et al., 2011). Dès 2012, les prémices d'un échec sont soulignés par M. Stéphane Le Foll, Ministre de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt : « *la France n'atteindra pas l'objectif ambitieux de baisser de 50% la consommation de pesticides à 2018* »²⁴. L'échec est confirmé par la suite avec le constat que l'utilisation des produits phytosanitaires a non seulement augmenté mais aussi que cet accroissement s'est intensifié. Alors que sur la période 2011-2014, l'utilisation des produits phytosanitaires a augmenté de 5,8 %, leur croissance a été de 9,4 % pour la période 2013-

²¹ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32002R0178>

²² Règlement du conseil modifiant le règlement (CE) n° 1234/2007 portant organisation commune des marchés dans le secteur agricole et dispositions spécifiques en ce qui concerne certains produits de ce secteur : <http://www.ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2007/FR/1-2007-854-FR-F1-1.Pdf>

²³ http://ec.europa.eu/agriculture/evaluation/market-and-income-reports/2008-producer_fr

²⁴ <https://www.actu-environnement.com/ae/news/nouveau-plan-ecophyto-report-objectif-cepp-financement-fermes-dephy-23770.php4>

2014²⁵ ²⁶. Face à ce constat, un second plan dénommé EcoPhyto ou Ecophyto 2018 a été défini sur la base de la directive 2009/128/CE du 21 Octobre 2009²⁷ dans le cadre de « l'utilisation durable des pesticides ». Dans ce cadre, il est demandé que « *les États membres aient recours à des plans d'action nationaux visant à fixer des objectifs quantitatifs, des cibles, des mesures, des calendriers et des indicateurs en vue de réduire les risques et les effets de l'utilisation des pesticides sur la santé humaine et l'environnement et à encourager le développement et l'introduction de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures et de méthodes ou de techniques de substitution en vue de réduire la dépendance à l'égard de l'utilisation des pesticides* ». En France, l'objectif de réduction des produits phytosanitaires d'ici à 2050 est désormais de 50 % avec un palier intermédiaire de 25 % d'ici à fin 2020 (Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche, 2015).

La volonté de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires ne concerne pas uniquement les producteurs. Elle renvoie à un enjeu d'organisation collective où « *nous sommes tous une partie de la solution* » (Potier, 2014, p. 17). L'ensemble des acteurs est concerné, y compris les distributeurs de pesticides. Pour ces derniers, une diminution de 20 % des Nombre de Doses Unités (NODU)²⁸ est requise d'ici à 2020. Les distributeurs devront alors substituer une part de leur activité commerciale par une activité de conseil. Il est à noter que cette réduction de 20 % des NODU est à coupler avec la Certification d'Economie de Produits Phytosanitaires (CEPP). Ces aides, dépendantes des engagements des distributeurs à réduire leurs ventes de produits phytosanitaires au profit d'activités de conseil, visent à compenser les pertes liées aux ventes non réalisées et à encourager leur implication au sein de pratiques agricoles davantage éco-responsables. Comme le souligne M. Le Foll : « *au lieu de vendre un produit, ceux-ci seront incités à vendre plus de services, c'est-à-dire apprendre aux agriculteurs à utiliser la juste quantité ou des techniques alternatives* »²⁹. Concernant les produits, la réglementation européenne identifie les substances autorisées selon qu'elles aient, ou non, un effet nocif sur la santé et la biodiversité. Les molécules sont interdites³⁰ « *à moins que l'exposition de l'homme ne soit négligeable dans les conditions d'utilisation réalistes proposées* ». Cette réglementation a été définie, au niveau européen, suite à la directive 91/414/CE. Elle est définie dans le cadre du triptyque suivant : pour chaque spécialité commerciale, pour chaque ravageur et pour chaque culture. L'Europe est elle-même subdivisée en trois zones (Figure 4) de sorte que la France fait partie de la zone Sud³¹.

²⁵ <http://agriculture.gouv.fr/produits-phytosanitaires-resultats-pour-lannee-2014-et-lancement-du-plan-ecophyto-2>

²⁶ <http://www.agrapresse.fr/ecophyto-2-entend-impliquer-le-plus-grand-nombre-art389864-2491.html>

²⁷ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0128>

²⁸ NODU : Nombre de Doses Unités – Cet indicateur d'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires a été mis en place dans le cadre d'Ecophyto. Il correspond au nombre de traitements « moyens » réalisés sur l'ensemble des cultures, rapporté aux doses unitaires. Pour chaque substance, le ratio Quantité de Substance Active (QSA) ramené à la Dose Unité (DU) est calculé. Le NODU est la somme des ratios pour toutes les substances. Ramené à l'hectare, il permet de suivre l'évolution des pratiques agricoles.

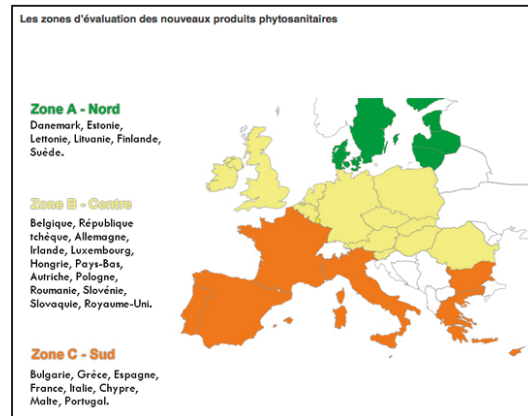
²⁹ <http://www.20minutes.fr/societe/1529259-20150130-foll-veut-reduire-usage-pesticides-50-2025>

³⁰ La réglementation relative aux molécules autorisées est à différencier de l'Autorisation de Mise en Marché (AMM). Alors que la première est définie au niveau européen, la seconde l'est au niveau national. Il est à noter qu'à une molécule peuvent correspondre différentes spécialités commerciales. Une même molécule déclinée sous deux spécialités peut en voir l'une des deux autorisée et l'autre interdite.

³¹ <http://agriculture.gouv.fr/tout-savoir-sur-les-pesticides-et-leurs-autorisations-de-mise-sur-le-marche>

L'évaluation de chaque spécialité commerciale est ainsi examinée au niveau de chaque zone. Toutefois, si le principe de reconnaissance mutuelle s'applique³², l'autorisation de mise en marché reste définie au niveau national.

Figure 4. Autorisation de mise en marché et répartition de l'Union Européenne en trois zones



Source :

http://www.agro.basf.fr/agroportal/fr/fr/news_2/actualites/reglementation_bonnes_pratiques_actus/201106_Reglementation_europeenne_91_414.html

Au-delà des objectifs quantitatifs attendus, ce plan souligne l'importance des moyens à mettre en œuvre pour y parvenir : « *EcoPhyto 2 mise donc sur la sensibilisation des agriculteurs aux améliorations techniques pour réduire les pesticides, à travers notamment le conseil, la formation (...). Selon les experts, une meilleure maîtrise dans l'utilisation des produits suffirait à diminuer de 25 % la consommation* » (Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche, 2015).

Une des voies privilégiée est le développement, dès 2009, des fermes DEPHY, « *pierre[s] angulaire[s] du plan EcoPhyto* »³³. Ces exploitations, organisées en réseau, ont comme objectif non seulement de démontrer que la réduction des produits phytosanitaires est possible, mais aussi d'identifier des systèmes économes en intrants. Sur ces fermes, quelle que soit la culture considérée, une diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires est observée. Les exploitations arboricoles et viticoles ont ainsi réduit leur nombre de traitement moyen de 12 % entre 2012 et 2014²⁹. M. Le Foll souhaite renforcer la diffusion des pratiques réalisées sur ces exploitations et transférer les connaissances nécessaires à la réduction des produits phytosanitaires indiquant que l' « *on va porter le nombre de ces fermes à 3.000. Chacune entraînant dix exploitations autour d'elle, on parie sur l'effet tâche d'huile* »²⁹.

L'inspection du matériel utilisé par les professionnels, à travers notamment le contrôle des applications de produits et l'interdiction de réaliser des pulvérisations aériennes, sont deux des exemples qui illustrent l'accent mis par ce nouveau plan sur la mise en œuvre des

³² Le principe de libre circulation des marchandises au sein du marché de l'Union Européenne s'inscrit dans les articles 34-35 et 36 du traité sur le fonctionnement de l'UE.

³³ <http://agriculture.gouv.fr/quoi-de-neuf-dans-les-fermes-dephy>

pratiques dites "*Integrated Pest Management*" (IPM). Dans le cadre du plan EcoPhyto 2018, tous les professionnels utilisateurs de pesticides doivent suivre ce principe afin de permettre le développement et le renforcement de pratiques alternatives pour contrôler les ravageurs et les maladies. Les pratiques IPM visent à maintenir les ravageurs à un niveau tel qu'ils ne nuisent ni à l'environnement ni à la santé économique des exploitations. L'objectif est donc de contrôler la population des ravageurs et non de les éradiquer dès leur apparition. Ces pratiques ne se réfèrent pas à un ensemble de techniques uniquement identifiées mais à un panel de pratiques. Cette gestion intégrée « *encourage le contrôle naturel de la population des ravageurs en anticipant leurs nuisances et en réalisant des actions de prévention pour les empêcher d'atteindre des niveaux économiquement dommageables. Toutes les techniques appropriées peuvent être mises en œuvre, on peut utiliser des ennemis naturels, planter des variétés résistantes, adapter la gestion des cultures et utiliser les pesticides de façon appropriée* »³⁴ (Fernandez-Cornejo et Ferraioli, 1999, p. 551).

Le non-respect de la réglementation européenne a des implications en termes de responsabilité pénale. Au sein de la même zone européenne, tous les pays ne font pas porter cette responsabilité sur le même acteur. En Grande-Bretagne, le principe de « *due diligence* » prévaut, à savoir que la responsabilité pénale incombe au dernier metteur en marché (Codron et al., 2005a). En France, la responsabilité pénale incombe au premier metteur en marché. Dans le cas d'une production nationale, le producteur est l'acteur pénalement responsable, alors que dans le cas d'une production importée, c'est le premier metteur en marché.

1.2.2. Rôle des acteurs privés

La prise en compte du risque sanitaire est apparue, en Europe, avec la création en 1955 de l'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB)³⁵. L'objectif de cette organisation est, comme son nom l'indique, de promouvoir le développement de la lutte biologique. Dès le début des années 1970, l'OILB a défini des seuils de tolérance pour de nombreuses cultures. Ces seuils sont désormais à la base du concept de la production intégrée. La production intégrée est une philosophie davantage qu'une réponse à un cahier des charges précis. Plus précisément, elle promeut la mise en œuvre de techniques respectueuses de l'environnement en considérant que l'utilisation des pesticides n'est acceptable que si elle s'opère en dernier recours.

La production intégrée a été, au milieu des années 1970, un argument commercial mis en avant pour valoriser davantage la production (Codron et Habib, 2003). Toutefois, le succès commercial escompté n'a pas été au rendez-vous. Pour comprendre ce « non succès », il nous

³⁴ « [IPM is a management approach that] encourages natural control of pest population by anticipating pest problems and preventing pest from reaching economically damaging levels. All appropriate techniques are used such as enhancing natural enemies, planting pest resistant crops, adapting cultural management and using pesticides judiciously ».

³⁵ <http://www.iobc-global.org/>

faut nous attacher à l'expérience italienne qui, elle, a été un succès en 1985. La valorisation de la production de pommes dans la région du Trentin a reposé sur le respect du cahier des charges établi sur la base des principes établis par l'OILB. Le succès de cette initiative tient au fait qu'elle repose sur une implication collective de grande ampleur qui a été coordonnée par les pouvoirs publics et relayée par les organisations commerciales (Codron et Habib, 2003). L'implication de l'ensemble des acteurs est alors une des clefs de ce succès. Par ailleurs, le fait que les aides européennes soient orientées sur des incitations à adopter la production intégrée alors qu'elles le sont sur d'autres aspects en France à travers des programmes nationaux et plus précisément la prime à l'herbe a également contribué au succès de cette initiative (Codron et Habib, 2003). Enfin, le dernier facteur clef de ce succès est lié à la concentration géographique de la production.

L'essor de la production intégrée a été par la suite freiné par la définition de la notion d'« *Agriculture Raisonnée* » (AR) en 1993. A cette époque, l'association Forum de l'Agriculture Raisonnée Respectueuse de l'Environnement (FARRE), constituée d'organisations professionnelles agricoles, de firmes phytosanitaires et d'industries de l'agroalimentaire, en définit le concept. L'AR a pour vocation de communiquer auprès des consommateurs sur les pratiques, mises en œuvre par les producteurs, plus respectueuses de l'environnement (Codron et Habib, 2003 ; de Sainte Marie, 2010). Ainsi, alors que la production intégrée a une vocation productive, l'agriculture raisonnée a une vocation commerciale.

Peu avant l'apparition de l'AR, en 1992, une demande de labellisation « *Production fruitière intégrée* » est exprimée auprès du Comité de Valorisation pour la Production Fruitière Intégrée (COVAPI) par Carrefour. Par la suite, Auchan suit cette initiative en demandant une labellisation « *Filière Agriculture Raisonnée* ». Cette « *intrusion d'acteurs de la distribution dans un domaine jusque-là réservé aux producteurs agricoles suscite, en réaction, une inflation de demandes de CCP présentées par des organisations de producteurs. Ces derniers revendiquent, pour eux-mêmes, le bénéfice de la valeur ajoutée et de l'image associée à une référence environnementale* » (de Sainte Marie, 2010, p. 156). La Commission Nationale des Labels et des Certifications de produits agricoles et alimentaires (CNLC) pose alors la question de la légitimité à définir comme conformes des pratiques ou modes de production qui ne sont pas définis par le cadre réglementaire (de Sainte Marie, 2010). Cette commission constitue, sur la demande du Ministère de l'Agriculture, un groupe de réflexion afin de clarifier la notion d'Agriculture Raisonnée. En juin 1999, la production intégrée est assimilée à l'agriculture raisonnée. Son objectif est implicitement redéfini et « *visé à maîtriser l'impact de l'activité de la production agricole sur l'environnement* » (de Sainte Marie, 2010, p. 158). De fait, toute production labellisée Agriculture Raisonnée renvoie à des pratiques plus respectueuses de l'environnement mais pas à des produits plus sains. Aucune communication ne peut alors être faite aux consommateurs sur la qualité des produits.

Cette impossibilité de valoriser auprès des consommateurs les pratiques mises en œuvre par les producteurs est renforcée par le rapport établi à la demande du Ministre de l'Agriculture (Paillontin, 2000). Dans ce rapport, la qualité des produits est distinguée de la

qualité de l'environnement. De fait, dans le premier cas, la valorisation des efforts réalisés doit passer par le marché alors qu'elle doit transiter par l'intermédiaire des soutiens politiques dans le second cas. En effet, l'environnement y est défini comme un bien public dont la gestion doit être prise en charge par des réglementations publiques visant à compenser, par des subventions, les efforts faits par les producteurs. Le décret du 25 avril 2002³⁶ définit officiellement les principes de agriculture raisonnée. Or, ces principes ont fait débat dans la mesure où près de la moitié des revendications correspondaient à des exigences qui étaient déjà réglementaires.

La crise de la vache folle a été l'événement déclencheur d'un changement de comportement de la grande distribution, tant à l'égard des consommateurs que des fournisseurs de produits agro-alimentaires. Garantir l'innocuité des produits est ainsi devenu un des enjeux que se sont fixés les distributeurs (Codron et al., 2005b). La principale modification des filières tient à leur organisation et à une plus grande articulation des acteurs de l'aval avec l'amont. Il est à noter que les effets de cette crise bovine se sont répandus indirectement à l'ensemble des filières agricoles (Codron et al., 2002 ; Codron et al., 2005b). Dans le cadre de la filière fruits et légumes, cette nouvelle organisation a été possible notamment du fait d'une part de la bonne image dont ces produits bénéficient et d'autre part de l'absence de crise au sein de cette filière. La nouvelle coordination des acteurs traduit alors une nécessité d'anticiper et de prévenir toute crise et de rassurer le consommateur.

Alors qu'au niveau français et allemand la stratégie mise en œuvre par les distributeurs est une stratégie individuelle, le Nord de l'Europe s'est organisée de façon collective. Ainsi, dès 1998, les distributeurs du Nord de l'Europe, et plus précisément la Grande-Bretagne, les Pays-Bas, la Belgique et certains pays scandinaves, ont établi le référentiel Eurep-Gap. Ce référentiel identifie les bonnes pratiques agricoles à mettre en œuvre (Codron et al., 2002). Dans ce cadre, le contrôle est délégué à un organisme tiers. Tout l'enjeu est de faire en sorte que les distributeurs puissent mobiliser un seul référentiel et non pas une multiplicité (Codron et al., 2002 ; Codron et al., 2005b).

Dans tous les cas, les « *standards sont construits sur la base des standards publics, nationaux ou internationaux et sont donc plus contraignants que la réglementation de l'Union Européenne* » (Codron et al., 2005b, p. 92). La grande distribution est ainsi le principal acteur privé qui a renforcé sa stratégie en définissant des standards qui font référence notamment à des normes de traçabilité et de sécurité alimentaire. Elle a notamment défini des cahiers des charges qui lui sont propres et qui vont, de fait, au-delà des exigences européennes imposées. Ces exigences plus poussées diffèrent d'une enseigne à l'autre. Un producteur ne peut être certifié que s'il répond au cahier des charges imposé. Chaque certification est alors un passeport pour la commercialisation dans la mesure où il permet d'accéder à un marché spécifique.

³⁶ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000224876>

Au-delà des cahiers des charges propres à chaque enseigne, il existe différentes certifications auxquelles doivent se référer les producteurs pour accéder à certains marchés. TESCO ou GlobalGap, anciennement Eurep-Gap, en sont les principales. Alors que TESCO est une certification indispensable à la commercialisation dans les enseignes anglaises³⁷, qu'elles soient localisées en Grande Bretagne ou non, GlobalGap a une portée plus large, puisque reconnue au niveau international. Dans le cadre d'une certification GlobalGap, le cahier des charges aborde de nombreux aspects allant de la conformité du processus de production aux conditions de sécurité des employés³⁸. Ces « bonnes pratiques agricoles » (GAP : *Good Agricultural Practices*) peuvent être adoptées au niveau de l'exploitation (option 1) ou au niveau d'un groupe de producteurs (option 2). La certification est une réponse privée de la grande distribution, de reconnaissance internationale. Elle formalise des pratiques qui peuvent être qualifiées de *majeures*, comme le fait d'être en possession des listes LMR sur les marchés de destination ou de *mineures*, comme le fait de faire appel à un laboratoire chargé des analyses de résidus qui soit accrédité par les autorités nationales compétentes, ou avec un statut de *recommandation*, comme le fait de respecter la procédure d'échantillonnage.

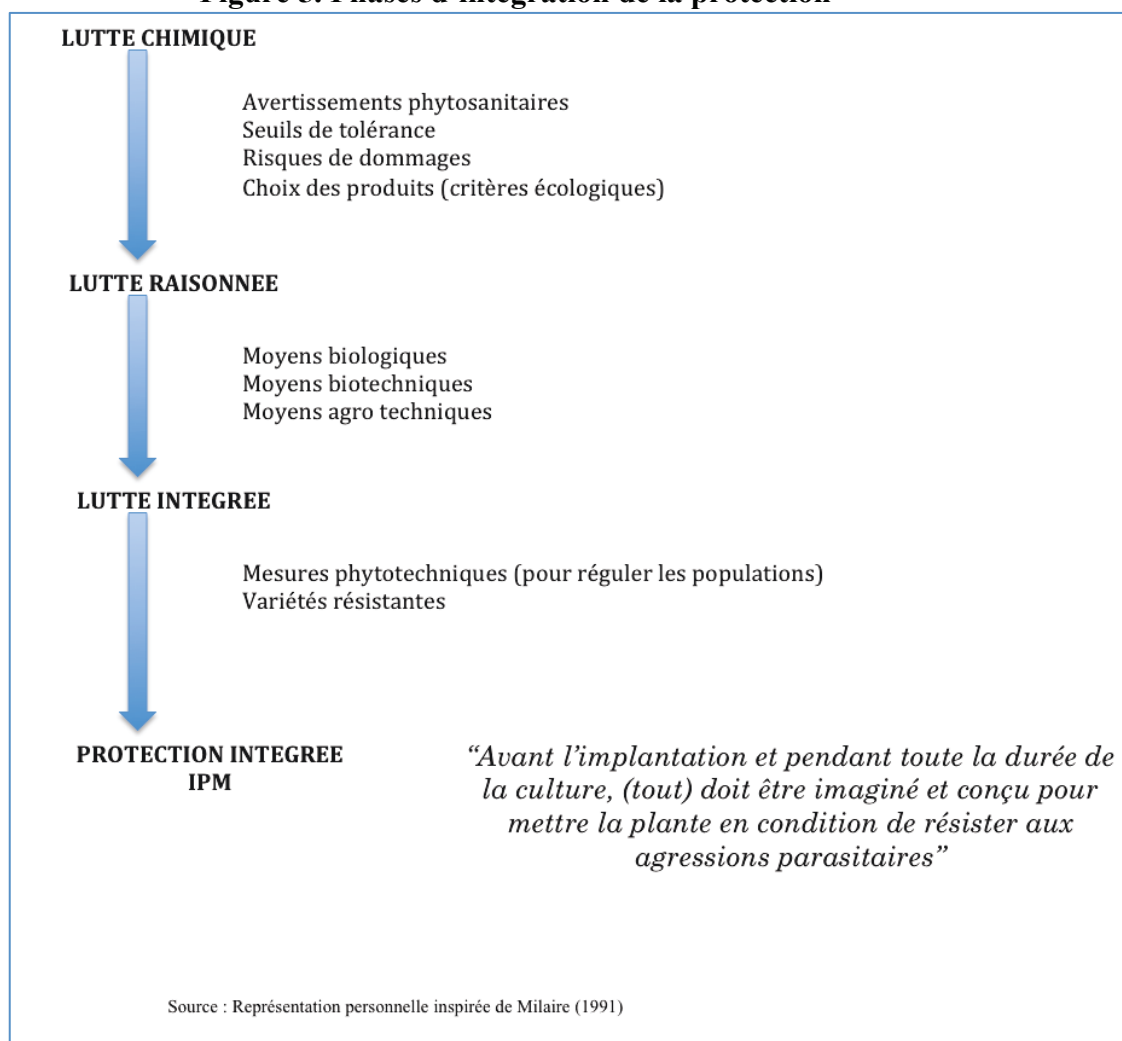
1.2.3. Evolution des pratiques de défense

Dans ce contexte en constante évolution, les innovations techniques s'adaptent aux exigences croissantes en termes de gestion du risque sanitaire. C'est dans ce cadre que s'inscrit l'évolution des pratiques et des outils pour gérer le risque sanitaire. Le passage de « *la lutte chimique aveugle à la protection intégrée* » a été développé précisément par Milaire et nous l'avons synthétisé en Figure 5 (Milaire, 1991).

³⁷ www.tesco.fr

³⁸ www.globalgap.org/ik-en/for-producers/crops/FV/

Figure 5. Phases d'intégration de la protection



La **lutte chimique** peut être différenciée en une lutte chimique dite « *aveugle* » et une lutte chimique dite « *conseillée* ». Alors que la première correspond à une « *utilisation sans discrimination des pesticides les plus efficaces d’après un schéma fixe, préétabli* », la seconde renvoie à une « *utilisation réfléchie de pesticides* » établie en lien avec des services d’avertissement (Ferron, 1999). La lutte chimique « *aveugle* » s’inscrit dans des pratiques préétablies en fonction d’un calendrier de traitement prédéfini. Dans le cadre de la lutte chimique « *conseillée* », l’utilisation des pesticides répond à un calendrier moins figé. Pour autant, le déclenchement des traitements ne dépend pas de seuils de tolérance.

La différence entre lutte chimique et **lutte raisonnée**, encore appelée lutte dirigée, repose sur la définition de ce seuil de tolérance et le « *rejet du calendrier de traitements préétablis* » (Milaire, 1991). Dans le cadre de la lutte raisonnée, l’élément déclencheur des traitements est non plus le calendrier mais le dépassement du seuil. Par ailleurs, les produits utilisés sont davantage pensés en fonction de leur répercussion écologique. Entrent ainsi en compte tout à la fois la notion de surveillance des populations, leur évolution et l’impact environnemental des produits utilisés dans les traitements. La lutte raisonnée est définie, en

1973, par l'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB) comme suit : « *phase d'approche de la lutte intégrée consistant en un aménagement progressif de la lutte chimique grâce à l'utilisation des seuils de tolérance économique et à l'emploi raisonné de produits spécifiques ou peu polyvalents* ».

Le passage de la lutte raisonnée à la **lutte intégrée** repose sur la prise en compte d'autres moyens de lutte que la seule lutte chimique. Se combinent alors :

- ° la lutte biologique, à travers notamment l'utilisation des insectes,
- ° les moyens biotechniques, avec l'introduction des phéromones,
- ° les moyens agrotechniques, avec la mise en œuvre de pédiluves pour limiter les contaminations liées aux chaussures ou encore le respect des rotations.

L'élément clef de passage est alors la volonté de limiter l'utilisation de la lutte chimique. Dans le cadre de la lutte raisonnée comme dans le cadre de la lutte intégrée, l'exploitant tient un rôle incontournable dans la mesure où il doit s'approprier les procédés de surveillance. Il doit par ailleurs être épaulé par un conseiller technique afin d'identifier les produits les plus adéquats à mobiliser en fonction du risque observé sur la parcelle. La principale différence tient au fait que dans le cadre de la lutte intégrée, tous les moyens doivent être envisagés avant que ne soient traitées les parcelles. La combinaison des moyens biologiques, biotechniques et agrotechniques sont au cœur de la lutte intégrée. La lutte intégrée est définie par la Directive 91/414/CEE comme suit : « *l'application rationnelle d'une combinaison de mesures biologiques, biotechnologiques, chimiques, physiques, culturelles et intéressant la sélection des végétaux dans laquelle l'emploi des produits phytopharmaceutiques est limité au strict nécessaire pour maintenir la présence des organismes nuisibles en dessous du seuil à partir duquel apparaissent des dommages ou une perte économiquement inacceptables* ».

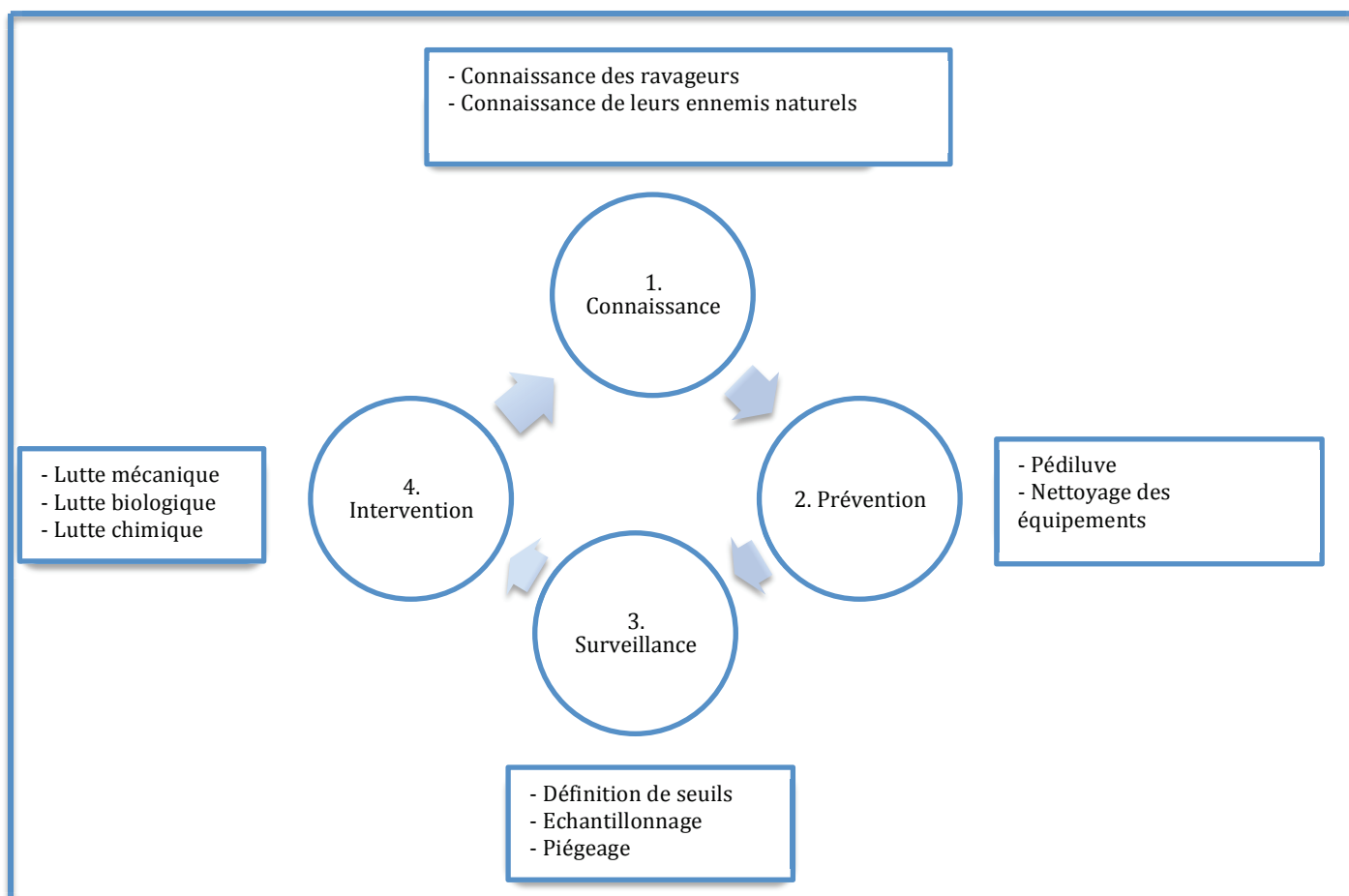
La **protection intégrée**, encore appelée **Integrated Pest Management (IPM)**, est une amélioration des pratiques mises en œuvre dans le cadre de la lutte intégrée. La prévention apparaît en effet incontournable pour une meilleure gestion de la qualité sanitaire des produits. Les variétés considérées comme résistantes sont privilégiées et des mesures phytotechniques sont mises en œuvre. Il s'agit notamment du travail de labour ou encore du désherbage. La philosophie de cette protection peut être résumée comme suit : « *avant l'implantation et pendant toute la durée de la culture, (tout) doit être imaginé et conçu pour mettre la plante en condition de résister aux agressions parasitaires* » (Gendrier, SD , p. 2). L'OILB la définit en 1973 de la façon suivante : « *système de lutte contre les organismes nuisibles qui utilise un ensemble de méthodes satisfaisant les exigences à la fois économiques, écologiques et toxicologiques, en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation et en respectant les seuils de tolérance* ».

La **production agricole intégrée** souligne la « *prise de conscience d'un épuisement prévisible des ressources* » et le besoin de « *protéger la diversité biologique* » (Ferron, 1999). L'introduction de techniques de production raisonnée et l'optimisation du rapport qualité/quantité différencient la protection intégrée de la production agricole intégrée. Plus

précisément, l'objectif de ce système est de mettre à disposition des consommateurs des produits qui répondent à des critères qualitatifs. La fertilité des sols est également au cœur des préoccupations en raisonnant notamment l'utilisation des produits phytosanitaires. Enfin, apparaissent les notions de maintien du tissu social et d'un revenu pour les exploitants (Gendrier). L'OILB définit la production intégrée, en 1993, comme suit : « *système agricole de production d'aliments et des autres produits de haute qualité qui utilise des ressources et des mécanismes de régulation naturels pour remplacer des apports dommageables à l'environnement et qui assure à long terme une agriculture viable* ».

La gestion de la qualité sanitaire correspond ainsi à la mise en œuvre de pratiques qui prennent en compte les dommages de la lutte chimique sur la santé humaine et sur l'environnement. Dans la mesure où toutes les pratiques ne répondent pas à un cahier des charges officiel, elles peuvent être définies en fonction de leur utilisation. La Figure 6 schématise leur articulation.

Figure 6. Catégorisation des pratiques IPM



Source : représentation personnelle

Ainsi catégorisées, il apparaît davantage évident de s'approprier les pratiques IPM plutôt que de les lister. En effet, dans la mesure où il n'existe aucune liste exhaustive de ces pratiques, puisqu'elles sont conditionnées par la production mise en œuvre ou encore la localisation géographique, il semble difficile de toutes les identifier. Certaines sont répertoriées ci-après pour rendre compte de leur diversité mais elles ne sauraient constituer une liste exhaustive des pratiques.

Les pratiques liées à la **connaissance** des ravageurs et des maladies renvoient à des méthodes culturales. Le choix d'utiliser des variétés résistantes est une des pratiques définies dans ce cadre. Il en est de même pour l'adaptation de la date de plantation en fonction des ravageurs.

Les pratiques relatives à la **prévention** sont soulignées comme étant des « *méthodes indirectes* » (Labrie et Voynaud, 2013). En font partie l'installation de pédiluves ou encore le nettoyage des équipements.

Les pratiques définies dans le cadre de la **surveillance** correspondent à une activité d'observation. La prise d'échantillons sur les pièges posés est un des exemples qui éclairent cette notion de surveillance. C'est sur cette base que seront déclenchées, ou pas, les actions à mener pour lutter contre les ravageurs.

Enfin, les pratiques d'**intervention** relèvent quant à elles d'une « *combinaison de méthodes* » (Labrie et Voynaud, 2013). L'utilisation de phéromones, le désherbage ou le fait d'enlever des plants contaminés sont autant de pratiques dites d'intervention.

Il est à noter que les pratiques identifiées dans le cadre de cette section ne sont pas nécessairement indépendantes. Un exploitant peut décider de combiner différentes pratiques en fonction de ses préoccupations. La gestion de la qualité sanitaire peut être définie en termes dichotomiques : adopter une bonne gestion *versus* ne pas l'adopter. Or, cette dichotomie est difficile à mettre objectivement en œuvre. « *La variété des pratiques IPM renforce la difficulté de différencier les exploitants en termes 'd'adoptant' ou de 'non adoptant'. La diversité des exploitations se traduit par le fait qu'aucune mesure unique de l'adoption ne peut révéler d'information sur la mesure de cette adoption* »³⁹ (McDonald et Glynn, 1994, p. 222).

Le changement de pratiques est un processus séquentiel (Rogers, 1962 ; Warner, 1974 ; Vandeman et al., 1994). La représentation qu'un exploitant se fait d'une nouvelle pratique ou technologie conditionne son choix de l'adopter. Plus précisément, le processus d'adoption est « *le processus mental individuel depuis la découverte de l'innovation jusqu'à son adoption finale* »⁴⁰ (Rogers, 1962, p. 17). Avant toute modification de pratique, l'exploitant doit s'approprier les enjeux de sa mise en œuvre et les mettre en perspective avec ses contraintes, notamment techniques et financières.

³⁹ « The number of areas included within the IPM framework reinforce the difficulty of characterizing growers as either « have adopted » or « have not adopted ». There is such variability from one farm to another that no single adoption measure will provide information about the extent of true adoption »

⁴⁰ « The mental process an individual passes from first hearing about an innovation to final adoption »

Il n'existe pas, à notre connaissance, de définition standardisée de la gestion de la qualité sanitaire. Pour cette raison, cette recherche de définition fait précisément l'objet de la présente réflexion. Nous tentons dès lors de résumer dans ce cadre une caractérisation qui nous semble prendre en compte au mieux les différents aspects auxquels elle se rapporte :

La gestion de la qualité sanitaire vient en réponse aux inquiétudes et exigences croissantes des consommateurs en termes de qualité sanitaire des produits consommés.

Elle fait par ailleurs écho à une prise de conscience de l'importance de la dimension environnementale dans le processus de production.

La gestion de la qualité sanitaire du produit correspond donc à la mise en œuvre de pratiques visant à garantir la qualité sanitaire des produits.

Dans le cadre d'une production végétale, elle vise à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires.

2. Quantifier l'utilisation des produits phytosanitaires : Réflexions théorique et empirique

Répondre aux exigences croissantes en termes de réduction des produits phytosanitaires présuppose d'apprécier leur emploi. S'il est communément admis que cette utilisation est mesurable, une réflexion autour de cette notion de mesure s'impose. Après avoir établi l'importance de la différence entre mesure et quantification (sous-section 2.1), nous positionnerons l'économétrie en tant que science empirico-formelle (sous-section 2.2). Enfin, nous appliquerons ces réflexions au cas spécifique de l'utilisation des produits phytosanitaires (sous-section 2.3).

2.1. Quantification *versus* mesure

Par abus de langage, la notion de mesure est souvent assimilée à celle de quantification. Alors que la mesure fait référence à des éléments objectivables comme la hauteur d'une plante ou encore le nombre d'auxiliaires libérés sous une serre, la quantification est quant à elle plus complexe à définir. En effet, quantifier revient à « *traduire quelque chose en quantité mesurable* »⁴¹. Défini à la forme active, quantifier consiste à donner une valeur à un objet d'étude qui initialement n'est pas mesurable au sens propre du terme. Ces deux notions peuvent s'articuler de la façon suivante (Desrosières, 2008, p. 5) :

Quantifier = Convenir+ Mesurer

Plus précisément, la quantification d'un objet d'étude répond à un processus en deux temps. Dans un premier temps, des conventions (convenir) doivent être établies pour rendre compte des spécificités et des enjeux rattachés implicitement à l'objet étudié. Dans un second temps, ces conventions doivent être traduites en critères objectifs (mesurer) permettant la mesure de l'objet. C'est autour de cette articulation que seront présentées les sous-sections suivantes. Nous développons dans un premier temps les enjeux de la quantification (sous-section 2.2.1) avant de souligner l'importance des conventions pour la mesure de la quantification (sous-section 2.2.2) et les limites d'une telle procédure (sous-section 2.2.3).

2.1.1. Les enjeux liés à la quantification

Dans la théorie économique tout, ou presque, doit être quantifié (Alcaras, 2011). Cette théorie valorise le calculable, de sorte que les recommandations faites, notamment en termes de politiques publiques, reposent sur la quantification des objets étudiés (Favereau, 2010 ; Vatin, 2010 ; Alcaras, 2011). Le processus de quantification est alors non seulement le socle de toute étude mais aussi, de fait, le socle des préconisations qui en découlent (Alcaras, 2011).

⁴¹ <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/quantifier/65489>

La quantification a pour objectif premier de caractériser un objet. Cette caractérisation permet alors de suivre l'évolution de l'objet au cours du temps ou encore de comparer différents objets dans des contextes différents (Ménard, 1977 ; Vatin, 2010). La quantification repose sur un langage commun sur lequel s'entendent et travaillent des acteurs hétérogènes (Lascoumes et Simard, 2011).

La mesure issue du processus de quantification doit être entendue au sens large du terme. Elle peut être définie de façon quantitative mais aussi de façon qualitative en identifiant des populations au regard de l'objet étudié. Etayons la notion de quantification par un exemple portant sur la définition, en France, d'un agriculteur. Deux catégories d'exploitants sont identifiées par la Mutualité Sociale Agricole (MSA) : les agriculteurs et les cotisants solidaires. Cette différenciation repose sur une mesure quantitative : le niveau de Surface Minimale d'Installation (SMI). Un exploitant agricole est qualifié d'agriculteur dès lors que sa surface exploitée est supérieure à une demi-SMI. La SMI est un indicateur calculé sur la base d'une combinaison linéaire des valorisations de chaque culture ou tête de cheptel. Cette valorisation est par ailleurs appréciée relativement à la localisation géographique, et plus précisément au niveau régional. Une double pondération, basée sur la production mise en œuvre et la localisation géographique de l'exploitation, est réalisée pour définir cette SMI. Pour chaque couple (production, localisation), un seuil de SMI est identifié. Ainsi, tout exploitant agricole d'une surface supérieure ou égale à une demi-SMI sera qualifié d'agriculteur. Il est alors possible, par ce système de double pondération, d'identifier les exploitants dits "agriculteurs" quelle que soit leur production mise en œuvre et quelle que soit leur localisation géographique (Aubert et Perrier-Cornet, 2009 ; Aubert, 2013).

La quantification est le reflet de conventions établies et reconnues qui sont traduites ensuite en une mesure commune. Elle est une approximation d'une réalité complexe et multidimensionnelle (Guilbaud, 1985 ; Vatin, 2010). Cette évaluation est d'autant plus importante à apprécier que la mesure crée une nouvelle façon de penser mais aussi d'exposer le monde (Vatin, 2010). Son existence-même, sa diffusion et son usage vont modifier le monde qu'elle représente (Desrosières, 2008 ; Vatin, 2010). Tout l'enjeu porte donc sur le processus de quantification. Or, si la plupart des travaux se concentrent sur les interprétations apportées aux études économiques, très peu s'interrogent sur ce processus (Alcaras, 2011). Ce dernier est implicitement considéré comme intuitif ou évident, au point qu'il ne suscite pas dans la plupart des cas un intérêt ou une spécification particulière. De fait, une réflexion est à mener tant du point de vue de la mesure de la quantification que des conventions implicites sur lesquelles elle repose. En effet, si la quantification peut être considérée comme un outil de caractérisation d'un objet, il ressort que celle-ci sert davantage à agir sur cet objet qu'à le décrire (Vatin, 2010).

En reprenant l'exemple précédent, nous constatons aisément que derrière l'identification des exploitants qualifiés d'agriculteurs se trouvent des enjeux en termes juridiques (Aubert et Perrier-Cornet, 2009 ; Aubert, 2013). Seuls les exploitants agriculteurs peuvent bénéficier du régime agricole de la Mutualité Sociale Agricole (MSA). Ils sont les seuls à pouvoir prétendre au régime de retraite agricole, à l'Assurance maladie des agriculteurs (AMEXA), au droit de

vote dans les instances professionnelles, ou encore à un accès prioritaire au foncier. Les exploitants dont la surface exploitée est inférieure à une demi-SMI tout en étant supérieure à un dixième de SMI sont appelés "cotisants solidaires". Ces exploitants répondent aux mêmes obligations que les agriculteurs, sans pour autant prétendre à la même reconnaissance statutaire. Cet exemple souligne, à lui seul, l'importance des conventions pour la mesure d'un objet d'étude.

2.1.2. Importance des conventions pour la mesure de la quantification

« *Les données (...) ainsi que leur nom l'indique, sont couramment utilisées comme étant données* » (Thévenot, 1983, p. 188). Or, elles sont construites et issues de conventions. Selon les conventions adoptées, la quantification observée peut varier et la mesure s'en trouver modifiée. En effet, les conventions conditionnent et dessinent les contours de la quantification. Elles présupposent la définition d'équivalences et de compromis. Tout l'enjeu de ces conventions est de pouvoir comparer des contextes différents (Desrosières, 2008). Les conventions sont la traduction de construits et des repères cognitifs (Simon, 1978, 2004 ; Alcaras, 2011 ; Jany-Catrice, 2012). Quantifier revient à traduire un symbole ou des mots en une forme numérique (Desrosières, 2008 ; Alcaras, 2011). Cette traduction est d'autant plus importante que la mesure qui en découle est considérée comme objective en termes de langage commun employé et d'interprétation partagée (Desrosières, 2007). La définition des conventions doit donc répondre à des enjeux d'objectivité, d'univocité et de transférabilité (Desrosières, 2008). De ce fait, les conventions doivent faire reposer la mesure de l'objet sur des critères objectifs, qui ont un même sens pour tous et qui puissent être appliqués à des contextes différents (Alcaras, 2011). Ce n'est qu'une fois ces conventions établies que la quantification de l'objet d'étude est possible par la mesure.

La mesure a donc une vocation pragmatique (Callon et Muniesa, 2009 ; Vatin, 2010). L'objectif est de quantifier un objet pour le rendre comparable à d'autres ou pour suivre son évolution au cours du temps. Il est important de souligner que les critères définis pour mesurer un objet ne peuvent rendre compte ni de sa complexité ni de sa multi-dimensionnalité. La quantification est alors une simplification du réel (Vatin, 2010). Ainsi, « *toute mesure est partielle, partielle (...) provisoire, 'fausse' en toute généralité* » (Vatin, 2010, p. 17).

Dans le cadre des exploitations agricoles françaises, les conventions établies renvoient notamment à la valorisation de chaque couple (production, localisation). Cette double valorisation repose sur des équivalences qui permettent de considérer les exploitations agricoles quelle que soit leurs caractéristiques. Les enjeux d'objectivité, d'univocité et de transférabilité prennent ici tout leur sens dans la mesure où les valorisations établies ont une incidence directe sur la reconnaissance statutaire des exploitants par la MSA.

Si la quantification est initialement le reflet de conventions existantes, il est à noter qu'elle devient progressivement source de conventions nouvelles (Thiry, 2012). Plus précisément, et notamment de par sa diffusion, la notion de quantification s'assimile à la notion de mesure par un « *effet de cliquet irréversible* » (Desrosières, 2008). Ces bases de construction et de raisonnement des objets quantifiés sont considérées comme admises (Thévenot, 1983). Ainsi, la diffusion et l'usage des quantifications les font passer au rang de mesures. C'est ce passage implicite de quantification à mesure qui justifie non seulement une prise de conscience de l'importance du processus même de quantification, depuis la définition des conventions jusqu'à la mesure de l'objet étudié, mais aussi plus spécifiquement des limites inhérentes à un tel processus.

2.1.3. Limites de la quantification ou la mesure de la réalité perdue en route

La description du processus de quantification a mis en évidence le fait que la définition des conventions et la mesure induite ne sont pas neutres sur leur objet. Ce processus est indirectement au cœur de recommandations et la définition des conventions établies peut avoir des implications importantes. Les exploitants dont la surface est légèrement inférieure à une demi-SMI qui travaillent à temps plein sur leur exploitation pourraient en témoigner. Les limites du processus de quantification sont abordées par la suite suivant de grandes interrogations : Est-il possible de tout quantifier ? Quelle(s) information(s) perd-on en quantifiant ? Quelles sont les implications de la quantification, au-delà de son effet sur l'objet étudié ? Pourquoi refuser de quantifier revient à quantifier quand même ? Et, comment peut-on faire évoluer le processus de quantification dès lors que la mesure a supplanté la quantification ?

2.1.3.1. Est-il possible de tout quantifier ?

« *Il peut être pire de s'efforcer de quantifier à tout prix ce qui n'est (pas) correctement quantifiable* » (Alcaras, 2011, p. 177). La remarque formulée ici par Alcaras souligne l'importance de mener une réflexion en amont de toute quantification sur la pertinence même de la mise en œuvre de ce processus et compte-tenu de l'objet considéré. Tous les objets et certaines réalités humaines ne peuvent en effet pas être quantifiés (Desrosières, 2008). Pour illustrer ce point, considérons le bonheur et sa définition. Ce concept peut, à première vue, être considéré comme une notion philosophique. Or, il a été démontré que le bonheur a un impact sur l'activité économique, au travers de nombreux leviers (Kenny, 1999 ; Diener et Sush, 2000). Des individus plus heureux sont notamment plus créatifs et gèrent mieux les difficultés auxquels ils doivent faire face. Prospérité et croissance sont soulignées comme allant de pair avec des économies constituées d'individus plus heureux. Ainsi, du fait de son impact sur l'activité économique, le bonheur devient un objet d'étude. Toutefois, dans ce contexte, deux courants de pensées s'opposent. Ceux qui d'une part considèrent le bonheur comme une notion subjective et donc non quantifiable (Winterberg, 2007 ; Vatin, 2010) ; et ceux qui d'autre part le considèrent comme un concept mesurable (Veenhoven, 1997).

Dans *La République*, Platon demande à Glaucon : « *Sais-tu de combien la condition du tyran est moins heureuse que celle du roi ?* »⁴². Cette question souligne à elle seule les implications fortes de la quantification du bonheur. Toute mesure du bonheur doit être d'une part quantifiable et d'autre part comparable d'un individu à l'autre. Cette mesure doit être par ailleurs définie indépendamment de tout niveau de vie économique puisqu'il a été démontré que « *l'argent ne fait pas le bonheur* » (Desrosier, 2005). Depuis cette réflexion menée par Platon, de nombreux indicateurs du bonheur ont été construits : The « Subjective Well Being Measurement », le « Bonheur National Brut », l'« Indice de Développement Humain »... Or, l'unité d'analyse ou encore l'hétérogénéité individuelle sont autant de facteurs qui suscitent le débat autour de ces indicateurs (Winterberg, 2007 ; Lascoumes et Simard, 2011). Réduire le bonheur à une valeur et arriver au résultat, jugé exact, que le roi est 129 fois plus heureux que le tyran souligne l'importance de la réflexion à mener avant toute quantification (Platon, 1845⁴² ; Vatin, 2010). Cependant, comme le souligne Aristote, tout « *n'est pas déterminable par addition ou soustraction* » (Vatin, 2010, p. 21). Quantifier renvoie à une forme de rationalité où la mesure possède un sens clairement défini sur la base de conventions socialement admises. Décider de quantifier un objet repose inévitablement sur la connaissance des limites inhérentes à sa mesure. Après s'être interrogé sur la possibilité de la quantification, le processus en lui-même doit également être interrogé. Quel est l'impact des conventions retenues sur l'objet étudié et quelle information perd-on potentiellement en adoptant ces conventions ?

2.1.3.2. Quelle(s) information(s) perd-on en quantifiant ?

Les conventions dessinent les contours de la mesure (Desrosières, 2007, 2008). Leur traduction en critères permet de caractériser l'objet étudié (Thévenot, 1983 ; Vatin, 2010). Or, cette traduction n'est pas sans susciter des discussions. Les conventions établies pour la mesure doivent être considérées non seulement en termes d'enjeux auxquels elles souhaitent répondre mais aussi et surtout en termes de contours. La question posée par Desrosières prend alors ici tout son sens : Quelle réalité a été « *perdue en cours de route ?* » (Desrosières, 2008).

Comme souligné précédemment, quantifier un objet revient à le réduire à une forme numérique. Toute donnée construite s'avère être plus ou moins « *fragile, incomplète, imparfaite voire totalement contestable* » (Alcaras, 2011, p. 178). La mesure faite des objets quantifiés découle directement des conventions établies et des critères retenus pour sa définition. Comme mentionné précédemment, la mesure peut être déclinée sous forme quantitative ou sous forme qualitative. Dans le premier cas, la mesure indique un niveau qui permet de décrire l'objet étudié, alors que dans le second une population est caractérisée au regard de cet objet.

Nous nous proposons de discuter ici non pas les mesures quantitatives, puisque cela reviendrait à discuter les critères établis et donc les conventions, mais les limites relatives à la catégorisation. La catégorisation d'une population doit reposer sur des critères d'exclusion et

⁴² Œuvre de Platon éditée en 1845 par la Société du Panthéon littéraire.

d'homogénéité (Thévenot, 1983). Tout individu doit être uniquement identifié dans une catégorie et les individus d'une même catégorie doivent être homogènes au regard du, ou des, critère(s) retenu(s). Dans le cas de la différenciation établie par la MSA entre exploitants agriculteurs et exploitants cotisants solidaires, le premier critère est respecté : un exploitant est, soit reconnu comme agriculteur, soit comme cotisant solidaire. Toutefois, le second critère peut être discuté. Est-ce que deux exploitants dont la surface est très proche (l'un étant supérieur et l'autre inférieur au seuil d'une demi-SMI) ne sont pas davantage identiques ou comparables, que deux autres exploitants qualifiés de cotisants solidaires dont le premier aurait une surface d'un dixième de SMI alors que le second aurait une surface très proche, tout en étant inférieure, à une demi-SMI ?

La catégorisation repose sur une différenciation directe ou indirecte de la population au regard d'un critère. Ainsi, il est possible de distinguer les exploitations localisées en Occitanie de celles localisées en Provence-Alpes-Côte d'Azur, directement sur la base de leur localisation géographique, ou encore différencier les exploitants agriculteurs des exploitants cotisants solidaires, indirectement à travers la comparaison de leur surface à la SMI. Il est à noter que toute différenciation, aussi évidente soit-elle, mérite un approfondissement puisqu'elle s'inscrit dans un contexte particulier et renvoie alors à des enjeux différents. A titre illustratif, considérons le rattachement géographique des exploitations agricoles françaises. Selon que l'objet d'étude - en l'occurrence les exploitations agricoles et plus spécifiquement les exploitations viticoles - est considéré du point de vue des aides européennes, de leur proximité à un bassin de consommation ou de leur rattachement à un bassin de production, le découpage géographique devra être basé respectivement sur la délimitation des zones défavorisées, les bassins de consommation ou les petites régions viticoles. Une même exploitation, localisée en un seul lieu, peut donc être appréhendée sous différents angles selon les enjeux relatifs au contexte de l'étude. Ainsi, aucun découpage géographique ne peut rendre compte de la complexité et des implications d'une simple localisation. De ce fait, aucune catégorisation ne peut refléter les multiples facettes d'un même objet.

La contextualisation apparaît comme un élément clef de compréhension de la quantification retenue et des conventions établies pour la catégorisation. Les limites inhérentes à cette catégorisation découlent en partie du contexte dans lequel le processus de quantification s'inscrit. L'information « *perdue en route* » est alors implicitement adossée à ce contexte. Appréhender correctement la mesure d'un objet non directement mesurable implique non seulement de comprendre les règles de codages définies sur la base des conventions établies mais aussi et surtout de le contextualiser pour en saisir les enjeux et les limites. Sans cette vision globale du processus, les quantifications souvent « *élevé(e)s au rang de mythe* » ne sont plus considérées pour elles-mêmes mais pour le seul objet qu'elles étudient (Jany-Catrice, 2012). Or, ces mesures « *tiennent les hommes entre eux* » (Desrosières, 2007, p. 12). Les mesures faites sont le socle des recommandations établies. La question qui se pose alors est la suivante : Une fois établies, quelles sont les implications de l'utilisation de ce processus, au-delà de son implication directe sur l'objet étudié ?

2.1.3.3. Quelles sont les implications de la quantification, au-delà de son effet sur l'objet étudié ?

Nous postulons dans cette sous-section que toute mesure est collectivement reconnue puisque définie sur des critères objectifs issus de conventions socialement admises. L'attention porte alors non pas sur la définition de la mesure elle-même mais sur l'importance qui lui est accordée. De nombreux auteurs soulignent la dangerosité de la trop grande attention portée aux données chiffrées, au détriment d'autres indicateurs plus difficilement quantifiables (Lemoine, 2008 ; Alcaras, 2011 ; Jany-Catrice, 2012). Ces auteurs soulignent que les objets quantifiables ne doivent pas être les seuls éléments décisionnels. Or, il semblerait qu'aujourd'hui les chiffres, « *prétendument neutres* », gouvernent nos sociétés (Jany-Catrice, 2012).

Au-delà de la quantification et de l'assimilation de la notion de mesure à celle de quantification, un des points de vigilance à porter à un tel processus est l'utilisation qui en est faite. De la même façon qu'une quantification ne traduit pas toutes les facettes d'un objet, une mesure ne rend pas compte à elle seule de tout un contexte et des enjeux auxquels elle se rapporte. S'intéresser à la quantification revient à s'interroger sur l'ensemble du processus, à le contextualiser pour en saisir toute la portée et à le considérer pour ce qu'il représente. Ce n'est qu'ainsi positionnée que la mesure d'un objet non quantifiable prend tout son sens.

Il est également indispensable de souligner que tout objet quantifiable ne fait pas nécessairement l'unanimité du point de vue du processus de quantification. Ce dernier peut être source de débat mais dans tous les cas, nous allons montrer que discuter ce processus revient à en identifier implicitement un autre qui répond parfois à d'autres enjeux.

2.1.3.4. Quand refuser une quantification revient à quantifier quand même

Refuser une quantification revient à contester la vision particulière d'un objet réduite à une mesure synthétique qui ne rend compte ni de sa complexité ni de sa multi-dimensionnalité. Or, refuser cette quantification revient à réfuter les conventions sous-jacentes à cette mesure et donc à mesurer l'écart entre l'objet et sa mesure. Ainsi, « *critiquer une mesure, c'est encore mesurer* » (Vatin, 2010). De nombreux auteurs, conscients des limites inhérentes au processus de quantification, s'accordent tout de même sur son importance et sur la philosophie de Sartre : « *Ne pas choisir, c'est encore choisir* » (Sartre, 1943 ; Caillé, 2010 ; Favereau, 2010 ; Vatin, 2010).

Quantifier des objets non mesurables, au sens premier du terme, revient à les approximer. Cet « *art de la mesure* » renvoie à l'environnement incertain dans lequel cet objet évolue (Guilbaud, 1985). Les objets étudiés sont quantifiés pour pouvoir être caractérisés, mais aussi pour pouvoir être améliorés. A quoi servirait de mesurer un consentement à payer pour des biens plus respectueux de l'environnement si l'objectif sous-jacent n'était pas de renforcer le développement de ces biens ? Ainsi, la nécessité d'agir sur un objet contraint à le quantifier de la façon la plus précise possible, même si sa complexité et sa multi-dimensionnalité ne

peuvent pas être complètement intégrés à cette mesure (Favereau, 2010). Cette réduction du réel est alors un mal nécessaire qui permet non seulement de construire de l'information mais aussi de la faire évoluer (Vatin, 2010). Dans ce contexte, des consensus apparaissent. Le processus de quantification apparaît préférable, malgré ses limites soulignées, à la non-action.

Le processus de quantification se définit donc dans un contexte particulier et à une période donnée. Il doit toutefois pouvoir être réévalué pour prendre en compte la dynamique dans laquelle évolue l'objet étudié. Le processus de quantification ne doit donc pas être figé. La question qui se pose alors est celle de l'évolution de ce processus, notamment lorsque quantification et mesure se confondent.

2.1.3.5. Comment faire évoluer le processus de quantification dès lors que la mesure a supplanté la quantification ?

Il a été souligné précédemment que la mesure peut supplanter la quantification de par son usage et sa diffusion. Or, inscrite dans un environnement non figé, cette mesure est susceptible d'évoluer et, plus précisément, les conventions ayant permis sa construction sont et doivent être réinterrogées (Jany-Catrice, 2012). Si la définition du processus de quantification n'est pas évidente, il en est de même pour sa remise en question. En théorie, les débats suffisent à le faire évoluer. En pratiques, seules les controverses ré-ouvrent la « *boite noire* » et le réinterrogent (Desrosières, 2007, 2008).

Si nous reprenons l'exemple des exploitants cotisants solidaires identifiés par la MSA, les contours de leur identification ont été modifiés au cours du temps. Historiquement, ils étaient perçus comme une population dont l'activité agricole n'était pas principale et qui, de fait, était un soutien au monde agricole. Or, l'évolution de l'activité de cette population a conduit la MSA à lui accorder avec la Loi d'Orientation Agricole du 5 Janvier 2006⁴³ le droit à une assurance pour les accidents du travail et des indemnités journalières. Ainsi, les cotisants solidaires dont la surface exploitée est supérieure à un cinquième de SMI sont considérés comme ayant une activité agricole qui peut les amener à avoir besoin d'une telle assurance. De la même façon, la loi du 14 Novembre 2009⁴⁴ relative à l'orientation et à la formation professionnelle tout au long de la vie accorde à ces cotisants le droit de bénéficier de formations continues dans le cadre de la loi sur les orientations et la formation professionnelle⁴⁵. Progressivement, l'évolution du contexte dans lequel évoluent les exploitations françaises conduit le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt à mener une réflexion sur ces exploitants et sur leur reconnaissance. Le processus de quantification est un dynamique puisqu'il s'inscrit dans un contexte lui-même en perpétuelle évolution. La première quantification d'un objet n'est alors qu'une étape de sa caractérisation qu'il est indispensable de réinterroger pour que la mesure reste au plus près du réel étudié.

⁴³ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000264992>

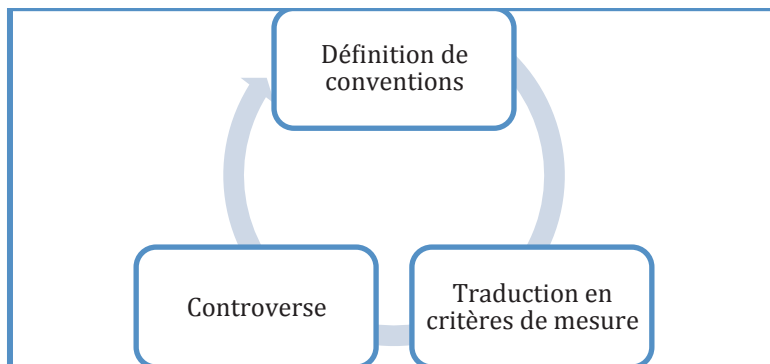
⁴⁴ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000021312490>

⁴⁵ <https://www.senat.fr/questions/base/2012/qSEQ120801487.html>

2.1.4. Synthèse : dynamique du processus de quantification

Il ressort de notre analyse que le processus de quantification se structure autour de deux étapes : la définition de conventions et la traduction de ces conventions en critères de mesure (Desrosières, 2007). La définition de conventions renvoie à un langage commun socialement admis (Desrosières, 2008 ; Alcaras, 2011). Celles-ci font ensuite l'objet d'un processus de codification pour permettre à l'objet étudié, qui n'est pas mesurable au sens propre du terme, d'être quantifié. L'usage et la diffusion de cette mesure peuvent, à terme, entraîner une confusion des notions de mesure et de quantification. Seules des controverses permettent de réinterroger la construction de ce processus et de le faire évoluer. Le processus de quantification est donc un processus dynamique qui peut être représenté par la figure 7 :

Figure 7. Dynamique du processus de quantification



Source : représentation personnelle

La définition retenue pour décrire ce processus est celle formulée par Desrosières (Desrosières, 2007, p. 6) dans « Comparer l'incomparable » :

« La quantification, entendue comme l'ensemble formé de conventions socialement admises et des opérations de mesure, crée une nouvelle façon de penser, de représenter, d'exprimer le monde et d'agir sur lui ».

Expliciter le processus de quantification d'un objet est une étape préliminaire à la compréhension de la mesure et surtout de l'interprétation qui en est faite. Les données mesurées sont le socle de recommandations (Favereau, 2010 ; Vatin, 2010 ; Alcaras, 2011). Il apparaît dès lors incontournable de considérer à présent les modèles économétriques qui fondent les interprétations faites de ces données.

2.2. L'économétrie : entre quantification et modélisation mathématique

Dans la section précédente, l'importance de la quantification a été soulignée. L'objectif est ici de présenter la posture prise pour appréhender la gestion du risque sanitaire à travers la quantification faite de l'utilisation des produits phytosanitaires. La réflexion menée dans le cadre de ce travail de thèse repose notamment sur la modélisation économique de ce phénomène. L'économétrie est, comme soulignée par la typologie de Chiapello et Desrosières (2006), à l'interface de la quantification et de la modélisation mathématique. Toutes les quantifications ne font pas l'objet de modélisation économétrique, de la même manière que toutes les analyses ne reposent pas sur une quantification des données. Après avoir présentée en sous-section 2.2.1 l'articulation entre quantification et modélisation mathématique, la sous-section 2.2.2 indiquera en quoi et pourquoi l'économétrie est apparentée à une science empirico-formelle. Ces éclaircissements permettront ainsi d'explicitier la posture adoptée dans le cadre de cette thèse.

2.2.1. Articulation entre quantification et modélisation mathématique

La typologie définie par Chiapello et Desrosières caractérise deux types de recherches (Figure 8). La première repose sur des analyses qui ne nécessitent pas de quantification des données alors que la seconde y fait appel. Dans ce dernier cas, la preuve est faite par l'intermédiaire de la quantification. Le chercheur souhaite montrer ou démontrer une caractéristique de l'objet à travers l'utilisation d'un langage commun.

Figure 8. Articulation entre quantification et modélisation mathématique

Quantification Mathématisation	Utilisation de données quantifiées	Pas d'utilisation de données quantifiées
Modélisation mathématique	Econométrie (1)	Economie mathématique pure (2)
Pas de modélisation mathématique	Economie statistique (3)	Economie « littéraire » (4)

Source : Chiapello et Desrosières, 2006

En économie, une attention particulière est portée aux données quantifiées et le calculable est valorisé (Favereau, 2010 ; Vatin, 2010 ; Alcaras, 2011). De fait, l'utilisation de données quantifiées est privilégiée. Nous positionnons alors notre réflexion dans les cas (2) et (3) définis dans la typologie Chiapello et Desrosières. Plus précisément, dans la mesure où la plupart des travaux considérés sur la réduction des produits phytosanitaires reposent sur des analyses économétriques, notre réflexion se centre sur le duo : « quantification et modélisation mathématique », soit le cas (3) de la typologie.

Avant d'approfondir la présente réflexion sur la modélisation économétrique en lien avec la notion de quantification, il est indispensable de souligner que les données quantifiées peuvent être relatives non seulement à la variable endogène – celle que l'on souhaite expliquer - mais aussi aux variables exogènes qui contribuent à expliquer la variable endogène. Notre attention porte essentiellement sur ces variables endogènes afin d'appréhender de façon la plus précise possible la mesure faite de l'utilisation des produits phytosanitaires. Il reste évident qu'une même réflexion serait également d'un grand intérêt sur les variables exogènes. Tout l'enjeu est ici de mettre en évidence le fait que les modèles économétriques sont une voie de compréhension des objets étudiés, de la même façon qu'une quantification est une façon d'approcher un objet. Alors que la quantification est le reflet d'une des multiples facettes de l'objet, la modélisation est une des clefs de compréhension de l'objet étudié. Après avoir défini la différenciation entre quantification et mesure, il serait vain d'identifier l'ensemble des modélisations existantes. En effet, il existe de nombreux modèles économétriques, définis sur la base de spécificités notamment liées à la nature de la variable endogène. Nous souhaitons dès lors nous détacher de ces spécificités pour considérer plus globalement l'apport de l'économétrie dans l'appréhension d'un phénomène économique. Pour ce faire, le positionnement de l'économétrie comme une science empirico-formelle s'impose.

2.2.2. L'économétrie : entre quantification empirique et modélisation théorique d'un phénomène économique

Toute modélisation est, comme toute quantification, une approximation d'un phénomène économique. Alors que la quantification met l'accent sur une des dimensions de l'objet étudié, l'économétrie met l'accent sur des angles de compréhension et d'interprétation. Afin de comprendre l'apport des outils méthodologiques mobilisés dans le cadre de cette thèse, il apparaît incontournable de faire un détour au préalable sur les essentiels et la philosophie sous-jacente à l'économétrie afin de comprendre plus précisément en quoi et donc pourquoi elle est reconnue comme une science. L'économétrie est une science qui se positionne à l'intersection des sciences humaines et des sciences exactes (2.2.1). Le processus sous-jacent sur lequel elle se fonde en fait d'elle une science empirico-formelle (2.2.2). C'est la mise en évidence de cette spécificité qui permet d'apprécier les apports méthodologiques des travaux réalisés tant en termes de quantification qu'en termes de modélisation.

2.2.2.1. L'économétrie : une science entre sciences exactes et sciences humaines

L'économétrie est à l'intersection des sciences exactes et des sciences humaines. Retracer rapidement la genèse de la construction de cette science semble indispensable à sa compréhension. Pour ce faire, nous nous appuyons sur l'article de Divisia (1953) qui reprend les étapes clefs de la naissance de cette science. Il se fonde notamment sur des correspondances établies par ceux qu'il nomme les « *pères intellectuels* » de l'économétrie à savoir notamment Frisch, Fisher et Ross.

La naissance de la société internationale d'économétrie et plus précisément le processus de construction reposait initialement sur l'idée que l'économie et les mathématiques devaient s'articuler, alors même que cette articulation n'était alors pas reconnue. Comme le souligne Ross en 1926-1927, un article qui conjugue ces dimensions est accepté dans les revues économiques si la partie mathématique est enlevée ; acceptée dans les revues statistiques si c'est la partie théorique qui est enlevée et acceptée dans les revues de mathématiques si toutes les autres parties sont enlevées. L'articulation de ces disciplines est donc possible mais non reconnue. Ce manque de reconnaissance est ainsi une des raisons qui a conduit à la création de cette société internationale d'économétrie. Le binôme Frisch et Ross considère que cette société peut et doit « voir le jour » et pour en convaincre Fisher, il identifie soixante-dix personnes qui seraient prêtes à y contribuer. Les premières réticences de Fisher disparaissent et le trinôme Fisher-Frisch-Ross « se lance » dans cette aventure. Le groupe de réflexion, envisagé dès 1912, par Fisher voit le jour. Une communauté de scientifiques ayant des compétences non seulement en théorie économique mais aussi en statistique et en mathématique se forme dès 1930 pour fonder la société internationale d'économétrie. Cette société, internationale, se heurte à certaines réticences au niveau Européen avec notamment comme appréhension le fait de conjuguer formalisme et réalité économique. Colson souligne notamment qu'il semble difficile de mettre en perspective « *le formalisme des mathématiques* » et « *l'inexactitude fréquente des statistiques, la difficulté de leur interprétation* » (Divisia, 1953, p. 8). En effet, les raisonnements abstraits qui reposent sur les « *théories les plus ingénieuses* » s'écartent de la réalité. Or, dès les premières réunions, Divisia souligne que les scientifiques réunis partagent « *la même démarche intellectuelle, le même langage* » et en vient à la conclusion suivante : « *Décidément, il y a bien une science économétrique !* » (Divisia, 1953, p. 16).

L'articulation théorie économique et formalisme mathématique forme le socle de l'économétrie. Comme le souligne Divisia, elle pourrait être réduite à une technique ou à une méthode et non à une science si elle ne validait pas certaines conditions : « *Si on fait quelque jour le bilan de l'œuvre économétrique, il faudra se demander : 'En quoi l'économétrie e-t-elle enrichi notre connaissance de l'homme, ou du moins, des comportements humains dans les phénomènes économiques constatés ?'. Si notre science n'allait pas jusque-là, elle tomberait au rang d'une méthode et non pas d'une science, pas même d'une technique* » (Divisia, 1953, p. 21).

Dans le premier numéro de la revue *Econometrica*, construite par la société internationale d'économétrie, une définition de l'économétrie est donnée et plus précisément, celle-ci est faite à travers la spécification de son objectif : « *la progression de la théorie économique en lien avec les statistiques et les mathématiques* »⁴⁶. Du fait de l'apport méthodologique à la construction ou à l'approfondissement de la théorie économique, l'économétrie apparaît être une science à part entière. La réflexion menée par Hendry en 1980 conforte ce constat (Hendry, 1980). L'économétrie établit des relations entre des variables révélatrices de phénomènes économiques sur la base de théories économiques. Les données mobilisées font écho à une théorie et les interprétations en permettent une grille de lecture contextualisée. Les modèles économétriques conjuguent théorie économique et observations du monde réel : « *la compénétration de la théorie économique quantitative avec l'observation statistique est l'essence même de l'économétrie* »⁴⁷ (Frisch, 1933). La dimension scientifique de la démarche économétrique tient plus particulièrement au fait que les données mobilisées sont considérées dans le cadre d'un modèle théorique et qu'elles en testent la validité. Après avoir souligné en quoi et pourquoi l'économétrie est une science, nous allons à présent mettre l'accent sur son articulation entre théorie économique et faits réels. Ce positionnement spécifique fait de l'économétrie une science dite empirico-formelle.

2.2.2.2. L'économétrie : une science empirico-formelle

Les sciences peuvent être considérées au regard de la différenciation suivante : sciences formelles, sciences empirico-formelles ou sciences herméneutiques (Ado et Russell, 1998 ; Vanpouille, 2008). La différenciation établie repose principalement sur la nature des objets étudiés et la démarche mise en œuvre. Après avoir rappelé brièvement à quoi renvoient ces types de sciences, l'économétrie est spécifiée comme une science empirico-formelle.

Les **sciences formelles** reposent sur un objet abstrait « *entièrement construit* » (Holly, 1997, p. 161). Le raisonnement établi ne porte pas sur l'objet. « *Il s'agit de partir d'axiomes de base et de se servir des règles d'inférence pour aboutir à des conclusions logiques* » (Ado et Russell, 1998, p. 2). Ces sciences, comme la physique, explorent des règles de démonstration et des systèmes axiomatiques de façon déductive. En ce sens, l'économétrie théorique relève d'une science formelle puisqu'elle considère notamment les procédures statistiques qui permettent d'estimer les inconnues des modélisations. L'enjeu est notamment de démontrer que certaines procédures permettent de produire des inférences fiables. Les sciences formelles relèvent des sciences dites exactes, contrairement aux sciences herméneutiques ou empirico-formelles qui relèvent de sciences dites humaines (Bryon-Portet, 2010). Repositionnées dans la typologie établie par Chiapello et Desrosières, les sciences formelles renvoient à la catégorie (2) de la Figure 8, c'est-à-dire aux mathématiques pures. Aucune donnée quantifiée n'est mobilisée et la réflexion repose sur la seule modélisation mathématique.

⁴⁶ « the advancement of economic theory in its relation to statistics and mathematics »

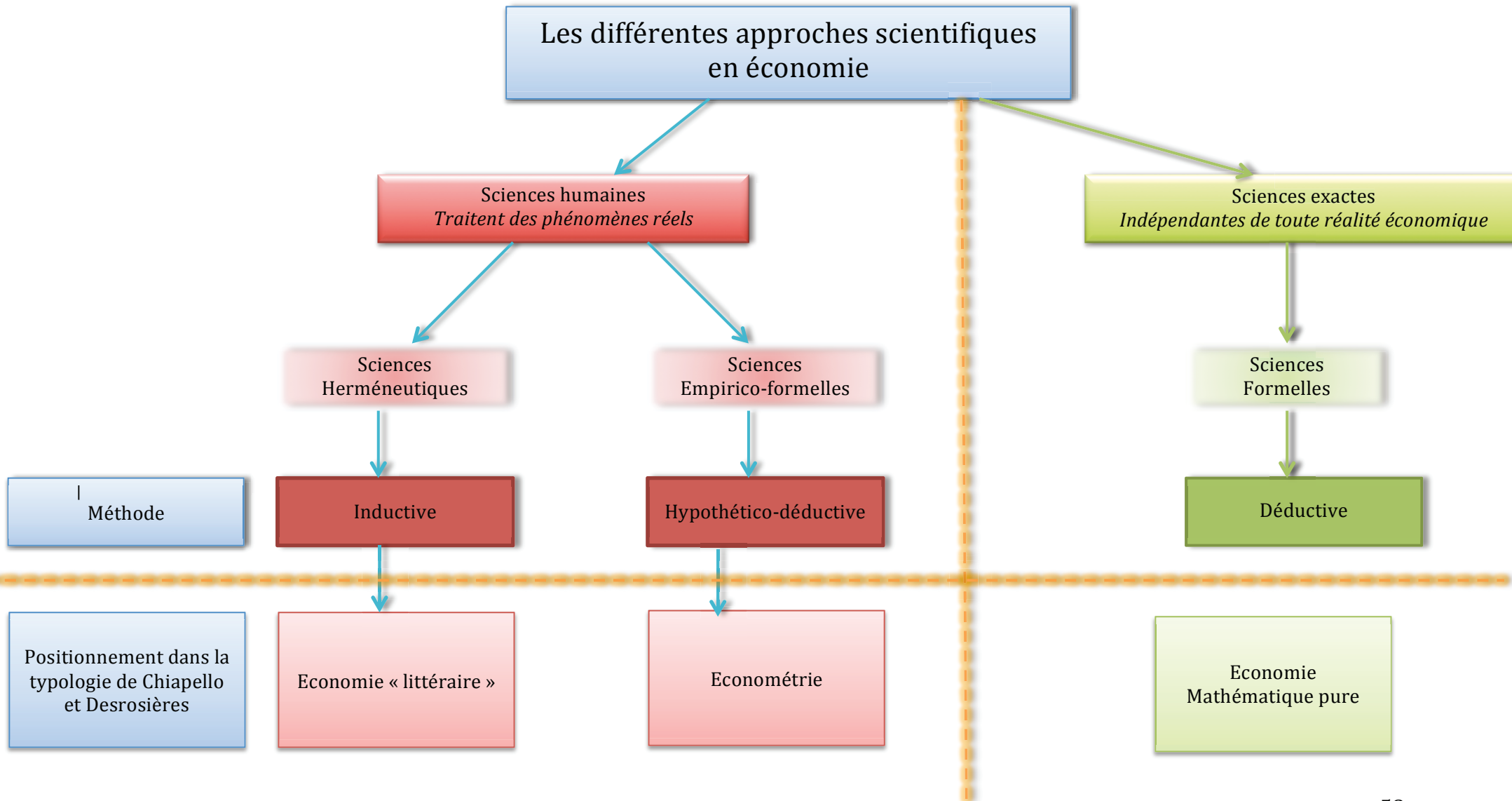
⁴⁷ « the mutual penetration of quantitative economic theory and statistical observation is the essence of econometrics »

Le graduel établi entre sciences formelles, empirico-formelles et herméneutiques renvoient, pour certains auteurs, à un graduel allant du plus au moins théorique, du plus ou moins scientifique et du moins au plus subjectif (Vanpouille, 2008). Ainsi, à l'opposé des sciences formelles sont identifiées les **sciences herméneutiques**. Contrairement aux sciences formelles, les sciences herméneutiques considèrent l'homme comme objet d'étude et l'attention porte sur les « *systèmes de comportements et d'actions, individuels et collectifs, dans lesquels la signification (des situations et des conduites) paraît jouer un rôle important, sinon capital* » (Ladrière 1989). Les analyses menées reposent sur l'observation des individus, sans idée préconçue sur leur comportement. Tout l'enjeu est de « *tout voir* » et « *tout entendre* » pour en déduire des théories et des hypothèses (Vanpouille, 2008). L'objectif est ainsi une meilleure « *compréhension du phénomène humain* » (Ado et Russell, 1998). De fait, la démarche suivie est inductive. Le positionnement dans la typologie de Chiapello et Desrosières renvoient aux catégories (3) et (4) de la Figure 8 – respectivement économie statistique et économie « littéraire » – dans la mesure où aucune modélisation mathématique n'est nécessaire.

Les **sciences empirico-formelles** partagent certaines des spécificités des sciences formelles et certaines des spécificités des sciences herméneutiques dans la mesure où elles appliquent des modèles théoriques à des objets empiriques. Les sciences empirico-formelles ont pour point commun avec les sciences herméneutiques de considérer un objet empirique non abstrait, en l'occurrence un agent économique. Le point commun observé avec les sciences formelles est la prise en compte d'hypothèses théoriques. Les sciences empirico-formelles « *traitent des phénomènes réels par une mise en correspondance des données empiriques et des constructions théoriques formelles* » (Ado et Russell, 1998, p. 2). Dans ce cadre, la démarche suivie est hypothético-déductive. La théorie est testée empiriquement et elle peut être validée ou invalidée. De fait, l'économétrie s'apparente à une science empirico-formelle. Elle renvoie à la catégorie (1) de la Figure 8 où la modélisation mathématique est couplée à une utilisation de données quantifiées.

La figure 9 ci-dessous repositionne, pour chacune des sciences considérées, leurs principales spécificités.

Figure 9. Positionnement des différentes sciences en sciences économiques et sociales



2.2.2.3. L'économétrie : un processus articulé entre théorie et réalité

L'économétrie « ne se réduit pas à un simple exercice de la statistique descriptive, sans références aux théories économiques » (Ado et Russell, 1998, p. 4). Ce qui en fait une science, c'est l'interaction qu'elle exerce entre modélisation théorique et données empiriques (Hendry, 1980 ; Holly, 1997 ; Ado et Russell, 1998). Plus précisément, « l'important n'est pas tellement de connaître le fonctionnement correct et rigoureux du modèle, c'est surtout de savoir si celui-ci est vraiment adéquat au réel et au problème posé » (Divisia, 1953, p. 19). L'économétrie doit mettre en adéquation le modèle avec les données mobilisées. Un double langage est alors nécessaire : le « langage théorique » d'une part et le « langage observationnel » d'autre part (Holly, 1997). La théorie doit pouvoir être mise en relation avec les données observées et les données doivent apporter une interprétation de la théorie en validant ou infirmant les hypothèses théoriques correspondantes. Les travaux menés en économétrie sont une « conjonction serrée entre la pensée économique théorique et l'observation statistique » (Divisia, 1953, p. 18).

Les trois piliers qui fondent l'économétrie sont : la théorie économique, les méthodes statistiques et les données observées (Ado et Russell, 1998). Les apports des travaux réalisés dans le cadre de cette thèse portent sur chacune de ces dimensions. Afin d'apprécier plus précisément l'originalité et l'apport de chacun de ces travaux, il apparaît important de présenter la structure du processus de réflexion menée. L'adéquation entre le modèle et les données est indispensable et d'autant plus importante que les enseignements issus d'études économétriques guident la politique économique (Divisia, 1953 ; Favereau, 2010 ; Vatin, 2010 ; Alcaras, 2011). « Aujourd'hui, nous voyons apparaître des constructions visant, non seulement à éclairer, mais à conseiller et guider la politique économique, peut-être même à lui fournir des normes, des résultats chiffrés, voire des impératifs ; des instruments puissants, dans une science encore si imparfaite où tant de difficultés sont accumulées, ne manque pas d'audace, voire de danger, ni de grandeur » (Divisia, 1953, p. 19).

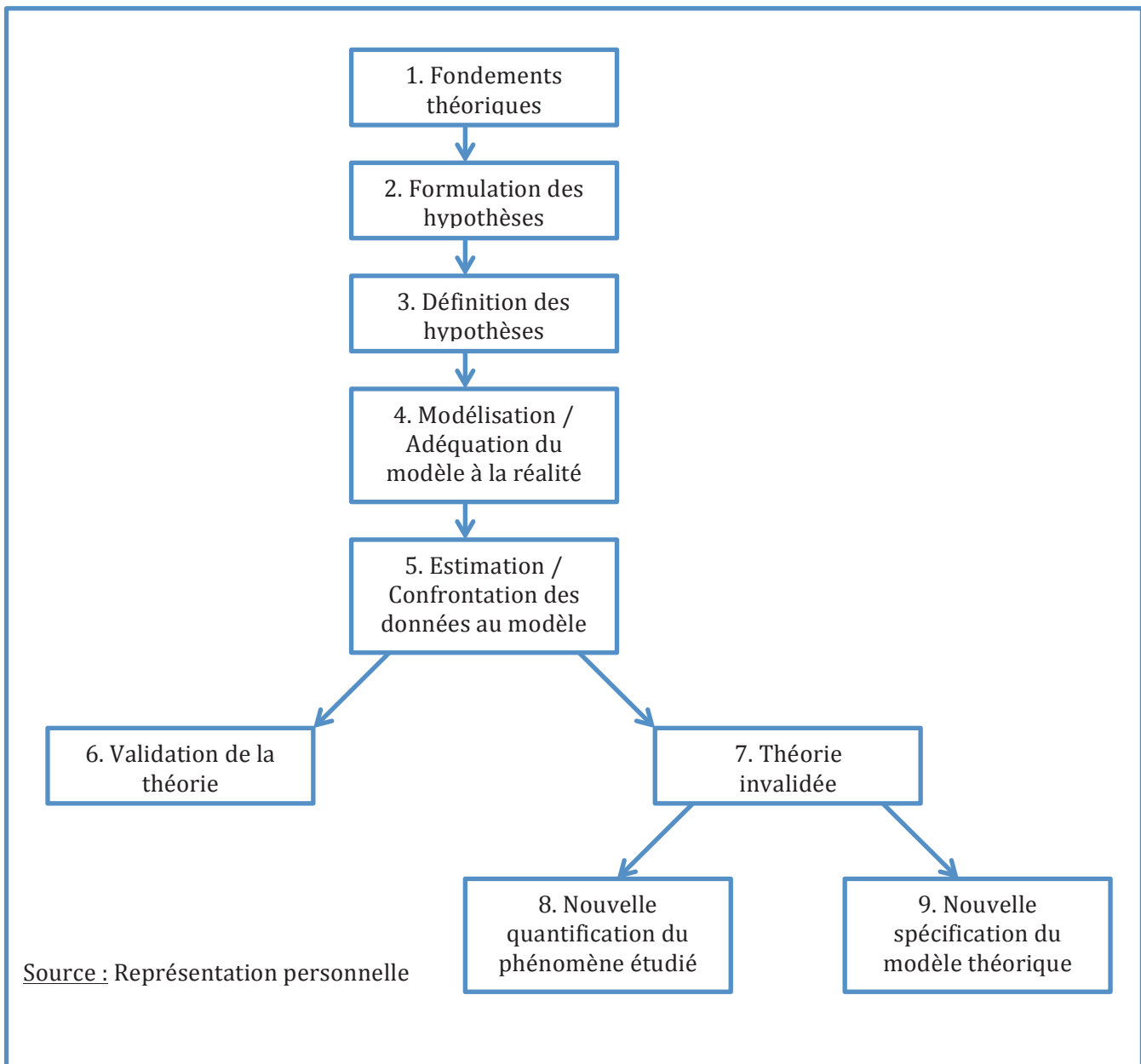
De la même façon que la quantification met l'accent sur une des dimensions de l'objet étudié, la modélisation éclaire une des facettes de ce phénomène. Si celle-ci fait écho à la théorie mobilisée, elle ne garantit pas d'en comprendre toutes les spécificités : « les économètres ont tendance à regarder davantage où est mis l'accent (littéralement là « où il y a le plus de lumière ») au détriment des endroits plus sombres où sont probablement les réponses »⁴⁸ (Hendry, 1980, p. 403).

Appréhender un phénomène nécessite alors de le considérer à travers différentes quantifications et différentes modélisations. L'objectif n'est pas de remettre en question ces dernières mais plutôt de considérer un même phénomène économique sous des angles différents pour mieux en appréhender les spécificités.

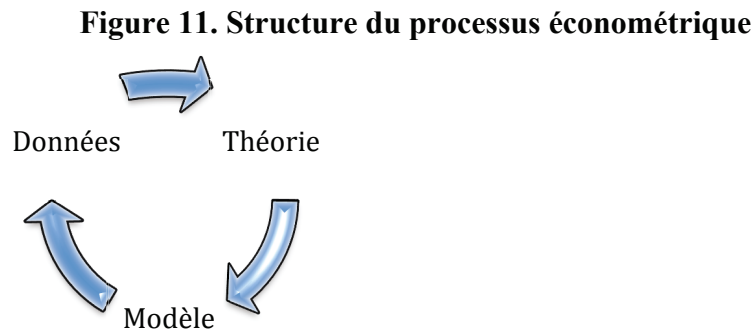
⁴⁸ « econometricians may well tend to look much where the light is and too little where the key might be found »

L'économétrie s'apparente à une science empirico-formelle. Sa démarche, hypothético-déductive, souligne que le point de départ de toute analyse est la théorie économique (1). La théorie mobilisée renvoie évidemment à la question de recherche, elle-même étayée par une problématique économique. Sur la base de cette théorie, les hypothèses théoriques (2) sont traduites, aux vues des données mobilisées, en hypothèses empiriques (3). Une fois formalisées ces hypothèses, la modélisation économétrique permet de formaliser la relation entre les variables économiques ; autrement dit de mettre en adéquation le modèle avec les données (4). La spécification du modèle prend en compte non seulement la nature des variables considérées mais aussi le fait que les données soient en coupe transversale, longitudinale ou de type données de panel. Une fois la spécification établie, l'estimation du modèle permet de confronter les hypothèses théoriques à la réalité observée (5). Deux possibilités apparaissent : les hypothèses théoriques sont soit validées (6), soit invalidées (7). Dans ce cas, soit une nouvelle quantification du phénomène étudiée est réalisée (8), soit une nouvelle spécification du modèle théorique est requise (9). La structure du processus économétrique qui retrace la mise en adéquation du modèle théorique avec les données empiriques est synthétisée par la Figure 10 ci-dessous.

Figure 10. Structuration du processus économétrique



Toute modélisation économétrique est, comme toute quantification, imparfaite et partielle. Elle ne peut pas être une représentation complète d'une réalité complexe, elle-même mesurée de façon imparfaite. Toute modélisation est une simplification de la réalité et chaque modèle est conditionné par les données dont nous disposons. Tout l'enjeu est alors d'établir une adéquation entre le modèle et la réalité. La structure du processus économétrique, (Figure 11), permet de rendre compte du fait que tout résultat obtenu repose sur le triptyque :



Source : Représentation personnelle

Ces piliers fondent les modélisations mises en œuvre et donc conditionnent les interprétations qui en sont faites. La posture adoptée dans le cadre de cette thèse est alors de s'appuyer sur chacun de ces piliers pour faire progresser la réflexion menée autour de la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. L'objectif de ce travail de thèse est, de par l'originalité des données, des quantifications réalisées ou encore des modélisations mises en œuvre, de contribuer à une meilleure compréhension de l'utilisation, faite par les producteurs, des produits phytosanitaires

2.3. Quantification, mesure et modélisation de l'utilisation des produits phytosanitaires

Dans la section 1, la gestion de la qualité sanitaire des produits végétaux a été définie comme la mise en œuvre de pratiques visant à garantir la conformité des produits tout en réduisant l'utilisation faite des produits phytosanitaires.

L'utilisation des produits phytosanitaires, comme tout objet, n'est pas parfaitement mesurable. En effet, la sous-section 2.1 s'est efforcée de démontrer que toute mesure est imparfaite, discutable et dépendante du contexte de sa définition. Par la suite, la section 2.2 a mis en évidence le fait que toute modélisation est une représentation particulière d'un objet.

L'objectif de la présente sous-section est de souligner l'importance de l'interaction entre théorie et pratique pour éclairer un phénomène. Tout l'enjeu est ici de mettre en perspective les réflexions théoriques et empiriques menées sur les innovations environnementales pour comprendre pourquoi certains producteurs adoptent des pratiques plus respectueuses de l'environnement et d'autres non.

Pour ce faire, nous décrivons dans un premier temps l'évolution des apports théoriques sur la notion d'innovation jusqu'à définir les deux principales hypothèses sur lesquelles s'appuient nos travaux (2.3.1). Dans un second temps, nous réalisons un état des lieux des réflexions empiriques menées en considérant plus spécifiquement les définitions des quantifications retenues de l'utilisation des produits phytosanitaires (2.3.2). Nous analysons ensuite les facteurs endogènes (2.3.3) et exogènes (2.3.4) susceptibles de conditionner la mise en œuvre d'innovations environnementales. Enfin, nous proposons une synthèse qui laisse entrevoir les apports et l'originalité des travaux menés (2.3.5).

2.3.1. Fondements théoriques : Quand répondre aux exigences croissantes de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires renvoie à un enjeu d'innovation environnementale

Les exigences croissantes des consommateurs et des pouvoirs publics en termes de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires se sont traduites, comme l'indiquent Sunding et Zilberman (2000), par le développement d'innovations qui « *protègent la santé et l'environnement* ».

Le terme innovation repose sur le radical latin *novus* et le préfixe *in*. Innover renvoie littéralement à un changement ou à un renouvellement par une dynamique interne. L'innovation est donc initialement un processus dynamique interne qui repose sur l'amélioration d'un élément existant. La définition du processus d'innovation a été peu à peu élargie pour intégrer aujourd'hui la création de nouveaux produits ou procédés.

Comprendre la décision d'innover nécessite d'appréhender le mécanisme sous-jacent et donc le processus ayant permis l'adoption d'une innovation particulière. Adopter une innovation est parfois considéré comme le résultat d'un calcul issu d'une rationalité économique (Crampes et Encanoua, 2007). Une entreprise adopte une innovation si le gain induit par son adoption est supérieur à celui obtenu si elle décidait de ne pas innover. La maximisation du profit est considérée comme le facteur premier d'adoption (Schoomkler, 1966 ; Boehlje et al., 1984 ; Gasson et al., 1988 ; McCown, 2001 ; Wallace et Moss, 2002 ; Janssen et Van Ittersum, 2007). Or, il n'est pas le seul et l'adoption d'une innovation répond en réalité à un processus qu'il faut considérer conditionnellement aux caractéristiques intrinsèques des exploitations mais aussi à l'environnement dans lequel elles évoluent.

Afin de comprendre dans quelle mesure caractéristiques endogènes et exogènes se conjuguent pour guider le choix de l'entrepreneur, nous retraçons ci-après l'historique de la notion d'innovation depuis la prise en compte du rôle actif de l'entrepreneur chez Schumpeter (2.3.1.1) jusqu'à la théorie évolutionniste (2.3.1.4). Le parti pris de considérer la théorie de l'innovation, qui place l'entrepreneur au cœur du processus d'innovation, pour comprendre le choix des producteurs d'adopter des pratiques plus respectueuses de l'environnement tient au fait que, dans les deux cas, l'individu est au cœur du changement. L'attention portée à

l'entrepreneur et son lien avec les acteurs qui l'entourent apparaît être le pendant idoine à la compréhension des producteurs qui interagissent avec les acteurs de la filière. La transposition de la philosophie, relative à l'entrepreneur, au producteur a semblé être la plus appropriée pour répondre à notre question de recherche.

2.3.1.1. Schumpeter où le rôle prépondérant de l'entrepreneur

Selon les canons de la théorie néo-classique, le comportement de l'entrepreneur est conditionné par les interactions entre offre et demande sur le marché. Dans ce cadre, l'innovation est considérée comme une « *boîte noire* » (Tremblay, 1997). Joseph Schumpeter a bouleversé cette vision passive de l'entrepreneur pour lui donner un rôle actif et décisionnel. Ses travaux considèrent en effet l'innovation comme un processus endogène (Schumpeter, 1935 ; Deblock, 2012) alors que celle-ci était considérée comme exogène par la théorie néo-classique. Cette endogénéité renvoie à l'idée selon laquelle les innovations ne sont pas subies par les agents mais, au contraire, impulsées par eux.

Pour comprendre cette nouvelle posture, il faut souligner le rôle prépondérant de l'entrepreneur dans la vision schumpétérienne. Schumpeter place au cœur de son analyse l'entrepreneur qui évolue dans un environnement incertain. Celui-ci est un agent économique qui présente certaines caractéristiques qui le distinguent de tout autre chef d'entreprise. Alors que la théorie libérale considérait les agents économiques de façon passive, Schumpeter les considère de façon active. Ils ont un rôle moteur dans le processus d'innovation. Plus précisément, l'entrepreneur est un acteur créatif, à l'origine du changement dont la dynamique est guidée par d'autres facteurs que le seul profit, tel que le plaisir de créer ou le goût de l'innovation (Deblock, 2012). Sa seule aptitude se résume alors à une prise d'initiative et à une volonté d'innover (Tremblay, 1997).

L'entrepreneur est un agent économique qui, en réalisant des combinaisons de facteurs de production, fait gagner à son entreprise du profit ou des parts de marché. En ce sens, Schumpeter se différencie de certains auteurs, comme Walras qui considère qu'à l'équilibre l'entrepreneur ne fait ni perte ni bénéfice (Walras, 1889). Le processus d'innovation s'inscrit alors plus précisément dans un cadre dynamique et non plus statique. Dans un premier temps, l'entrepreneur réalise une rente de monopole du fait du caractère novateur de l'innovation. Progressivement, la concurrence s'approprie l'innovation et la rente de l'entrepreneur diminue. Un nouvel équilibre s'établit au fur et à mesure que se diffuse l'innovation.

Schumpeter introduit donc avec la notion d'innovation le caractère dynamique sous-jacent au processus. Toute innovation modifie l'équilibre précédent. Ce caractère dynamique permet de comprendre dans quelle mesure l'introduction d'une innovation est toute à la fois temporaire et inévitable. Schumpeter souligne l'importance du déséquilibre et de ce qu'il qualifie de « *destruction créatrice* » puisque, sans innovation, l'économie est stationnaire. La notion de stationnarité est évidemment à entendre au sens économique du terme et non au sens économétrique. La dynamique observée est définie dans un premier temps au niveau

local avec l'appropriation de la rente par l'entrepreneur. Le niveau global correspond à la diffusion, encore qualifiée d'appropriation, de l'innovation par la concurrence.

Schumpeter (1935) identifie une multiplicité de formes d'innovation qui s'inscrivent plus précisément dans cinq types suivants : les innovations de produits, les innovations liées à la découverte d'une nouvelle source de matière première ou d'énergie, les innovations commerciales, les innovations liées à un nouveau type d'organisation et les innovations de procédés. C'est dans le cadre de ces deux derniers types que s'inscrivent les innovations relatives à la protection de l'environnement et donc à la réduction des produits phytosanitaires. Une innovation de procédé consiste en la mise en œuvre ou adoption de nouvelles méthodes de production. Une innovation organisationnelle consiste en la mise en œuvre d'une nouvelle organisation du travail dès lors qu'elle est définie de façon inter-organisationnelle⁴⁹. Cette nouvelle organisation du travail conduit à une réorganisation des méthodes de production. De fait, la notion d'innovation inter-organisationnelle s'assimile à la notion d'innovation de procédé.

Dans la mesure où dans un même secteur, au sein d'une même filière, plusieurs types d'innovations existent et coexistent, il est indispensable de prendre en compte la nature de l'innovation. Les innovations relatives à un mode de production relèvent d'une décision dite stratégique dans la mesure où elles s'inscrivent dans une logique de long terme. Ainsi, décider de produire sous label « Agriculture Biologique » plutôt que produire sans label est un exemple d'innovation stratégique (Janssen et Van Ittersum, 2007).

Alors que les enjeux environnementaux génèrent des impacts sur l'ensemble des acteurs de la filière, de nombreux travaux convergent sur le fait que le producteur joue un rôle central dans la gestion du risque sanitaire (Feder et Umali, 1993 ; Shiferaw et al., 2009). D'autres travaux se sont attachés à étudier les liens entre les différents acteurs d'une même filière, sans considérer le producteur au cœur de leur analyse. Les interactions entre la grande distribution et les producteurs, entre la grande distribution et les organisations de producteurs ou encore entre les organisations de producteurs et les producteurs ont été déclinées (Lemeilleur et Codron, 2011 ; Bonnaud et al., 2012 ; Aubert et al., 2013 ; Codron et al., 2014). Ainsi, il ressort notamment que « *l'influence des intermédiaires entre la production et la consommation, ici les Organisations de Producteurs et les distributeurs, n'est pas négligeable* » (Bonnaud et al., 2012, p. 100-101). Dans ces travaux, l'accent n'est pas directement porté sur les producteurs et plus précisément leurs caractéristiques individuelles ou les caractéristiques de leur exploitation. L'accent est davantage établi sur les modes de coordination entre ces acteurs, les contraintes, les incitations et autres sanctions fixés dans le cadre des règles établies. Ainsi, alors que la grande distribution peut exiger des niveaux de résidus de pesticides inférieurs aux seuils de LMR, les organisations de producteurs peuvent exiger des producteurs qu'ils produisent selon un cahier des charges établi.

⁴⁹ Il est à noter que la notion d'innovation intra-organisationnelle s'inscrit au-delà des seuls contours de la firme.

Comprendre l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement nécessite donc d'appréhender les caractéristiques des exploitants. Schumpeter a caractérisé l'entrepreneur comme acteur clef qui impulse l'innovation. Toutefois, son approche s'enferme, selon Deblock (2012), dans une « *impasse théorique* ». Cette impasse tient au fait qu'une telle perception de l'entrepreneur ne permet pas de comprendre les origines de l'innovation. Les caractéristiques individuelles, objectives, ne permettent pas de comprendre ce processus. Seules des caractéristiques subjectives, non mesurables, le peuvent.

2.3.1.2. Innover ou maximiser sous contrainte

L'entrepreneur décrit par Schumpeter est un acteur considéré indépendamment de ses caractéristiques intrinsèques. Il innove parce qu'il a le goût d'innover. En ce sens, il se distingue d'un entrepreneur rationnel. L'analyse de l'entrepreneur schumpétérien est alors un examen psychologique et de ce fait, l'origine même de la décision d'innover n'est pas considérée. Alors que dans la théorie néo-classique la notion d'innovation apparaît comme une « *boîte noire* », dans la vision schumpétérienne, c'est la notion d'entreprise qui reste à appréhender (Tremblay, 1997).

Schumpeter considère que seul le caractère innovateur de l'entrepreneur est déterminant dans l'adoption d'une innovation. Dans ce cadre, se pose la question de l'importance des caractéristiques intrinsèques de cet entrepreneur, des spécificités de son entreprise et de la prise en compte de l'environnement dans lequel il évolue.

Pour répondre à cette question, il est indispensable de prendre en compte en premier lieu les objectifs que se fixe l'entrepreneur, et plus précisément la maximisation du profit dans le cadre de l'adoption d'une nouvelle innovation (McCown, 2001 ; Wallace et Moss, 2002 ; Crampes et Encanoua, 2007 ; Janssen et Van Ittersum, 2007).

Le processus d'innovation relève d'une dynamique individuelle, depuis la « découverte » de l'innovation jusqu'à « sa mise en œuvre » éventuelle (Rogers, 1962). La décision d'adopter une nouvelle innovation relève substantiellement de la comparaison des coûts et bénéfices relatifs à cette innovation et aux pratiques mises en œuvre au moment où l'entrepreneur envisage cette adoption (Dosi, 1988 ; Diederer et al., 2003). Il est à noter que l'adoption d'une innovation se fait comparativement aux pratiques jusque-là mises en œuvre. Adopter une innovation revient alors à mettre en perspective deux alternatives.

En agriculture, les exigences en termes de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires se renforcent. Or, la réponse à ces exigences dépend du revenu attendu, et plus précisément par l'écart de revenu entre les pratiques déjà mises en œuvre au moment où l'exploitant envisage d'adopter une nouvelle innovation et les pratiques novatrices relatives à cette innovation (Nowak, 1987). L'expression du profit est elle-même conditionnée par les rendements. Afin de prendre en compte l'impact de l'utilisation des produits phytosanitaires sur les rendements, il est commun de décomposer l'expression des rendements en une partie

fixe et une partie aléatoire (Just et Pope, 1978 ; Feder et al., 1985). Cette décomposition autorise le fait que l'utilisation des produits phytosanitaires ait un effet opposé sur la moyenne et la variance des rendements (Feder et al., 1985) : une telle spécification est d'autant plus appropriée dans le cadre de l'utilisation des produits phytosanitaires que de nombreux travaux soulignent qu'une utilisation plus intensive de ces produits implique une diminution de la moyenne des rendements et une augmentation de leur variance (Feder et Umali, 1993 ; Sunding et Zilberman, 2000 ; Shiferaw et al., 2009). La formalisation retenue est telle que :

$$y = f(x) + g(x)\varepsilon \quad [1]$$

Avec y les rendements, x l'utilisation des produits phytosanitaires et ε une variable aléatoire de moyenne nulle (Just et Pope, 1978). Les fonctions f et g permettent de prendre en compte la non-linéarité possible de l'utilisation des produits phytosanitaires sur la moyenne et la variance des rendements.

Ainsi, l'adoption d'innovations environnementales, c'est-à-dire l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement, n'est effective que si le producteur maximise son revenu (McCown, 2001 ; Wallace et Moss, 2002 ; Crampes et Encanoua, 2007 ; Janssen et Van Ittersum, 2007). Or, si le revenu dépend en partie des rendements, celui-ci est également conditionné par la valorisation de la production sur le marché et des coûts induits par le changement de pratiques.

Comprendre le mécanisme décisionnel lié à la réduction des produits phytosanitaires nécessite de mettre en perspective les pratiques avec les opportunités de marché. S'il est admis que les consommateurs ont des consentements à payer plus élevés pour des produits qui respectent davantage l'environnement (Lefebvre et al., 2014), il ressort que toutes les certifications ou pratiques plus respectueuses de l'environnement ne sont pas davantage valorisées sur le marché. Alors que la certification « Agriculture Biologique » (AB) est davantage rémunératrice sur le marché, toutes les certifications ne s'inscrivent pas dans ce schéma. Ainsi, sur le site de la certification « GlobalGap », il est possible de lire que : « *la certification Global Gap est souvent associée à des prix rémunérateurs, avec la croyance que le fait d'être certifié se traduit par des prix plus élevés que ceux obtenus par ceux qui ne le sont pas. Ceci n'est pas tout à fait vrai. Oui, Global Gap ouvre des marchés pour vous mais il n'assure pas que ceux-ci soient mieux rémunérés. Les bénéfices de Global Gap sont davantage en termes de marchés que de prix* »⁵⁰. L'accès à des marchés est alors l'un des principaux enjeux relatifs à l'adoption de certification. Si l'utilisation des produits phytosanitaires n'est pas assimilable à une barrière tarifaire, elle relève davantage d'une barrière non tarifaire. Adopter une certification permet d'y palier et de bénéficier d'un accès à des marchés qui seraient, sinon, non accessibles.

⁵⁰ "Most people confuse global gap with higher prices, that is, they think that once you have been certified you can charge higher prices than the one who hasn't been. That is not very true. Yes, global gap opens up many markets for you, but it is not an assurance for better prices. So the benefits of global gap are more markets than more money"

Il est à noter que n'ont été considérées ici que les innovations environnementales identifiées en termes de certification. Or, il existe des pratiques environnementales qui ne sont pas certifiées. C'est notamment le cas des pratiques IPM. Dans ce cas, la rémunération sur le marché de la production issue de telles pratiques n'est pas non plus valorisée. Le large éventail de pratiques que recouvre cette terminologie ne permet pas d'être visible et donc identifié par le consommateur. Ainsi, alors que même que les consommateurs seraient plus enclins à valoriser des produits issus de pratiques IPM, la stratégie marketing de valorisation de cette production est délicate du fait de l'absence de labellisation (Lefebvre et al., 2014).

La mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement ne se traduit pas nécessairement par une plus grande rémunération de la production sur les marchés. Elle engendre toutefois des coûts fixes additionnels qui peuvent constituer un frein à leur adoption. Ces coûts sont soulignés comme étant l'un des facteurs clefs permettant de comprendre la non-adoption de nouvelles innovations (Just et al., 1980). L'hypothèse selon laquelle l'exploitant décide d'adopter une nouvelle innovation sur la seule base de la maximisation de son revenu doit également être discutée. A la maximisation de revenu, certains auteurs préfèrent alors la notion de maximisation de l'utilité (Fernandez-Cornejo et al., 1998). Dans ce cadre, l'adoption d'une nouvelle innovation est considérée au regard de différents critères et non plus en termes uniquement économiques. Dans ce cadre, la maximisation du revenu n'est qu'une des dimensions prises en compte par l'exploitant lors de sa décision d'adopter une innovation. Cette décision est conditionnée notamment par la volatilité des rendements, l'absence de rémunération par le marché ou l'importance des coûts fixes. L'adoption d'une innovation est le résultat d'un processus individuel où l'exploitant doit arbitrer entre deux alternatives (Vandeman et al., 1994 ; Sunding et Zilberman, 2000 ; Shiferaw et al., 2009). A ce stade, il est important de prendre en compte les caractéristiques des exploitants et de leur exploitation comme déterminants de l'adoption d'une innovation.

2.3.1.3. Les caractéristiques intrinsèques des entrepreneurs dans la décision d'adopter une innovation

L'entrepreneur est l'acteur-clef de l'adoption des innovations. Alors que les enjeux environnementaux engendrent des impacts sur l'ensemble des acteurs de la filière, de nombreux travaux convergent sur le fait que le chef d'exploitation joue un rôle central dans la gestion du risque sanitaire (Feder et Umali, 1993 ; Gasfsi, 2006 ; Shiferaw et al., 2009). Considérer l'exploitant au cœur de ce processus sous-tend que chaque producteur est spécifique et que ses caractéristiques intrinsèques contribuent à sa capacité d'adopter une innovation. Ces caractéristiques sont soulignées comme étant les principaux freins et leviers à la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement (Shiferaw et al., 2009).

L'économie de l'innovation considère que le processus d'innovation est en partie déterminé par les contraintes d'accès aux facteurs de production (Rogers, 1962 ; Feder et Umali, 1993 ; Flichy, 2003). Un entrepreneur n'adopte une innovation que si ses caractéristiques endogènes le lui permettent. La diversité des entreprises et des entrepreneurs justifie donc le fait que tous les entrepreneurs ne soient pas adoptants (Dosi, 1988).

Le courant évolutionniste souligne, comme Schumpeter, le rôle prépondérant de l'entrepreneur dans la décision d'innover. Ils se distinguent de la vision schumpétérienne de l'innovation en la considérant dans le cadre d'un processus (Freeman, 1982 ; Dosi, 1988). Plus précisément, l'innovation n'est pas immédiate tel un « *Eurêka* » mais est le résultat d'une dynamique interne. En particulier, Dosi considère que le processus d'innovation résulte d'essais et d'erreurs (Dosi, 1988). Ce processus s'inscrit dans une logique d'ajustement et d'apprentissage où les expériences passées permettent de construire les innovations à venir.

Ainsi, alors que la théorie néo-classique considère l'innovation comme une adaptation des entreprises à l'évolution de l'offre et de la demande, Schumpeter la considère comme uniquement déterminé par l'entrepreneur et son goût d'innover. Les évolutionnistes la positionnent, quant à eux, au cœur du processus productif. Le processus d'innovation repose sur des connaissances, des compétences, des savoirs, des savoir-faire et des capacités qui sont propres à chaque entreprise (Winter, 1987). Au-delà de ces caractéristiques endogènes, la perception des caractéristiques de l'innovation et la perception des conséquences de leur adoption sont également soulignées comme conditionnant le choix de l'entrepreneur (Rogers, 1962 ; Dosi, 1988). Les caractéristiques endogènes objectives et subjectives, à travers les perceptions qu'ont les entrepreneurs des innovations, sont soulignées par les évolutionnistes comme étant des clefs de compréhension de l'adoption d'innovations. Par ailleurs, au-delà cette hétérogénéité individuelle, l'innovation est soulignée par les évolutionnistes comme s'inscrivant dans un processus dynamique. De ce fait, tous s'accordent alors à dire que la connaissance antérieure d'innovations favorise l'adoption d'innovations nouvelles (Dosi, 1988 ; Silverberg et al., 1988 ; Van Der Panne et al., 2003).

Il est à noter que certains auteurs soulignent que ce processus individuel dynamique est complexe et que l'adoption d'une innovation en réponse à une optimisation d'objectifs tels que la maximisation du revenu n'est pas réaliste. Les entrepreneurs viseraient non pas à optimiser leurs objectifs mais plutôt à atteindre des niveaux qui soient jugés « satisfaisants » (Coriat et Weinstein, 1995 ; Le Bas, 1995). Cette vision recoupe alors la différenciation faite précédemment entre maximisation du revenu et maximisation d'une utilité dans le cadre de l'adoption d'innovation environnementale. Il ressort que :

(Hypothèse 1) : *Les caractéristiques intrinsèques des entrepreneurs et de leur entreprise conditionnent la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement.*

Au-delà de ces facteurs internes, les évolutionnistes s'accordent sur l'importance de l'environnement dans lequel évolue l'entrepreneur (Freeman, 1982 ; Dosi, 1988 ; Tremblay, 1997). L'environnement est un terme générique qui recouvre des aspects très différents qui peut renvoyer à des facteurs macro-économiques ou à des aspects de dimension plus locale.

2.3.1.4. Adopter une innovation dépend de facteurs exogènes

Du point de vue de la réduction des produits phytosanitaires, l'adoption d'innovations environnementales répond à des exigences définies à un niveau macro-économique mais également à des niveaux plus fins dans les réseaux d'acteurs. L'adoption d'une innovation répond ainsi à un processus interactif complexe. Une place prépondérante étant accordée aux acteurs qui participent au processus (Dosi, 1988). Une innovation répond également à un processus social puisque les entrepreneurs interagissent sous les contraintes de marché notamment (Rogers, 1962 ; Tremblay, 1997 ; Van Der Panne et al., 2003 ; Touzard et al., 2015). Il ressort que :

(Hypothèse 2) : *L'environnement dans lequel évolue l'entrepreneur contribue à la décision d'adopter des pratiques plus respectueuses de l'environnement*

Ainsi, décider d'adopter une innovation répond à des objectifs fixés par l'entrepreneur sous la double contrainte de ses caractéristiques endogènes (Hypothèse 1) et de l'environnement dans lequel il évolue (Hypothèse 2). Après avoir dressé une synthèse des fondements théoriques relatifs à l'adoption d'innovation, il convient de voir dans quelle mesure ceux-ci ont été considérés dans le cadre d'approches empiriques.

2.3.2. Fondements empiriques : quantification, mesure et modélisation de l'utilisation des produits phytosanitaires

De nombreuses études empiriques se sont intéressées à l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement. L'apport de ce corpus repose non pas sur l'analyse individuelle de chacun de ces travaux mais sur leur analyse globale. En effet, comme souligné en section 2.2, seule une lecture transversale d'indicateurs relatifs à un même phénomène permet de correctement l'apprécier en permettant une vision plus large et plus complète.

L'originalité de notre analyse et donc sa contribution aux fondements empiriques est liée à différents éléments. La première contribution est la prise en compte de différentes quantifications de la réduction des produits phytosanitaires. La seconde contribution est de considérer des contextes très différents, tant en termes de produits que de pays étudiés. La troisième contribution est liée aux bases de données sur lesquelles reposent ces études. De nombreuses bases ont été spécifiquement construites pour comprendre le mécanisme décisionnel de l'exploitant. La nature même de ces données et donc la nature des analyses qui en découlent contribuent à l'originalité du corpus considéré. Dans un premier temps, une

synthèse de ce corpus est réalisée (2.3.2.1) avant que ne soient détaillées plus précisément les différentes quantifications mises en œuvre pour caractériser l'utilisation des produits phytosanitaires (sous-sections 2.3.2.2 à 2.3.2.4).

2.3.2.1. Synthèse du corpus empirique relatif à l'utilisation des produits phytosanitaires

La table 1 synthétise l'originalité de chacune des études qui contribuent au corpus établi. Classée par ordre antéchronologique, cette synthèse met en évidence l'évolution des orientations données à l'analyse de la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement. Ainsi, la période 1980-2000, qui marque l'essor de l'analyse de la gestion de la qualité sanitaire, s'est centrée sur la mise en œuvre de pratiques IPM. A partir du début des années 2000, cette analyse s'est progressivement réorientée sur l'adoption de certifications. Cette réorientation des objets d'étude renvoie aux exigences croissantes auxquelles doivent faire face les exploitants, notamment pour faire certifier leurs pratiques par un tiers extérieur.

Table 1. Synthèse de la revue de littérature

Auteurs	Année de publication	Pays	Production	Adoption d'un certificat	Mise en œuvre de pratiques IPM	Définition de la modalité retenue
Sharma et al.	2015	Inde	Légumes		X	Impact de la mise en œuvre de pratiques IPM Field School Program
Aubert et al.	2013	Maroc	Tomates	X		Adoption GlobalGap
Baumgart-Getz et al.	2012	Etats-Unis		X		Adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement
Codron et al.	2012	Revue de la littérature				
Mouron et al.	2012	Suisse, Allemagne, Pays-Bas, France et Espagne	Pommes		X	Adoption IPM en 3 modalités (Système "baseline", système avancé et système innovant)
Kersting et Wollni	2011	Thaïlande	Horticulture	X		Adoption GlobalGap
Puente et al.	2011	Etats-Unis (Caroline du Nord)	Coton		X	Compteur de 18 pratiques IPM (sélection des fongicides, contrôle biologique...)
Zhou et al.	2011	Chine	Légumes	X		Adoption de standards (GlobalGap, AB, Green Certification, Pollution free certification, HACCP, ISO9000...)
Carpentier	2010	Revue de la littérature				
Asfaw et al.	2010	Kenya	Horticulture	X		Impact des standards sur les exportations
Dörr et Grote	2009	Brésil	Mangues et raisin	X		Adoption de certifications (Global Gap, Organic Farming, FairTrade, PFI)
Souza-Monteiro et Caswell	2009	Portugal	Poires	X		Vente avec certification EurepGap et vente vers le Royaume Uni
Galt	2008	Costa Rica	Pomme de terre et courge		X	Utilisation de produits phytosanitaires et Mise en œuvre de technologie
Isgny et al.	2008	Etats-Unis (Ohio)			X	Compteur de 18 pratiques IPM (géo-référencement, guidage de précision ...)
Chemnitz	2007	Maroc	Tomates	X		Mise en conformité avec les standards internationaux et plus précisément EurepGap
Sattler et al.	2007	Allemagne			X	Indice de Traitement Standard par culture (Standard Treatment Index)
Okello	2005	Kenya	Haricot vert	X		Mise en conformité avec les standards internationaux
Robertson et al.	2005	Etats-Unis (Caroline du Sud)	Coton		X	Compteur de pratiques IPM en 4 familles (observations, pratiques de gestion des ravageurs, mode d'utilisation des pesticides, pratiques de gestion des pesticides)

Auteurs	Année de publication	Pays	Production	Adoption d'un certificat	Mise en œuvre de pratiques IPM	Définition de la modalité retenue
Malone et al.	2004	Etats Unis (Virginie)	Céréales		X	Compteur de 15 pratiques IPM (rotation des herbicides, contrôle des mauvaises herbes, observation...)
Burton et al.	2003	Royaume-Uni	Horticulture	X		Adoption du label AB
Daberkow et McBride	2003	Etats-Unis			X	Adoption de technologies de pointe en agriculture
Caswell et al.	2001	France			X	Utilisation des pesticides
Chaves et Riley	2001	Colombie	Café		X	Compteur de pratiques IPM en 4 familles (mesure des infestations et application des traitements, pratiques culturales, contrôle biologique et application des insecticides selon leur toxicité et les seuils de tolérance)
Jasinski et al.	2001	Etats-Unis (Ohio)			X	Compteur de pratiques IPM dans différents domaines (éducation IPM, pratiques post-récoltes ...)
Neil et Lee	2001	Honduras	Maïs	X		Adoption puis abandon de pratiques durables
Shennan et al.	2001	Etats-Unis (Californie)	Fruits et légumes		X	Adoption des pratiques IPM et création de 5 catégories depuis aucun contrôle jusqu'à production certifiée AB
Lohr et Park	2000	Etats-Unis	Fruits et légumes bio		X	Compteur de 11 pratiques pour la gestion des insectes (phéromones, rotation des cultures ...)
Soule et al.	2000	Etats-Unis	Blé		X	Compteur de pratiques IPM en 3 familles (labour, pratiques culturales et techniques biologiques)
Fernandez-Cornejo et Ferraioli	1999	Etats-Unis	Poires		X	Adoption de pratiques IPM (observation, utilisation de variétés résistantes ...)
Pereira de Herrera et Sain	1999	Panama	Maïs		X	Mise en œuvre de pratiques culturales respectueuses de la conservation des sols (labour)
Fernandez-Cornejo	1998	Etats-Unis	Viticulture		X	Adoption de pratiques IPM (observation, seuils de traitement, utilisation de phéromones, variétés résistantes, date de plantation ...)
Okoye	1998	Nigeria			X	Adoption de pratiques visant à contrôler l'érosion du sol
Traoré et al.	1998	Québec	Pomme de terre		X	Perception de la dégradation des sols comme une difficulté pour l'exploitation
Caswell et al.	1998	Etats-Unis		X		Adoption de certifications (HACCP, ISO 9000)
Westra et Olson	1997	Etats-Unis (Minnesota)	Céréales		X	Adoption de pratiques visant à contrôler l'érosion du sol
Fernandez-Cornejo	1996	Etats-Unis	Tomates	X		Adoption GlobalGap
Fernandez-Cornejo et al.	1994	Etats-Unis (Floride)	Légumes		X	Adoption IPM (phéromones, rotations, observation, parasites, agents microbiens, rotation ...)

Auteurs	Année de publication	Pays	Production	Adoption d'un certificat	Mise en œuvre de pratiques IPM	Définition de la modalité retenue
McDonald et Glynn	1994	Etats-Unis (New York)	Pommes		X	Compteur de 35 pratiques IPM en 3 familles (observation et monitoring, contrôle des cultures et contrôle biologique)
Saltiel et al.	1994	Etats-Unis (Montana)	Céréales et bétail		X	Adoption de 8 pratiques durables (rotation, labour, délai avant pulvérisation ...)
Napier et Brown	1993	Etats-Unis (Ohio)			X	Caractérisation des polluants des eaux souterraines
Rauniyar et Goode	1992	Swaziland	Maïs		X	Compteur de 7 pratiques IPM (date de plantation, variété à haut rendement, labour ...)
Mc Namara et al.	1991	Etats-Unis (Géorgie)	Cacahuète		X	Adoption IPM (au moins 25 % de la surface est "observée" par un extérieur ou un salarié)
Kovach	1988	Revue de littérature				
Belknap et Saupé	1988	Etats-Unis (Wisconsin)			X	Mise en œuvre de pratiques culturales respectueuses de la conservation des sols
Gould et al.	1987	Etats-Unis			X	Mise en œuvre de pratiques culturales respectueuses de la conservation des sols
Norris et Batie	1987	Etats-Unis (Virginie)			X	Mise en œuvre de pratiques culturales respectueuses de la conservation des sols
Byerlee et Hesse de Polanco	1986	Mexique	Maïs		X	Adoption de 3 technologies (choix des variétés, utilisation d'un fumier biologique, contrôle des mauvaises herbes)
Feder et al.	1985	Revue de la littérature				
Korsching et al.	1983	Etats-Unis (Iowa)			X	Adoption de pratiques visant à contrôler l'érosion du sol
Ervin et Ervin	1982	Etats-Unis (Missouri)			X	Adoption de pratiques visant à contrôler l'érosion du sol
Taylor et Miller	1978	Etats-Unis (Indiana)			X	Adoption de pratiques durables
Pampel et Van Es	1977	Etats-Unis (Michigan)			X	Utilisation du fumier dans la gestion des sols

Source : Représentation personnelle

2.3.2.2. Mesures directes de l'utilisation des produits phytosanitaires

La gestion de la qualité sanitaire repose notamment sur la réduction des intrants. Les produits phytosanitaires permettent non seulement de garantir une stabilité des rendements et donc des revenus des producteurs mais aussi de répondre aux exigences esthétiques formulées par les consommateurs. L'importance relative de leur utilisation permet ainsi de comprendre dans quelle mesure un exploitant les mobilise davantage qu'un autre. Dès lors, l'utilisation plus ou moins intensive des produits phytosanitaires est un indicateur composite dans la mesure où il est défini sur la base des différents produits mobilisés (Schulter, 1971).

Les pesticides correspondent ainsi à un terme générique qui englobe les fongicides, les insecticides, les herbicides et les parasitocides qui luttent respectivement contre les champignons, les insectes ravageurs, les mauvaises herbes et les vers parasites. Un indicateur d'utilisation des pesticides considéré est la quantité de produit utilisée par hectare (Galt, 2008). Or, dans la mesure où, d'un pesticide à l'autre, les doses à l'hectare varient de quelques grammes à plusieurs kilogrammes, il est important de prendre en compte, au-delà de la superficie traitée, les substances utilisées ainsi que les taux d'application recommandés (Sattler et al., 2007). Une analyse plus fine doit par ailleurs intégrer la toxicité des produits mobilisés (Sharma et al., 2015).

Considérer les doses à l'hectare appliquées sur une exploitation impose de contrôler les produits mobilisés, leur unité, les taux d'application recommandés et le niveau de toxicité. De ce fait, la mesure de l'utilisation, plus ou moins intensive, des produits phytosanitaires doit être établie non pas au niveau de l'exploitation ou de la parcelle mais plutôt au niveau le plus fin, celui des produits mobilisés sur chacune des parcelles. Il est à noter que les travaux qui considèrent l'utilisation des produits pesticides sont tous définis au niveau de l'exploitation.

Pour considérer le degré d'utilisation des produits phytosanitaires au niveau de l'exploitation, deux hypothèses implicites doivent être validées. La première hypothèse est que l'utilisation des produits phytosanitaire est cohérente quelle que soit le produit considéré. Un exploitant qui applique des doses en-deçà des doses recommandées pour un produit le fait pour tous les produits. La seconde hypothèse est qu'il existe un comportement homogène en termes de pratiques, quelle que soit la parcelle considérée et même si elles n'ont pas les mêmes caractéristiques.

Seule la validation conjointe de ces hypothèses justifie que l'agrégation des pratiques au niveau des produits soit cohérente avec une analyse des comportements au niveau de l'exploitation. Ainsi, au-delà de la définition retenue pour définir l'utilisation des produits phytosanitaires, nous retrouvons l'importance de l'unité d'analyse soulignée en 2.2. Si le degré d'utilisation des produits phytosanitaires est une mesure directe des pratiques, d'autres indicateurs reposent sur une mesure indirecte. La catégorisation est ainsi une des mesures indirectes des pratiques qui permet de différencier les producteurs en fonction de leurs pratiques.

2.3.2.3. Mesure indirecte de l'utilisation des produits phytosanitaires : la certification

La confiance ébranlée des consommateurs vis-à-vis des produits agricoles a nécessité de définir et mettre en œuvre des stratégies de protection et de contrôle. Acteurs publics et acteurs privés ont défini des normes et standards pour répondre notamment aux exigences croissantes des consommateurs.

Etre certifié signifie que le producteur adopte des pratiques conformes au cahier des charges défini par les clients. Celui-ci répond aux exigences de ces clients en matière notamment de qualité. La certification est aussi un passeport pour la commercialisation dans la mesure où il permet au producteur d'accéder à certains marchés. La mise en conformité avec le cahier des charges est par ailleurs validée par un organisme certificateur tiers, ce qui renforce la confiance des clients en ce certificat. Dans le cadre de la certification GlobalGap⁵¹, les « Bonnes Pratiques Agricoles » (GAP : Good Agricultural Practices) sont définies dans le cadre d'un cahier des charges. Ces bonnes pratiques peuvent être adoptées au niveau de l'exploitation (option 1) ou au niveau d'un groupe de producteurs (option 2). La certification formalise des pratiques qui peuvent être qualifiées de majeures ou mineures. Un exemple de pratique majeure est le fait d'être en possession des listes de Limite Maximale des Résidus (LMR) sur les marchés de destination. Un exemple de pratique mineure est le fait de faire appel à un laboratoire chargé des analyses de résidus qui soit accrédité par les autorités nationales compétentes, ou encore assorties d'un statut de recommandation comme le fait de respecter la procédure d'échantillonnage. La certification permet ainsi de contrôler les pratiques des producteurs.

Les exigences de la grande distribution sont une réponse aux exigences publiques considérées comme insuffisantes : « *Au niveau du secteur de production, la norme publique est souvent considérée par les détaillants comme insuffisante et devant donc être complétée par les normes définies et contrôlées par les acteurs privés* »⁵² (Codron et al., 2005a, p. 272).

Les études relatives à la gestion de la qualité sanitaire des produits, et plus précisément à l'adoption d'innovations environnementales, ont essentiellement porté sur la certification GlobalGap (Fernandez-Cornejo, 1996 ; Dörr et Grote, 2009 ; Souza Monteiro et Caswell, 2009 ; Kersting et Wollni, 2011). Elles ont porté, dans une moindre mesure sur l'adoption : du label Agriculture Biologique (Burton et al., 2003), de la norme ISO 9000⁵³, relative au management de la qualité, ou de l'HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point)⁵⁴ (Caswell et al., 1998 ; Zhou et al., 2011), sur les cahiers des charges des distributeurs (Filière Qualité Carrefour ...) ou encore sur les chartes portées par les producteurs comme la charte nationale tomate ou Verger EcoResponsable (Codron et Habib, 2003).

⁵¹ www.globalgap.org/uk-en/for-producers/crops/FV/

⁵² « In the produce sector, the public standard is often judged by retailers to be insufficient and thus must be complemented by standards defined and monitored by private actors »

⁵³ http://www.iso.org/iso/fr/iso_9000

⁵⁴ Analyse des dangers et des points critiques pour leur maîtrise : <http://www.haccp-guide.fr>

Considérée de façon dichotomique, l'adoption d'un certificat de bonnes pratiques différencie les exploitations certifiées des autres exploitations. Cette dichotomie présente comme avantage majeur d'observer et de caractériser des producteurs en fonction de leur gestion de la qualité sanitaire effectivement mise en œuvre. Une telle différenciation souligne l'importance des exigences sanitaires requises par les acheteurs ainsi que les débouchés qui en découlent pour le producteur.

Une limite à cette approche est de considérer chacune des deux sous-populations définies comme homogène au regard de la gestion de la qualité sanitaire. Alors que les producteurs adoptants sont supposés avoir des pratiques agricoles comparables, ils ont pour point commun de répondre au minimum aux exigences associées à l'adoption de la certification considérée. Certains producteurs peuvent avoir été précurseurs dans cette adoption et anticiper dans leurs pratiques de nouvelles exigences plus restrictives alors que d'autres producteurs peuvent n'avoir été adoptants que récemment. La notion même d'adoption peut ainsi renvoyer à des pratiques différentes alors même que tous les producteurs répondent *a minima* aux exigences requises pour être adoptants. De la même façon, parmi les producteurs non-adoptants, de nombreuses différenciations peuvent être faites selon que l'exploitant ne souhaite pas du tout adopter la certification, qu'il souhaite l'adopter à court ou moyen terme ou qu'il soit déjà en cours de conversion.

Cette limite, relative à toute catégorisation (cf. sous-section 2.2) renvoie essentiellement à l'homogénéité des sous-populations identifiées au regard du critère considéré. Cette hypothèse d'homogénéité n'est pas sans incidence sur les modélisations mises en œuvre et surtout sur l'interprétation des résultats obtenus. En effet, toute modélisation qui repose sur une catégorisation de la population fait l'hypothèse que chacune des sous-populations est homogène. Or, comme nous venons de le souligner, la sous-population des exploitants adoptants peut être considérée comme hétérogène au regard de la date d'adoption. De même, la sous-population des non-adoptants peut être hétérogène suivant la volonté de l'agriculteur, à court ou moyen terme, d'adopter la certification considérée. Cette limite est à mettre en perspective avec la nature des modèles considérés. Les études empiriques qui ont mesuré l'utilisation des produits phytosanitaires à travers l'adoption d'une certification reposent toutes sur des modèles en coupe transversale. Il est alors possible de considérer que l'homogénéité observée au temps (t) révèle un comportement homogène au sein des différentes catégories identifiées.

Dans le cas de la certification GlobalGap, il apparaît important de souligner que, dans les études identifiées, l'option souscrite (option 1 : souscription individuelle vs option 2 : souscription d'un groupement de producteurs) n'est jamais mentionnée, ne permettant pas d'apprécier dans quelle mesure cette démarche d'adoption revêt un caractère individuel ou collectif, ni dans quelle mesure le contexte environnemental conditionne le mode d'adoption de cette certification.

La certification est l'une des mesures indirectes de l'utilisation des produits phytosanitaires. Une autre mesure souvent considérée dans les études empiriques porte sur la mise en œuvre de pratiques IPM.

2.3.2.4. Mesure indirecte de l'utilisation des produits phytosanitaires : l'adoption de pratiques IPM

Au-delà de l'adoption de certifications contrôlées, la gestion de la qualité sanitaire peut être appréhendée *via* les pratiques IPM mises en œuvre par les producteurs. Ces pratiques visent à maintenir les ravageurs à un niveau tel qu'ils ne nuisent ni à l'environnement ni à la santé économique des exploitations. Ainsi, la population des ravageurs sera maintenue à un certain niveau et non éradiquée dès son apparition.

Les analyses qui se sont intéressées à la quantification de la mise en œuvre de telles pratiques ont généralement considéré un compteur de pratiques IPM mises en œuvre (Rauniyar et Goode, 1992 ; McDonald et Glynn, 1994 ; Saltiel et al., 1994 ; Lohr et Park, 2000 ; Shennan et al., 2001 ; Robertson et al., 2005 ; Isgny et al., 2008 ; Puente et al., 2011).

Afin de s'approprier la logique sous-jacente à la prise en compte d'un tel compteur, une analyse de leur définition s'est naturellement imposée (Table 2).

Table 2. Méthode sous-jacente à la définition des compteurs IPM

Référence :	Compteur IPM	Critère d'agrégation
(Isgny et al., 2008)	18 pratiques sont retenues	Pas d'analyse d'indépendance des pratiques.
(Robertson et al., 2005)	3 modalités d'utilisation des pratiques IPM : low, medium, high	La combinaison linéaire de la fréquence (0 : jamais à 3 : toujours) et l'importance de la pratique reconnue par les experts (1 : pas importante à 4 : très importante) définit les modalités.
(Puenta et al., 2011)	18 pratiques sont retenues	Les pratiques ont été sommées et considérées comme indépendantes.
(Chaves et Riley, 2001)	4 pratiques considérées de façon indépendante lors des analyses économétriques	4 pratiques considérées en termes dichotomiques.
(Shennan et al., 2001)	5 modalités définies sur la base de 8 pratiques de 1 (pas de pratique IPM) à 5 (AB)	Les modalités sont définies de la façon suivante : 1 : pas d'IPM, 2 « minimum IP » : monitoring et aucune des 8 pratiques identifiées, 3 « medium IPM » : monitoring et 1 pratique, 4 « high IMP » : monitoring et plus de 2 pratiques; 5 AB.
(Lohr et Park, 2000)	11 pratiques considérées	La mise en œuvre des pratiques est définie de 1 à 5 par une échelle de Lickert (1 : pas utilisé, 5 : toujours). Les pratiques ont été dichotomisées par la suite. Un modèle de comptage a ensuite été considéré.
(Saltiel et al., 1994)	2 types de pratiques sont retenus.	7 pratiques identifiées et regroupées sur la base d'une analyse de données.
(McDonald et Glynn, 1994)	9 pratiques IPM regroupées en 3 groupes : Biological control, Cultural control et Scouting / Monitoring	Les pratiques sont définies en termes dichotomiques. La sélection des 3 facteurs clefs repose sur une analyse des données.
(Rauniyar et Goode, 1992)	7 pratiques sont regroupées en 3 groupes : Planting technology, chemical technology et Planting time	Les pratiques, définies en termes dichotomiques, ont été regroupées sur la base d'une analyse de données.

Source : Représentation personnelle

Retenir comme indicateur de la gestion de la qualité sanitaire un compteur des pratiques IPM mises en œuvre par un exploitant permet de prendre en compte un degré d'investissement dans cette gestion. Un tel indicateur doit toutefois être mobilisé avec précaution dans la mesure où il doit au préalable questionner l'indépendance de ces pratiques. En effet, un compteur n'est pertinent que s'il renvoie à un graduel cohérent. La mise en œuvre d'une première pratique ne doit ainsi pas nécessiter obligatoirement l'adoption d'une seconde. Alors que certains auteurs prennent en compte et corrigent la potentielle dépendance des pratiques IPM considérées (Rauniyar et Goode, 1992 ; McDonald et Glynn, 1994 ; Saltiel et al., 1994), d'autres les considèrent de façon indépendante (Shennan et al., 2001 ; Robertson et al., 2005 ; Isgny et al., 2008 ; Puente et al., 2011).

Il est à noter dans ce cadre que l'adoption de toute nouvelle pratique n'est effective que si elle est profitable à l'exploitant. La seule limite à ce compteur est alors le profit marginal apporté par la dernière pratique adoptée (Isgny et al., 2008).

Par ailleurs, alors que certaines études pondèrent « à dire d'expert » les pratiques mises en œuvre par les producteurs (McDonald et Glynn, 1994 ; Jasinski et al., 2001 ; Shennan et al., 2001 ; Malone et al., 2004 ; Robertson et al., 2005), la plupart n'appliquent aucune pondération (Rauniyar et Goode, 1992 ; Lohr et Park, 2000 ; Chaves et Riley, 2001 ; Isgny et al., 2008 ; Sharma et al., 2011). Ne pas appliquer un coefficient de pondération aux différentes pratiques considérées revient à considérer qu'aucune ne relève d'une meilleure gestion de la qualité sanitaire.

Quel que soit l'indicateur considéré de l'utilisation des produits phytosanitaires, les études empiriques de notre corpus convergent vers l'identification de facteurs endogènes (2.3.3) et exogènes (2.3.4) qui conditionnent le comportement des exploitants en termes de pratiques plus respectueuses de l'environnement.

2.3.3. Les facteurs susceptibles de conditionner la mise en œuvre d'innovations environnementales

Les facteurs endogènes et exogènes seront ici déclinés en indiquant les différentes interprétations qui leur sont données. En effet, un même facteur peut faire référence à des notions différentes.

2.3.3.1. Les facteurs endogènes

L'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement, qu'elle soit abordée sous l'angle de la certification, du nombre de pratiques IPM mises en œuvre ou encore de l'utilisation plus ou moins intensive de produits phytosanitaires repose sur l'analyse des facteurs endogènes (Feder et al., 1985 ; Kovach et Tette, 1988 ; Carpentier, 2010). Une analyse synthétique de ces facteurs est ici réalisée.

2.3.3.1.1. La surface exploitée

La principale ressource citée dans la littérature est la dimension physique de l'exploitation. Alors qu'elle est unanimement reconnue comme facteur déterminant de l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement, il n'existe pas de consensus quant à son interprétation (Knowler et Bradshaw, 2007). Pour comprendre cette apparente contradiction, il nous faut apprécier les différentes facettes auxquelles elle se réfère.

La dimension physique peut faire référence à :

- Un capital (Feder et al., 1985 ; Norris et Batie, 1987 ; Okello, 2005 ; Chemnitz, 2007 ; Galt, 2008 ; Asfaw et al., 2010 ; Sharma et al., 2011 ; Zhou et al., 2011).
- Des économies d'échelle (Weil, 1970 ; Feder et al., 1985 ; Belknap et Saupe, 1988 ; Caswell et al., 2001 ; Henson et Loader, 2001 ; Khanna, 2001 ; Daberkow et McBride, 2003 ; Vorley et Fox, 2004 ; Jaffee et al., 2005).
- Des capacités managériales (Gould et al., 1989 ; Fernandez-Cornejo et al., 1994 ; Traoré et al., 1998 ; Fernandez-Cornejo et Ferraioli, 1999).
- Un accès facilité au crédit (Just et al., 1980 ; Feder et al., 1985 ; Fernandez-Cornejo et al., 1994 ; Fernandez-Cornejo et Ferraioli, 1999).
- Une importance relative de la main-d'œuvre familiale (Clay et al., 1998).

Les différents aspects auxquels renvoie la dimension physique de l'exploitation rendent sa prise en compte indispensable dans une analyse même si son effet sur la gestion de la qualité sanitaire semble difficilement interprétable. Par ailleurs, si la relation définie semble linéaire, celle-ci est remise en question par des auteurs qui soulignent que la dimension physique des exploitations conditionne non pas la mise en œuvre d'une gestion de la qualité sanitaire, mais la chronologie de sa réalisation (Greene, 1973 ; Burton et al., 2003).

2.3.3.1.2. Le mode de faire valoir

Nous entendons par faire-valoir le mode de propriété des terres exploitées. Un exploitant peut être propriétaire de ses terres ou encore les louer. Le mode de faire-valoir est souligné comme étant un facteur déterminant dans la mise en œuvre de la gestion de la qualité sanitaire dans la mesure où les exploitants propriétaires sont censés entretenir une vision à long terme de la gestion de leur exploitation, contrairement aux autres exploitants (Feder et al., 1985 ; Clay et al., 1998 ; Pereira de Herrera et Sain, 1999 ; Galt, 2008).

2.3.3.1.3. La main-d'œuvre

Le facteur humain est une clef de compréhension de la gestion de la qualité sanitaire. S'investir en termes de pratiques plus respectueuses de l'environnement nécessite davantage de temps de présence et de connaissance ou d'expérience sur l'exploitation notamment pour observer l'apparition et le développement des ravageurs et des maladies sur les parcelles (Asfaw et al., 2010 ; Kersting et Wollni, 2011). Les exploitations qui souhaitent mettre en œuvre de telles pratiques doivent disposer d'une main-d'œuvre suffisante, davantage qualifiée ou expérimentée et soucieuse de les porter pour répondre à ces exigences (McNamara et al., 1991). Il est par ailleurs important de souligner que ce surcroît d'activité doit être considéré en lien avec les autres activités mises en œuvre sur les exploitations. Le besoin renforcé de main d'œuvre correspond à un temps additionnel et non à une simple réorganisation du temps de travail des actifs présents sur l'exploitation.

2.3.3.1.4. La dimension financière de l'exploitation

Une étape préalable au changement de pratiques consiste en l'établissement d'un bilan financier permettant de comparer les résultats obtenus sans évolution avec les résultats attendus en cas de changement :

- L'exploitant ne décide d'adopter une nouvelle innovation que s'il dispose des ressources financières nécessaires (Byerlee et Hesse de Polanco, 1986 ; Nowak, 1992 ; Westra et Olson, 1997 ; Clay et al., 1998 ; Okoye, 1998 ; Knowler et Bradshaw, 2007).
- L'adoption d'une nouvelle pratique repose sur l'analyse de la valorisation future estimée de celle-ci. Or, cette estimation est basée notamment sur les rendements et leur volatilité attendue suite à toute modification de pratiques (Mumford et Norton, 1984 ; Mouron et al., 2012 ; Lefebvre et al., 2014). La perspective d'un résultat aléatoire, donc potentiellement générateur de pertes, peut se traduire par l'absence de changement de pratiques par les exploitants (Nowak, 1992 ; McDonald et Glynn, 1994). Il est à noter que dans le cas où les enjeux portent sur les résidus de pesticides (LMR) ou sur la non-utilisation d'organismes de quarantaine, les rendements ne sont affectés ni en moyenne ni en variance.
- Le niveau d'endettement est souvent considéré comme déterminant dans l'adoption de nouvelles pratiques ou technologies. Mettre en œuvre des pratiques plus respectueuses de l'environnement ou adopter une certification est synonyme d'investissement et donc de recours à un crédit pour les exploitants concernés (Ervin et Ervin, 1982 ; Gould et al., 1989). Les exploitations endettées pour se mettre en conformité avec les nouvelles exigences sont sur une autre dynamique que les exploitations identiquement endettées pour d'autres motifs. Alors que les premières seront plus enclines à mettre en œuvre une meilleure gestion de la qualité sanitaire, les secondes auront un comportement opposé (McNamara et al., 1991 ; Galt, 2008).

2.3.3.1.5. Les ressources techniques

Les ressources techniques tiennent une place prépondérante dans la capacité à répondre aux exigences en termes de gestion de la qualité sanitaire (McNamara et al., 1991 ; Dörr et Grote, 2009 ; Asfaw et al., 2010 ; Kersting et Wollni, 2011). La mise en œuvre de certaines techniques est cohérente avec une meilleure gestion de la qualité sanitaire. Ainsi, l'installation d'un système d'irrigation permet d'élargir la période de production mais aussi de garantir une meilleure gestion de l'eau et donc des ravageurs et des maladies potentielles. Certaines techniques sont ainsi révélatrices d'un investissement de l'exploitant sur l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement. Avoir adopté précédemment des pratiques plus respectueuses de l'environnement facilite de surcroît l'adoption de nouvelles pratiques. Il est à noter que si certaines techniques sont considérées comme un facteur déterminant de l'adoption de ces pratiques, elles peuvent être une conséquence indirecte du potentiel de l'exploitation. Les plus grandes exploitations ont plus facilement accès au marché du crédit et à des capitaux propres leur permettant de réaliser de tels investissements. L'effet attendu de telles ressources peut alors être conditionné par la formulation du modèle mis en œuvre.

2.3.3.1.6. La diversification de la production

La diversité des productions développées sur une exploitation est un facteur déterminant de la gestion de la qualité sanitaire. Cette diversité peut être différemment interprétée selon qu'elle soit considérée sous l'angle :

- Agronomique : la diversification *intra-* ou *inter-*production permet de réduire les nuisances liées aux ravageurs grâce au renouvellement de la faune et de la flore (Mc Laughlin et Mineau, 1995 ; Altieri, 2000 ; Roschewitz et al., 2005 ; Dörr et Grote, 2009).
- Economique : la diversification des productions permet de réduire la dépendance du résultat de l'exploitation à une seule production. Les risques de pertes de revenu liés notamment aux ravageurs, maladies ou conditions climatiques sont moindres pour les exploitations les plus diversifiées (Traoré et al., 1998).

2.3.3.1.7. Le niveau de formation

Le niveau de formation est un élément clef de l'adoption d'une certification ou de la mise en œuvre de pratiques IPM (Feder et al., 1985 ; McNamara et al., 1991 ; Dörr et Grote, 2009 ; Sharma et al., 2011). Ceci tient au fait que le niveau d'éducation renvoie à de nombreuses compétences :

- Etre en mesure d'en comprendre les enjeux (Muthuraman et Sain, 2002 ; Knowler et Bradshaw, 2007 ; Lefebvre et al., 2014).

- Etre capable d'évaluer et de reconnaître les dommages potentiels liés à ses propres pratiques (Taylor et Miller, 1978 ; Ervin et Ervin, 1982 ; Korsching et al., 1983 ; Gould et al., 1989 ; Napier et Brown, 1993 ; Traoré et al., 1998).
- Etre capable de mettre en œuvre ces nouvelles pratiques (Okello, 2005 ; Galt, 2008 ; Asfaw et al., 2010 ; Kersting et Wollni, 2011).
- Etre enclin à accepter les risques liés à ces changements de pratiques (Bultena et Hoiberg, 1983).

L'importance du niveau de formation sur l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement est synthétisée comme suit : « *la capacité à percevoir, interpréter et répondre aux nouveaux éléments dans un contexte risqué* »⁵⁵ (Schultz, 1981, p. 25).

2.3.3.1.8. L'âge ou le niveau d'expérience

L'âge ou l'expérience du chef d'exploitation sont également considérés comme clefs dans la mise en œuvre de la gestion de la qualité sanitaire. Ces facteurs sont interchangeable et donc non considérés simultanément dans la mesure où l'expérience augmente avec l'âge. Ils révèlent les capacités managériales du chef d'exploitation. La littérature considère que :

- Les exploitants les plus jeunes sont plus innovants et donc plus enclins à mettre en œuvre des techniques plus respectueuses de l'environnement (Jamison et Lau, 1982 ; Fernandez-Cornejo et al., 1994 ; Fernandez-Cornejo, 1998 ; Fernandez-Cornejo et Ferraioli, 1999 ; Dörr et Grote, 2009 ; Asfaw et al., 2010 ; Kersting et Wollni, 2011 ; Sharma et al., 2011).
- Les exploitants les plus expérimentés sont les plus à même à s'adapter et à mesurer les conséquences de tout changement de pratiques (Taylor et Miller, 1978 ; Ervin et Ervin, 1982 ; Korsching et al., 1983 ; McNamara et al., 1991 ; Napier et Brown, 1993 ; Traoré et al., 1998).

Apparaît alors une divergence d'interprétation alors même que ces deux variables sont fortement et positivement corrélées. Par ailleurs, si la plupart des hypothèses formulées pour l'âge et l'expérience sont interchangeable, au signe près, l'effet de l'âge sur la gestion de la qualité sanitaire n'est pas linéaire. L'âge du chef d'exploitation peut traduire implicitement une préférence pour le présent ou le futur. Les exploitants en âge de partir à la retraite ont une plus grande préférence pour le présent et sont moins enclins à adopter des pratiques plus respectueuses de l'environnement (Gould et al., 1989). Toutefois, selon qu'une reprise de l'exploitation soit envisagée ou pas, cette relation peut être relativisée (Norris et Batie, 1987). La reprise familiale peut se traduire par une volonté de préserver un capital et donc d'augmenter la propension des exploitants à mettre en œuvre des pratiques plus respectueuses de l'environnement. L'adoption de ces dernières nécessite toutefois que les générations en présence aient une même vision de long terme de la gestion de la qualité sanitaire (Carlson et Dillman, 1983 ; Warriner et Moul, 1992).

⁵⁵ « the ability to perceive, interpret, and respond to new events in the context of risk »

2.3.3.1.9. Exercer une activité hors exploitation

Au-delà du niveau de formation du chef d'exploitation ou de son âge, le fait que celui-ci exerce, ou non, une activité hors de son exploitation influence la façon dont il gère la qualité sanitaire (McNamara et al., 1991 ; Fernandez-Cornejo et al., 1994 ; Fernandez-Cornejo et Ferraioli, 1999 ; Dörr et Grote, 2009 ; Kersting et Wollni, 2011 ; Sharma et al., 2011). Une double interprétation de cette activité hors exploitation peut être proposée :

- Les exploitants qui disposent d'une activité hors exploitation bénéficient d'un complément de revenu qui peut leur permettre de réaliser certains investissements nécessaires à l'adoption de pratiques ou de techniques plus respectueuses de l'environnement (Clay et al., 1998 ; Galt, 2008).
- Exercer une activité extérieure se traduit également par une moins grande disponibilité de l'exploitant sur son exploitation (Gould et al., 1989).

L'effet ambigu de cette activité extérieure sur la gestion de la qualité sanitaire a été synthétisé comme suit : « *Avoir une source complémentaire de revenu peut se traduire par des ressources supplémentaires pour la conservation ou, de façon concomitante, par une perte d'intérêt pour l'activité agricole au sein du ménage, réduisant ainsi l'intérêt de conservation* »⁵⁶ (Knowler et Bradshaw, 2007).

2.3.3.1.10. Perception de l'innovation

Toutes choses égales par ailleurs, tous les producteurs n'ont pas la même perception d'une même innovation, les mêmes attitudes, ni le même comportement face à son arrivée. Développer de nouvelles pratiques sous-tend de faire face à des risques en termes notamment technologiques. Le choix d'adopter de nouvelles pratiques dépend donc du degré d'aversion au risque de l'exploitation. De nombreux auteurs soulignent que les exploitants les plus avertis au risque sont les plus enclins à utiliser les produits phytosanitaires de façon intensive (Binswanger et al., 1980 ; Feinerman et al., 1992 ; Adsadpur, 2011).

Une des difficultés est de mesurer cette aversion qui conditionne la mise en œuvre de la gestion de la qualité sanitaire et d'identifier les sources de risque (Taylor et Miller, 1978 ; Ervin et Ervin, 1982 ; Fernandez-Cornejo et al., 1994). L'aversion au risque renvoie à de nombreux aléas d'origine agronomique, économique, environnemental ou sanitaire :

- L'aléa agronomique renvoie à la variation du rendement lié à tout changement de pratiques. Toute modification de celle-ci a des répercussions directes sur les rendements et donc le revenu des exploitants. Cet aléa peut être apprécié *via* les craintes déclarées par les producteurs en termes de maladies ou de ravageurs sur leur récolte (Bultena et Hoiberg, 1983 ; Feder et al., 1985 ; Marra et al., 2003 ; Lefebvre et al., 2014).
- L'aléa économique repose sur les écarts en termes de bénéfices et de coûts entre les pratiques en cours et les nouvelles pratiques à mettre en œuvre (Rogers, 1962 ; Byerlee et

⁵⁶ « Alternative income sources could provide additional resources for conservation or, concomitantly, diminish the priority of agriculture within the household, thereby reducing interest in conservation ».

Hesse de Polanco, 1986 ; McDonald et Glynn, 1994). Or, ces estimations sont incertaines dans la mesure où elles reposent sur des perceptions de rendements (Napier et Brown, 1993 ; Traoré et al., 1998 ; Somda et al., 2002).

- L'aléa environnemental repose essentiellement sur la perception de la dégradation des sols et l'implication de celle-ci sur la productivité de long terme de l'exploitation. Dès lors que les impacts en termes de productivité sont perçus par les exploitants comme significatifs, ceux-ci sont davantage enclins à mettre en œuvre des pratiques et techniques plus respectueuses de l'environnement (Ervin et Ervin, 1982 ; Rahm et Huffman, 1984 ; Gould et al., 1989 ; Westra et Olson, 1997 ; Traoré et al., 1998). Ainsi, la sensibilité des exploitants au regard notamment de l'érosion du sol est un facteur clef conditionnant la mise en œuvre de pratiques ou techniques plus respectueuses de l'environnement (Carlson et Dillman, 1983 ; Gould et al., 1989 ; Warriner et Moul, 1992 ; Napier et Brown, 1993 ; Okoye, 1998 ; Traoré et al., 1998 ; Somda et al., 2002 ; Knowler et Bradshaw, 2007).
- La perception qu'ont les exploitants des conséquences de leurs pratiques sur leur santé est un autre facteur conditionnant la mise en œuvre de pratiques ou techniques plus respectueuses de l'environnement (Traoré et al., 1998 ; Li, 2002 ; Deng et al., 2003 ; Zhou et al., 2011).

La souscription à une assurance récolte peut être perçue comme une proxy de l'aversion au risque de l'exploitant (Fernandez-Cornejo et al., 1994). Les exploitants les plus averses sont traditionnellement ceux dont l'utilisation des produits phytosanitaires est la plus intensive (Binswanger et al., 1980 ; Feinerman et al., 1992 ; Smith et Goodwin, 1996 ; Adsadpur, 2011). En effet, les produits phytosanitaires sont considérés par les exploitants comme un élément de stabilité du revenu en permettant d'une part d'augmenter la moyenne des rendements et d'autre part de diminuer leur variation (Horowitz et Lichtenberg, 1993b ; Chakir et Hardelin, 2009 ; Enjolras et Sentis, 2011 ; Enjolras et al., 2014). Il est à noter que l'assurance récolte ne permet pas directement à l'exploitant de compenser financièrement les pertes de rendement éventuelles liées à un changement de pratique. En effet, les assurances ne compensent que les pertes causées directement par un événement d'origine naturelle. Toutefois, si les effets de ces aléas climatiques sont davantage importants sur certaines exploitations, notamment du fait de pratiques aggravant indirectement les dommages, celles-ci pourraient malgré tout être indemnisées. C'est dans ce cadre que s'inscrit le Fonds National Agricole de Mutualisation du Risque Sanitaire et Environnemental (FMSE). L'affiliation à ce fonds est obligatoire. Il vise à « *donner la priorité à la prévention : en indemnisant des pertes économiques dues aux mesures de lutte, nous pouvons accompagner des politiques sanitaires indispensables pour protéger [les] cheptels et [les] cultures, et pour maintenir [les] marchés extérieurs* »⁵⁷. Concrètement, le FMSE permet d'indemniser les agriculteurs notamment des préjudices subis par des organismes nuisibles. Les coûts liés à l'arrêt de la production sont ainsi pris en charge. Par exemple, dans le cas du puceron à l'origine du Plum Pox Virus qui affecte les arbres de type prunus (pêcher, abricotier...), dès lors que les mesures obligatoires de prospective ont été mises en œuvre, sans avoir toutefois permis de sauver les arbres ou la parcelle, le FMSE indemnise les agriculteurs.

⁵⁷ <http://www.fmse.fr>

Au-delà des facteurs endogènes identifiés par la littérature comme conditionnant la décision d'adopter des innovations environnementales, l'importance de l'environnement est également soulignée.

2.3.3.2. Les facteurs exogènes

Les pratiques des exploitants sont conditionnées par l'environnement, à entendre au sens large, dans lequel ils évoluent (Knowler et Bradshaw, 2007).

2.3.3.2.1. Interdépendance avec l'aval de la filière

Le comportement des exploitants en termes d'utilisation plus ou moins intensive des produits phytosanitaires est conditionné par les exigences imposées par les autres maillons de la filière et plus précisément par l'aval. Les exigences varient d'un produit à l'autre, d'une destination à l'autre et d'un acheteur à l'autre au sein d'un même pays et pour un même produit. Les producteurs doivent alors s'adapter pour se mettre en conformité avec les différentes exigences.

Comme spécifié précédemment, toute exportation à destination d'un pays de l'Union Européenne implique le respect de l'accord sur l'application des normes sanitaires et phytosanitaires. Cet accord exige notamment que les productions entrant sur le territoire européen répondent à certains critères considérés comme « *nécessaire(s) pour protéger la vie et la santé des personnes et des animaux et préserver les végétaux* ». Cette réglementation définit ainsi des mesures qui doivent être « *nécessaires et justifiables* » (OMC, 1995).

De la même façon, pour exporter vers l'Union Européenne, les producteurs doivent répondre à des règles de traçabilité et d'hygiène pour les denrées alimentaires. La présence de résidus de pesticides, les médicaments vétérinaires ou encore les contaminants dans et sur les aliments doivent répondre à des règles strictes. Ces règles forment un premier niveau d'exigence qui est par ailleurs renforcé par des exigences privées lorsque celles-ci jugent les premières insuffisantes. L'ensemble de ces exigences a des conséquences directes sur les pratiques des producteurs qui doivent se mettre en conformité pour vendre leur production. Cette interdépendance entre exigences et mise en conformité est parfois considérée dans la littérature à partir de la destination de la production. Destiner sa production à un marché dont les exigences sanitaires sont plus élevées se traduit par une meilleure gestion de la qualité sanitaire par le producteur (Galt, 2008 ; Souza Monteiro et Caswell, 2009 ; Zhou et al., 2011).

Au-delà de la destination et des exigences sanitaires et phytosanitaires auxquelles doivent répondre les producteurs, les arrangements contractuels conditionnent également les pratiques en termes de gestion de la qualité sanitaire mises en œuvre par les exploitants. Alors que certains considèrent cette relation contractuelle à travers la signature d'un contrat à terme (McNamara et al., 1991), la plupart des études considèrent le fait que producteur soit engagé dans l'adoption du cahier des charges GlobalGap (Vandeman et al., 1994 ; Souza Monteiro et

Caswell, 2009 ; Kersting et Wollni, 2011). De façon générale, il y a relation contractuelle dès lors que « *la décision de la gestion des ravageurs est contrôlée ou spécifiée par le transformateur ou un acheteur avec lequel le producteur a un contrat de commercialisation ou de production pour ses produits* »⁵⁸ (Vandeman et al., 1994, p. 17).

Les arrangements contractuels traduisent des niveaux plus ou moins élevés d'exigences et donc des incitations plus ou moins fortes pour le producteur à y répondre. Ainsi, vendre sa production sous marque collective permet au producteur d'être inséré dans un circuit de commercialisation qui lui assure l'écoulement d'une partie de sa production. Il est davantage investi dans les pratiques qu'il met en œuvre pour s'assurer d'être en conformité avec le cahier des charges auquel la marque se réfère (Zhou et al., 2011).

2.3.3.2.2. Appartenance à un groupe

Au-delà de l'interaction entre le producteur et l'aval de la filière, la littérature souligne l'importance de la coordination entre les acteurs mais également le besoin pour les producteurs d'être insérés dans un réseau, qu'il soit formel ou informel. Le réseau est considéré comme un moyen d'accéder à de l'information et ainsi pallier les éventuelles barrières à l'échange (Muthuraman et Sain, 2002). Le nonaccès à l'information, quelle que soit la source de diffusion, est considéré comme un frein à l'adoption de pratiques ou de techniques dans la mesure où cet accès est notamment coûteux en termes de temps (Warner, 1974 ; Nowak, 1992 ; Westra et Olson, 1997).

Les **réseaux informels** englobent les sources de diffusion de l'information comme les médias, les magazines, la famille ou encore le voisinage (Bultena et Hoiberg, 1983 ; Warriner et Moul, 1992 ; Saltiel et al., 1994 ; Bonabana-Wabbi, 2002 ; Palis et al., 2002 ; Somda et al., 2002 ; Barrera et al., 2005 ; Asghari et Hadi, 2009 ; Sharma et al., 2011). Le réseau familial ou le voisinage permettent non seulement de diffuser l'information relative aux techniques ou aux pratiques mais aussi aux non-adoptants d'en évaluer les contraintes et les débouchés sur la base des retours d'expérience des adoptants (Adsadpur, 2011). Ces derniers peuvent ainsi établir des recommandations aux non-adoptants (Pereira de Herrera et Sain, 1999).

Au-delà des réseaux informels, les **réseaux formels** tiennent une place incontournable dans la mise en œuvre de pratiques ou l'adoption de techniques plus respectueuses de l'environnement. L'organisation entre les producteurs et les groupements de producteurs est considérée comme moteur de la diffusion de l'information et donc comme un facteur de meilleure gestion de la qualité sanitaire. Ce facteur est pris en compte dans de nombreux travaux à travers notamment l'appartenance à un groupe, quel que soit le mode organisationnel interne (Galt, 2008 ; Souza Monteiro et Caswell, 2009 ; Kersting et Wollni, 2011).

⁵⁸ «Where pest management decisions are controlled/specified by the processor, produce company, or other buyer with whom the producer has a marketing or production contract for the commodity”.

Le premier élément clef de diffusion de l'information consiste à faire prendre conscience aux exploitants des enjeux liés à la gestion de la qualité sanitaire. L'appartenance à un groupe est alors supposée avoir un impact positif sur la gestion de la qualité sanitaire mise en œuvre par les producteurs (McDonald et Glynn, 1994 ; Traoré et al., 1998). En effet, le groupe permet de diffuser, en temps voulu, l'information aux producteurs compte-tenu notamment de leurs spécificités productives (Traoré et al., 1998). Ce groupe peut revêtir différentes formes : groupement de producteurs, membre d'un groupe expérimental sur l'utilisation de techniques ou l'adoption de pratiques ou encore producteurs sous une même marque collective.

En intégrant un groupement de producteurs, l'agriculteur retire de nombreux avantages, au-delà du seul écoulement de sa production. En effet, le groupe « *assiste(nt) également les producteurs dans la conduite concrète de leurs cultures* » (Bonnaud et al., 2012). Cet appui passe notamment par la mise à disposition d'un état des lieux actualisé des produits homologués ainsi que des doses autorisées correspondantes.

Le groupe informe notamment sur les enjeux environnementaux à long terme de pratiques ou techniques plus respectueuses de l'environnement. Le groupe peut également mettre à disposition des conseils techniques. Par l'intermédiaire du technicien, le producteur bénéficie de conseils et recommandations techniques et/ou agronomiques qui le guident vers une meilleure gestion de la qualité sanitaire de sa production.

Dans certains cas, le producteur transfère ses droits décisionnels au groupe qui encadre de façon stricte les traitements phytosanitaires réalisés par le producteur (Codron et al., 2017). Enfin, en intégrant un groupe, le producteur peut bénéficier de formations adaptées et disposer d'informations en termes notamment de gestion de la qualité sanitaire.

Les producteurs membres d'un groupe bénéficient d'un appui technique et agronomique qui les incite à mettre en œuvre une meilleure gestion de la qualité sanitaire. Il existe ainsi une différence de comportement entre les producteurs isolés et les producteurs membres d'un groupe. Il ressort toutefois une différence de comportement en termes de gestion de la qualité sanitaire entre les producteurs membres d'un groupe selon la taille du groupe auquel ils appartiennent (Souza Monteiro et Caswell, 2009) et la durée de la relation qui les lie au groupe (Asfaw et al., 2010). Le comportement des producteurs répond à une logique que nous pourrions qualifier de séquentielle et progressive. Les exploitants sont plus enclins à mettre en œuvre une meilleure gestion de la qualité sanitaire dès lors qu'ils font partie d'un groupe, et ils s'y investissent d'autant plus que leur lien au groupe est durable dans le temps.

2.3.3.2.3. Facteurs climatiques

« *On ne traite pas quand on veut, mais quand on peut* » (Flandin, 1983).

Indépendamment des caractéristiques structurelles et financières des exploitations, des caractéristiques individuelles des exploitants ou encore des relations établies avec les différents maillons de la filière, la gestion de la qualité sanitaire dépend des conditions climatiques (Houmy, 1994 ; Rosenzweig et al., 2001 ; Koleva et al., 2009). Il a été montré par exemple que les zones les plus humides favorisent le développement de pathogènes (Galt, 2008). De la même façon, en viticulture, la pluviométrie influe sur le développement de la plante en la rendant plus vulnérable et sensible aux ravageurs et aux maladies (Shoemaker, 1979). Les facteurs climatiques sont soulignés comme incontournables à prendre en compte à un niveau local fin d'analyse (Horowitz et Lichtenberg, 1993 ; Houmy, 1994 ; Mishra et al., 2005 ; Koleva et al., 2009). Toutefois, obtenir de telles données s'avère souvent difficile. Elles sont alors souvent approchées par la localisation géographique (Sharma et al., 2015).

2.3.3.2.4. Autres facteurs

La plupart des travaux portent sur l'analyse de l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement dans le cadre d'une production donnée et dans un contexte particulier. De ce fait, l'analyse d'éléments relatifs à l'environnement est commune à toutes les exploitations et donc non prise en compte dans les études. Considérer ces facteurs prend tout son sens dès lors que deux contextes, ou deux produits, sont comparés (Codron et al., 2014). Ils permettent alors de voir dans quelle mesure l'environnement a un impact sur la gestion de la qualité sanitaire mise en œuvre par les exploitants.

2.3.3.3. Synthèse des déterminants de l'adoption d'innovations environnementales

L'ensemble des déterminants de l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement est synthétisé dans la Table 3. Pour chacune des hypothèses, sont mentionnées les variables retenues, leur interprétation éventuelle, leur signe attendu et les principales références bibliographiques qui s'y rattachent.

Table 3. Synthèse des déterminants de l'adoption d'innovations environnementales

Paramètre étudié	Signe attendu sur l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement	Références
Facteurs endogènes		
<i>Surface exploitée</i>		
Capital	+	Feder et al. (1985) ; Norris et Batie (1987) ; Okello (2005) ; Chemnitz (2007) ; Galt (2008) ; Asfaw et al. (2010) ; Sharma et al. (2011) ; Zhou et al. (2011) ; Burton et al. (2003)
Economies d'échelle	+	Belknap et Saue (1988) ; Caswell et al. (2001) ; Henson et Loader (2001) ; Khanna (2001) ; Daberkow et McBride (2003) ; Vorley et Fox (2004) ; Jaffee et al. (2005) ; Weil (1970) ; Feder et al. (1985)
Capacités managériales	+	Gould et al. (1989) ; Fernandez-Cornejo et al. (1994) ; Traoré et al. (1998) ; Fernandez-Cornejo et Ferraioli (1999)
Accès au crédit	+	Just et al. (1980) ; Feder et al. (1985) ; Fernandez-Cornejo et al. (1994) ; Fernandez-Cornejo et Ferraioli (1999)
Importance relative de la main-d'œuvre familiale	-	Clay et al. (1998)
Mode de faire valoir : être propriétaire		
Vision de long terme	+	Feder et al. (1985) ; Clay et al. (1998)
Accès au crédit	+	Schultjer et Van der Veen (1977) ; Feder et al. (1985)
Main d'œuvre		
Surcroît d'activité	+	Asfaw et al. 2010) ; Kersting et Wollni (2011) ; McNamara et al. (1991)
Dimension financière de l'exploitation		
Ressources financières	+	Knowler et Bradshaw (2007) ; Byerlee et Hesse de Polanco (1986) ; Nowak, (1992) ; Westra et Olson (1997) ; Clay et al. (1998) ; Okoye (1998)
Résultat attendu	+	Mumford et Norton (1984) ; Mouron et al. (2012) ; Lefebvre et al. (2014) ; Nowak (1992) ; McDonald et Glynn (1994)
Niveau d'endettement		
Anticipation d'une meilleure gestion de la qualité sanitaire	+	McNamara et al. (1991) ; Galt (2008)
Autre motif d'endettement	-	Ervin et Ervin (1982) ; Gould et al. (1989)
Ressources techniques		
Techniques de pointe	+	McNamara et al. (1991) ; Dörr et Grote (2009) ; Asfaw et al. (2010) ; Kersting et Wollni (2011)
Capacités managériales	+	McNamara et al. (1991) ; Dörr et Grote (2009) ; Asfaw et al. (2010) ; Kersting et Wollni (2011)
Diversification / Spécialisation		
Diversification agronomique	+	Mc Laughlin et Mineau (1995) ; Altieri (2000) ; Roschewitz et al. (2005) ; Dörr et Grote (2009)
Diversification économique		
Moindre dépendance du revenu à une production	+	Traoré et al. (1998)
Moindre sensibilité aux problèmes environnementaux	-	Traoré et al. (1998)

Paramètre étudié	Signe attendu sur l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement	Références
Niveau de formation		
Capacité à reconnaître et évaluer les dommages potentiels	+	Feder et al. (1985) ; McNamara et al. (1991) ; Dörr et Grote (2009) ; Sharma et al. (2011) ; Taylor et Miller (1978) ; Ervin et Ervin (1982) ; Korsching et al. (1983) ; Gould et al. (1989) ; Napier et Brown (1993)
Acceptation des risques liés à tout changement de pratiques	+	Bultena et Hoiberg (1983) ; Schultz (1981)
Age/expérience		
Capacités managériales	+	Jamison et Lau (1982) ; Fernandez-Cornejo et al. (1994) ; Fernandez-Cornejo (1998) ; Fernandez-Cornejo et Ferraioli (1999) ; Dörr et Grote (2009) ; Asfaw et al. (2010) ; Kersting et Wollni (2011) ; Sharma et al. (2011)
Capacité à mesurer les conséquences liées à un changement	+	Taylor et Miller (1978) ; Ervin et Ervin (1982) ; Korsching et al. (1983) ; McNamara et al. (1991) ; Napier et Brown (1993) ; Traoré et al. (1998)
Reprise de l'exploitation		
Concordance inter-générationnelle	+	Norris et Batie (1987)
Discordance inter-générationnelle	-	Carlson et Dillman (1983) ; Warriner et Moul (1992)
Activité hors exploitation		
Complément de revenu	+	Clay et al. (1998) ; Galt (2008)
Moins grande disponibilité en temps sur l'exploitation		
Mise en jachère	+	Clay et al. (1998) ; Galt (2008)
Capacité à accepter une volatilité des rendements et du revenu	+	Mumford et Norton (1984) ; Feder et al. (1985) ; Knowler et Bradshaw (2007)
Moindre investissement sur l'exploitation	-	Gould et al. (1989)
Perceptions des exploitants		
Aléa économique	-	Rogers (1962) ; Byerlee et Hesse de Polanco (1986) ; McDonald et Glynn (1994) ; Somda et al. (2002) ; Napier et Brown (1993) ; Traoré et al. (1998)
Aléa environnemental	+	Ervin et Ervin (1982) ; Rahm et Huffman (1984) ; Gould et al. (1989) ; Westra et Olson (1997) ; Traoré et al. (1998)
Aléa en termes de santé	+	Traoré et al. (1998) ; Li (2002) ; Deng et al. (2003) ; Zhou et al. (2011)
Aléa agronomique	-	Aubert et al., (2013a)
Souscription à une assurance récolte	+	Fernandez-Cornejo et al. (1994) ; Lefebvre et al., (2014)
Environnement dans lequel évolue l'exploitant		
Interdépendance avec l'aval de la filière		
Zone de destination exigeante	+	Galt (2008) ; Souza Monteiro et Caswell (2009) ; Zhou et al. (2011)
Arrangements contractuels	+	McNamara et al. (1991) ; Fernandez-Cornejo et al. (1994) ; Souza Monteiro et Caswell (2009) ; Kersting et Wollni (2011)
Marque collective	+	Zhou et al. (2011)
Appartenance à un groupe		
Réseau informel	+	Bultena et Hoiberg (1983) ; Warriner et Moul (1992) ; Saltiel et al. (1994) ; Bonabana-Wabbi (2002) ; Palis et al. (2002) ; Somda et al. (2002) ; Barrera et al. (2005) ; Asghari et Hadi (2009) ; Sharma et al. (2011)

Paramètre étudié	Signe attendu sur l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement	Références
Réseau formel		
Accès à de l'information	+	Adsadpur (2011) ; Pereira de Herrera et Sain (1999)
Accès à de la formation	+	Traoré et al. (1998)
Accès à des techniciens conseils	+	McDonald et Glynn, (1994) ; Traoré et al., (1998)
Accès à des synthèses actualisées	+	Adsadpur (2011) ; Pereira de Herrera et Sain (1999) ; Traoré et al. (1998)
Facteurs climatiques		
Aléas climatiques favorisant l'apparition de maladies ou le développement de ravageurs	-	Houmy (1994) ; Rosenzweig et al. (2001) ; Koleva et al. (2009)

Source : Représentation personnelle.

Le corpus empirique qui fonde la présente réflexion repose sur différentes quantifications de l'utilisation des produits phytosanitaires. Celui-ci est d'autant plus riche qu'il considère des contextes – produits, pays, période – différents mais aussi des sources de données différentes. Cette richesse empirique souligne l'importance des facteurs endogènes et exogènes dans la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement par les producteurs. Les quantifications des indicateurs d'utilisation des produits phytosanitaires peuvent être directes – degré d'utilisation des produits phytosanitaires – ou indirectes – adoption d'un certificat. Il est à noter que la plupart des travaux considèrent l'un ou l'autre des indicateurs et rarement les deux. Certains travaux ont ainsi mis en évidence le fait que l'adoption d'une certification est à mettre en perspective avec des volumes dédiés à des marchés spécifiques, en l'occurrence les volumes dédiés au marché anglais (Souza Monteiro et Caswell, 2009). D'autres travaux ont encore considéré l'adoption d'une certification de type Agriculture Biologique comme une des formes extrêmes de mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement (Shennan et al., 2001).

Quelle que soit l'étude considérée, les auteurs définissent les facteurs déterminants de l'utilisation des produits phytosanitaires au niveau de la production et plus précisément au niveau de l'exploitation. De la même façon, toutes considèrent des modélisations définies en coupe transversale. Les données mobilisées font référence à une période particulière. Enfin, un dernier point commun à ces études est le fait que toutes considèrent les stratégies productives indépendamment des autres stratégies, et plus précisément de la stratégie commerciale. Si ces proximités permettent de construire un corpus et de le rendre cohérent, elles laissent entrevoir de nombreuses possibilités d'enrichissement.

Les travaux menés dans le cadre de cette thèse s'inscrivent dans la réflexion autour de plusieurs positionnements et souhaitent faire progresser les réflexions menées en considérant les différentes interrogations suivantes :

- Est-ce que le comportement des producteurs en termes pratiques plus respectueuses de l'environnement est immuable ? Quelle dynamique individuelle observe-t-on en termes d'utilisation des produits phytosanitaires ?
- Les pratiques de production sont-elles cohérentes d'un produit à l'autre, d'une parcelle à l'autre ? Le niveau d'analyse à l'échelle de l'exploitation est-il pertinent pour traiter la question de la réduction des produits phytosanitaires ?
- Peut-on considérer la stratégie productive comme indépendante de la stratégie commerciale ? Quelle interaction peut-on définir entre ces deux stratégies ?

3. Originalité et apports des travaux réalisés

La réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires est un des enjeux fondamentaux en agriculture. Cet enjeu n'est évidemment pas le seul lié à l'utilisation des produits phytosanitaires. Cette utilisation renvoie à des enjeux en termes de respect : des LMR (Limites Maximales des Résidus), des molécules autorisées, des cahiers des charges des distributeurs et des éventuelles contraintes liées aux organismes de quarantaine sur certains marchés. Du fait des enjeux sous-tendus par le plan EcoPhyto 2 ainsi que des exigences croissantes des consommateurs en termes de réduction de pesticides, nous privilégions dans le cadre de ce travail doctoral l'étude de la réduction des produits.

De nombreux travaux se sont attachés à identifier les déterminants, au niveau des exploitations, de la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement. Sur la base du corpus empirique constitué, nous avons pu mettre en évidence certaines lacunes auxquelles la présente recherche vise à répondre. Plus précisément, peut-on considérer qu'il existe une trajectoire individuelle des pratiques ? L'analyse des pratiques est-elle pertinente au niveau des exploitations ? Peut-on dissocier la stratégie productive des autres stratégies et notamment de la stratégie commerciale ? C'est pour répondre à ces interrogations que les travaux présentés dans le cadre de ce travail doctoral ont été réalisés. Ainsi, chacun des travaux vise à prendre en compte une des dimensions non abordées par la littérature. Pour ce faire, il a fallu mobiliser des données de panel afin de prendre en compte la dynamique des exploitations, des données définies au niveau parcellaire afin d'appréhender les pratiques au niveau le plus fin et enfin des données combinant stratégie commerciale et productive pour rendre compte de la potentielle interdépendance de ces stratégies par les producteurs.

Correctement appréhender la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement nécessite de considérer différentes mesures, définies dans des contextes différents, sur la base de conventions établies et qui reposent sur des jeux de données variés. Ainsi, pour chacun des travaux réalisés, nous explicitons la mesure considérée et plus précisément son originalité notamment au regard des données mobilisées et du contexte -

pays, produits - dans lequel s'inscrit la recherche. Quelle que soit l'étude considérée, la problématique reste cohérente avec le corpus empirique construit et pose la question de l'adoption, par certains producteurs, de pratiques plus respectueuses de l'environnement. L'adoption d'innovations est conditionnée d'une part par les caractéristiques endogènes des exploitants et de leur exploitation (Hypothèse 1) et d'autre part par l'environnement dans lequel ils évoluent (Hypothèse 2). Tout l'enjeu est alors de tester ces hypothèses en considérant des mesures, des jeux de données et des contextes différents. Avant de présenter chacune des études réalisées, une étape préalable de définition des contextes considérés (Sous-Section 3.1) et des bases de données mobilisées s'impose (Sous-Section 3.2). Ensuite, la déclinaison des hypothèses en propositions testables, la spécification de la mesure et des modèles économétriques sont explicitées afin de mieux comprendre la portée des résultats obtenus (Sous-Section 3.3).

3.1. Contextes

3.1.1. Production issue de l'Union Européenne

Après les Etats-Unis et l'Inde, la France est le troisième pays consommateur de produits phytosanitaires (Aubertot et al., 2005). De ce fait, la France est un terrain d'étude privilégié. Le contexte français répondant à des exigences harmonisées au niveau européen, le niveau des exigences imposé au niveau national permet de satisfaire les exigences minimales européennes. Cette harmonisation permet donc aux producteurs de pouvoir accéder *a minima* aux différents marchés de l'Union Européenne.

En France, le secteur viticole est d'autant plus intéressant à étudier qu'il est l'un des secteurs les plus consommateurs de produits phytosanitaires. Alors que le secteur viticole représente, en 2006, 4 % de la surface agricole, il consomme 14 % des produits phytosanitaires avec des dépenses en produits phytosanitaires de l'ordre de 400 € à l'hectare. A titre indicatif, les dépenses réalisées en grandes cultures, arboriculture et horticulture sont respectivement de l'ordre de 134 €, 590 € et 527 € à l'hectare. Par ailleurs, alors que les grandes cultures représentent 45,7 % de la surface et le maraîchage et l'arboriculture moins de 1 %, les dépenses en phytosanitaires représentent respectivement 67,4 %, 4,7 % et 5,2 % (Butault et al., 2011).

Les études réalisées dans le cadre français s'inscrivent dans le cadre du projet Précovision (2008-2013)⁵⁹ et de l'ANR ILLIAD⁶⁰. Un des objectifs relatif à la réduction des produits phytosanitaires dans la viticulture française était de comprendre les caractéristiques individuelles des viticulteurs ainsi que les caractéristiques structurelles de leur exploitation qui conditionnent l'utilisation faite des intrants chimiques. Dans ce cadre, la destination de la production n'a pas été prise en compte. L'hypothèse sous-jacente posée est que la destination de la production ne conditionne pas les pratiques mises en œuvre par les producteurs. En effet, s'il existe des niveaux de LMR définis pour les raisins, il n'en existe pas encore sur le vin⁶¹ ⁶². Par ailleurs, il est supposé que les exploitants adoptent des pratiques au niveau de leur exploitation et non au niveau de la parcelle, sachant que certaines peuvent être dédiées à une destination spécifique.

3.1.2. Production Turque à destination de l'Union Européenne

L'étude réalisée s'est inscrite dans le cadre du projet européen SustainMed (2010-2012)⁶³. L'objectif était d'analyser la diversité des dispositifs de management de la qualité sanitaire mise en place par les producteurs méditerranéens de fruits et légumes, pour se conformer aux standards publics et privés, nationaux et internationaux, et avoir ainsi accès aux marchés domestiques et de l'exportation.

La Turquie est un terrain d'étude privilégié puisqu'elle présente des exigences nationales moins restrictives que celles imposées par les marchés d'exportation mais qu'elle s'inscrit dans une volonté de mise en conformité avec les exigences internationales, et notamment le marché européen.

Afin de comprendre plus précisément dans quel environnement évoluent les producteurs turcs, il apparaît indispensable de repositionner les différentes périodes de changements observés depuis le milieu des années 1980 (Alpas et al., 2010 ; Lemeilleur et Codron, 2011 ; Codron et al., 2012, 2014). Plus précisément, trois grandes périodes nous semblent ressortir. Les principales directives et régulations sont ici présentées par ordre chronologique et synthétisées par la Figure 12.

⁵⁹ Ce projet analysait l'utilisation des produits phytosanitaires en viticulture. Un des objectifs était de comprendre les caractéristiques individuelles des viticulteurs et les caractéristiques structurelles de leur exploitation qui conditionnent l'utilisation faite des intrants chimiques.

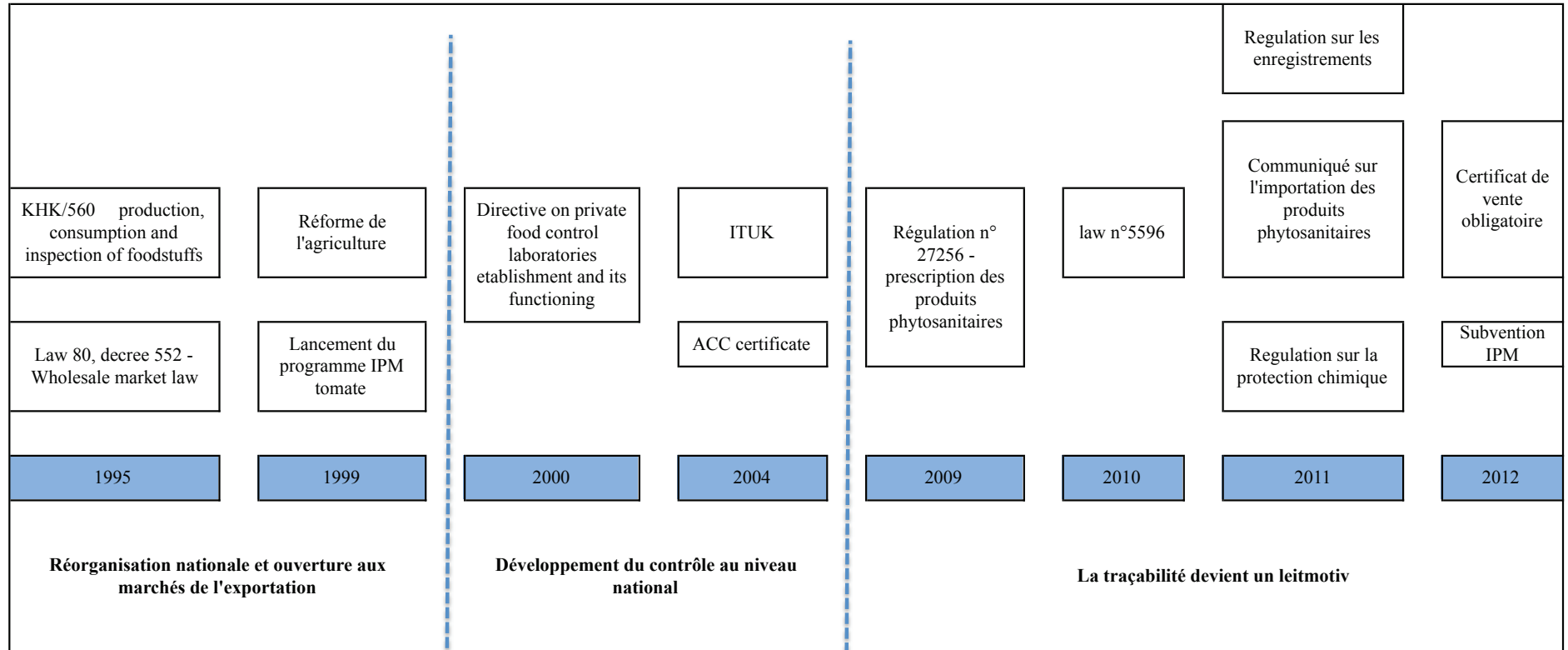
⁶⁰ ILLIAD: Initiatives Locales ou Localisées Innovantes pour une Alimentation Durable. L'objectif de cette ANR est d'analyser les modes de commercialisation des fruits à noyaux (et plus précisément les pêches et les abricots) en considérant des modes alternatifs plus respectueux de l'environnement et davantage en adéquation avec les exigences de marché.

⁶¹ <http://www.larvf.com/pesticides-vin-analyse-produits-phytosanitaires-normes-europeennes,10343,4024062.asp>

⁶² <http://www.labexcell.com/residus-de-pesticides-dans-les-vins-2>

⁶³ Ce projet avait pour objectif d'analyser la diversité des dispositifs de management de la qualité sanitaire mis en place par les producteurs méditerranéens de fruits et légumes, pour se conformer aux standards publics et privés, nationaux et internationaux, et ainsi avoir accès aux marchés de l'exportation et la distribution nationale moderne.

Figure 12. Dynamique turque en termes de mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement



Source : représentation personnelle

3.1.2.1. Réorganisation nationale et ouverture aux marchés de l'exportation - Du milieu des années 1980 au début des années 2000.

Dès 1995, la « law 80, decree 552 » ou « Wholesale market law » modifie le processus de commercialisation de la production de fruits et légumes frais au niveau du marché national turc. Les producteurs doivent alors passer par l'intermédiaire d'un commissionnaire pour vendre leur production sur les marchés de gros. Les producteurs dont la production est destinée à l'exportation ou à la transformation ne sont pas concernés. L'enjeu de cette loi est de permettre aux petits producteurs de valoriser davantage leur production en facilitant les transactions par l'intermédiaire de ce commissionnaire dont le montant de la commission est calculé à partir du prix de vente. Il est à noter qu'en parallèle les coopératives peuvent ne pas passer par l'intermédiaire de ce commissionnaire dès lors qu'elles comptent au moins 50 membres. Dans ce cas, le Ministère de l'Agriculture et des affaires rurales (MARA) leur délivre un « Certification d'Union Producteur »⁶⁴ qui leur permet de vendre la production sur les marchés de gros. Tout l'enjeu est ici de promouvoir une dynamique des structures collectives. Ainsi le marché des fruits et légumes frais « *a été considérablement restructure sur la base de deux nouvelles organisations commerciales pour les producteurs de fruits et legumes: les cooperatives et les commissionnaires* » (Lemeilleur et Codron, 2011, p. 274).

Cette réorganisation de la commercialisation au niveau national est à mettre en perspective avec l'ouverture vers les marchés de l'exportation. Initialement, les exportations étaient considérées comme une façon d'écouler le surplus de la production. Dès le milieu des années 1980, les acteurs publics décident de considérer les marchés d'exportation comme une façon de valoriser davantage la production. Cette réflexion est plus particulièrement vraie pour le marché des fruits et légumes frais qui représente un marché à forte valeur ajoutée. Des mesures d'encouragement à l'exportation sont ainsi définies : les entreprises exportatrices peuvent bénéficier de remboursement d'impôts sur les exportations, elles sont exonérées de droits de douane et peuvent bénéficier de crédits pour l'exportation ou de programmes de pré-financement.

Par ailleurs, dès 1999, le MARA réalise une réforme de l'agriculture dont l'objectif est la libéralisation de l'agriculture. Dans ce cadre, la plupart des aides et des soutiens aux prix ont été diminués jusqu'à disparaître à la fin du XX^e siècle. Dans ce cadre, le gouvernement ne soutient plus les prix et ne subventionne plus les produits phytosanitaires.

En parallèle, le gouvernement souhaite se mettre en conformité avec les réglementations internationales.

1995 : Décret KHK/560 « *Production, consommation et contrôle des denrées alimentaires* ». Ce décret a pour ambition de protéger la santé publique de toutes les maladies liées à la consommation de produits alimentaires. Dans ce cadre, toutes les étapes de la production alimentaire sont soumises à une inspection.

⁶⁴ Producer Union Certificate

1997 : Code Alimentaire Turc (connu internationalement sous le nom de « Turkish Food Regulation Codex »). Cette réglementation décrit les bonnes pratiques au niveau des usines de production. Ce Codex est comparable à celui établi au niveau européen. Dans ce cadre, une liste des LMR est établie et le MARA est responsable de la définition des produits phytosanitaires autorisés. L'ensemble de ces produits doit être enregistré par le Ministère qui est responsable du contrôle des produits. En effet, à la suite du règlement européen (CE) n° 178/2002, le décret-loi KHK/560 a été modifié pour devenir une « Loi sur les denrées alimentaires » en 2004. Dans ce cadre, le Ministère de l'Agriculture turc est l'autorité compétente pour inspecter toutes les étapes de la production à la commercialisation. Il est responsable de l'inspection des produits tout au long de la chaîne.

1999 : Un programme IPM pour la production de tomates se met en place. L'objectif est de faire en sorte que les producteurs soient sensibilisés aux pratiques alternatives à la lutte chimique. Dans ce cadre, des serres témoins sont créées et des suivis hebdomadaires sont réalisés en présence de techniciens et de producteurs afin d'identifier les éventuels ravageurs et de discuter les seuils de déclenchement des traitements.

3.1.2.2. Développement du contrôle au niveau national – 2000/2009.

2000 : « Directive on private food control laboratories establishments and functioning ». Afin de réaliser les contrôles nécessaires à la garantie de la qualité sanitaire, le gouvernement turc doit pouvoir mobiliser des laboratoires de contrôle. Or, leur nombre est insuffisant et la directive établie permet alors à des laboratoires privés de pallier ce manque. Il est à noter que malgré les efforts fournis, « *il n'y a aucun contrôle officiel et sérieux concernant la sécurité alimentaire des produits frais vendus sur le marché intérieur* »⁶⁵ (Codron et al., 2012, p. 39).

2004 : Création du ITUK. Ce comité de bonnes pratiques agricoles a pour objectif de superviser les contrôles sanitaires et de réaliser le suivi des normes internationales. Tout l'enjeu est de rester compétitif par l'encouragement à la mise en œuvre de meilleures pratiques agricoles et d'être en conformité avec les exigences internationales. La certification Turkish GAP, moins contraignante que la certification Global Gap, voit le jour. Il est à noter que le processus de pré-adhésion à l'Union Européenne dans lequel s'inscrit la Turquie implique que le secteur agricole doit harmoniser ses pratiques, en termes sanitaires et phytosanitaires, avec les exigences en vigueur dans l'Union. Depuis 2001, la Turquie a anticipé la nécessité d'harmoniser sa législation avec celle de l'Europe. Un point clé de cette harmonisation a été la mise en œuvre de la traçabilité au niveau de la production à laquelle la certification Turkish Gap contribue.

2004 : les Coopératives de Crédit Agricole (ACC) sont à présent autorisées à vendre leur production grâce à l'obtention possible du certificat « Certificat d'Union Producteur ».

⁶⁵ « there is no official and serious control concerning the food safety of fresh produce sold in domestic market »

3.1.2.3. La traçabilité devient un leitmotiv.- depuis 2009

2009 : Les vendeurs de produits phytosanitaires sont désormais contrôlés. Avec la régulation n°27256, les enregistrements sont devenus obligatoires et ces vendeurs doivent conserver les informations relatives à chaque vente : qui est l'acheteur et quelle est la quantité du produit vendu.

2010 : Communiqué sur les importations de produits chimiques, Régulation des produits chimiques importés et « Régulation des enregistrements des cultures protégées »⁶⁶. Toutes ces mesures permettent de réguler l'utilisation, au niveau national et international, des produits phytosanitaires en vue de préserver l'environnement. Dans ce cadre, les produits utilisés sont davantage contrôlés et l'objectif est d'une part d'augmenter la traçabilité et d'autre part de promouvoir la mise en œuvre de meilleures pratiques agricoles. Ainsi, l'ensemble des acteurs sont concernés depuis le producteur jusqu'aux vendeurs de produits phytosanitaires et des commerçants. Désormais l'enregistrement des traitements devient obligatoire pour la vente de la production. Il est à noter que cette obligation porte essentiellement sur les produits exportés.

2010 : loi n°5596 « Food law ». Cette loi porte essentiellement sur la production et le contrôle des denrées alimentaires. L'enjeu est de contrôler et coordonner les différentes étapes du processus depuis la production jusqu'à la commercialisation. Pour ce faire, des laboratoires privés sont accrédités pour réaliser des contrôles sanitaires des produits commercialisés. A ce stade, les contrôles sont réalisés tant au niveau du processus de production qu'au niveau du produit et les acteurs publics et privés se coordonnent pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires.

2010 : loi n°5957. Les producteurs qui adoptent le label Turkish GAP bénéficient d'une réduction de 50 % des taxes imposées pour la vente au marché de gros et bénéficient de taux préférentiels.

2012 : Certification pour la vente. Tout producteur qui souhaite vendre au City Hall doit être en mesure de fournir la prescription établie pour produits phytosanitaires utilisés. Il doit en avoir la facture et avoir enregistré les traitements réalisés. En effet, les produits phytosanitaires sont accessibles uniquement sur ordonnance établie par un consultant privé ou public qui, après vérification sur la parcelle, délivre la prescription. Tout l'enjeu porte sur la traçabilité des traitements et la volonté de dissocier la prescription de la vente.

2012 : Subvention IPM pour les producteurs enregistrés dans le « Système des culture protégée »⁶⁷. Ainsi, tout producteur qui mobilise des bourdons, des prédateurs ou encore des phéromones ou des pièges peut bénéficier de subventions ainsi que de taux préférentiels établis auprès de la banque agricole ou des ACC.

La Turquie a progressivement cherché à valoriser sa production tant en termes quantitatif en répondant aux exigences internationales et en mettant en avant une production à haute valeur ajoutée, qu'en termes qualitatif en renforçant les incitations à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires et adopter de meilleures pratiques de production.

⁶⁶ « Regulation on the Registration of the Protected Cultivation »

⁶⁷ « System of Protected Cultivation »

La dynamique observée tend à aligner la qualité des produits vendus localement avec celle des produits exportés. La grande distribution joue un rôle au niveau national en exigeant un cahier des charges et donc la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement.

Si la Turquie a initialement privilégié les marchés d'exportation moins contraignants en termes d'exigences sanitaires, elle a progressivement diversifié ses marchés en accédant par ailleurs à des marchés de plus en plus exigeants. Alors que la Russie, les Balkans, la Bulgarie, l'Ukraine et l'Arabie Saoudite étaient ses principaux partenaires commerciaux, les pays de l'Europe de l'Ouest deviennent aujourd'hui également des partenaires. Il est à noter que les relations commerciales et notamment les refus à la frontière des produits turcs (en 2008 et 2009 par la Russie puis en 2010 avec l'Arabie Saoudite) ont permis de renforcer la volonté de la Turquie de s'inscrire dans la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement.

Le secteur des fruits et légumes est essentiel pour la Turquie dans la mesure où il représente près de 55 % de valeur agricole en 2009 et qu'il fait de la Turquie le plus grand exportateur mondial après les États-Unis et l'Union Européenne. La Turquie est plus spécifiquement spécialisée dans la production de tomates. Elle est le quatrième pays exportateur au monde avec plus de 450.000 tonnes exportées en 2010. La production est concentrée dans la région d'Antalya (Figure 13). Elle regroupe plus de 77 % des producteurs de tomates, 40 % de la surface cultivée, et plus de 50 % de la production est destinée à l'exportation.

Figure 13. Carte des régions turques productrices de tomates



Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Antalya>

La tomate est un produit d'autant plus intéressant à considérer que sa commercialisation repose sur des critères esthétiques forts. En maraîchage, les produits qui ne répondent pas à des critères esthétiques sont déclassés. La périssabilité, la sensibilité aux dommages par le froid et la saisonnalité de cette production en fait par ailleurs un sujet d'étude intéressant.

3.2. Données mobilisées

Différentes bases de données ont été mobilisées pour appuyer les travaux présentés. Elles sont issues de sources officielles pour les études réalisées en France et issues d'enquêtes de terrain pour celle réalisée en Turquie. Une analyse des différentes bases de données mobilisées permet non seulement d'en comprendre les enjeux et les limites mais aussi d'apprécier la mesure de l'adoption d'innovations environnementales.

3.2.1. Les données mobilisées dans le cas français

En France, de nombreuses bases de données sont collectées par le Service ministériel de la Statistique et de la Prospective (SSP). Dans le cadre des travaux menés, quatre bases de données ont été mobilisées.

Le Réseau d'Information Comptable Agricole (RICA) est une base de données relative aux caractéristiques structurelles, individuelles et financières des exploitations. Les exploitations recensées sont sélectionnées selon une stratification définie sur la base du triptyque : localisation géographique, OTEX et dimension économique. L'OTEX est l'Orientation Technique des Exploitations. Elle différencie les exploitations selon la contribution de chaque production à l'activité totale. La Marge Brute Standard (MBS) est l'indicateur de valorisation économique. Toutes les exploitations pour lesquelles au moins deux tiers de la MBS totale est issue de l'activité viticole sont dites spécialisées en viticulture. C'est sur cette population qu'a portée notre attention. Au-delà de cette stratification, seules les exploitations dites « professionnelles » ont été considérées, c'est-à-dire celles dont la MBS est supérieure à 9.600 € et qui emploient au moins une personne à plus de mi-temps. Les données mobilisées sont relatives à la période 2002-2007 pour permettre une analyse dynamique.

L'enquête relative aux pratiques culturelles. Cette enquête porte sur les pratiques mises en œuvre par les exploitants sur leur exploitation et plus précisément sur chacune de leurs parcelles. La population cible de cette enquête est l'ensemble des exploitations qui cultivent de la vigne. Une double stratification est ici adoptée. La première est relative aux exploitations et repose, comme pour le RICA, sur le triptyque : localisation géographique, OTEX et dimension économique. La seconde est relative aux parcelles. Toutes les parcelles des exploitations concernées n'ont pas été enquêtées. Les parcelles sélectionnées doivent rendre compte de la diversité des parcelles. Enfin, le nombre de parcelles enquêtées varie alors d'une exploitation à l'autre.

Le **Recensement Agricole (RA)** est une base de données exhaustive qui répertorie l'ensemble des exploitations françaises. Ce recensement, réalisé en 2010, identifie les caractéristiques structurelles et individuelles des exploitations. Il permet également de prendre en compte les activités relatives à la commercialisation et la diversification des exploitations.

Afin de prendre en compte les facteurs exogènes, et plus précisément les conditions climatiques auxquelles ont dû faire face les producteurs, l'analyse intègre des relevés de **Météo France**. Les données, collectées à des niveaux très fins, permettent de contrôler les pratiques des exploitants par rapport aux conditions climatiques qu'ils rencontrent.

Enfin, pour prendre en compte la réglementation européenne en termes d'utilisation des produits phytosanitaires, la base de données « **e-phy** » établie par le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche a été mobilisée. Pour chaque produit, dans le cadre d'une utilisation particulière, la dose homologuée est identifiée, ainsi que le nombre de traitements autorisés.

Chacune des bases de données met l'accent sur une dimension particulière de l'exploitation : dimension financière avec le RICA et dimension structurelle et individuelle avec le RA. De ce fait, chacune apporte un regard spécifique sur l'adoption d'innovations environnementales.

L'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement et plus précisément sa mesure est alors propre à chaque base de données. Celle-ci est alors définie comme suit :

- Intensité d'utilisation des produits phytosanitaires mesurée, à partir des données du RICA, par la part des dépenses en produits phytosanitaires par rapport à la surface exploitée.
- Surdose des produits phytosanitaires, mesurée en termes dichotomique selon que l'exploitant surdose ou pas ses applications, par rapport aux doses homologuées. Cette mesure repose sur le couplage des données issues de l'enquête sur les pratiques culturales et des données e-phy.
- L'adoption du label Agriculture Biologique (AB), mesuré à partir des données du RA.

3.2.2. Les données mobilisées dans le cas turc

La mesure de l'adoption d'innovations environnementales n'a pas été possible, en Turquie, sur la base de données issues de source officielle. Pour ce faire, une base de données issue d'enquêtes de terrain a dû être constituée. Les données ont été collectées en 2011 auprès de 186 producteurs de tomates sous serre, par des entretiens en face-à-face. Les exploitations ont été recensées sur la base d'un tirage aléatoire dans chacun des districts et proportionnellement au nombre total d'exploitations dans chaque district. La représentativité des exploitations est alors définie au niveau du district.

Sur la base des pratiques déclarées, un compteur des pratiques IPM a été constitué. Il nous a permis d'apprécier l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement. L'apport de ces données, comparativement aux données françaises, a été de pouvoir intégrer des éléments de compréhension spécifiques liés, d'une part à notre question de recherche et d'autre part au contexte.

3.2.3. Synthèse des données mobilisées

Les données mobilisées peuvent être synthétisées dans la Table 4.

Table 4. Descriptif des données mobilisées

	Période	Population	Nombre d'observations	Echantillonnage	Mesure de l'utilisation plus ou moins intensive des produits phytosanitaires	Pays	Produit
<i>Bases principales</i>							
Réseau d'Information Comptable Agricole	2002-2007	Ensemble des exploitations professionnelles	607 exploitations (3035 obs.)	Stratification	Dépenses / hectare en produits phytosanitaires	France	Viticulture
Enquête Pratiques Culturelles	2006	Parcelles des exploitations ayant de la vigne	5.216 exploitations	Double Stratification : exploitation et parcelle	Comparaison des doses homologuées avec les doses effectivement utilisées	France	Viticulture
Recensement Agricole	2010	Ensemble des exploitations	516.152 exploitations	Exhaustif	Adoption du label "Agriculture Biologique"	France	Tous produits
Données issues d'enquêtes de terrain	2011	Ensemble des exploitations	186 exploitations	Aléatoire et proportionnel au niveau du district	Nombre de pratiques IPM mises en œuvre	Turquie	Tomates sous serre

Source : Représentation personnelle

<i>Bases secondaires</i>		
	<i>Population</i>	<i>Pays</i>
Météo France	Communes	France
e-phy	Produits phytosanitaires	France

Source : Représentation personnelle

L'articulation de ces différentes bases de données a servi de support de réflexion et a permis d'alimenter notre pensée sur le comportement des producteurs en termes de réduction des produits phytosanitaires, dans un contexte en constante évolution.

3.3. Articulation et Apports des articles

Afin de comprendre l'apport de chaque étude à la réflexion, chacun des articles est mis en perspective avec les hypothèses formulées. Cette partie est alors construite autour des caractéristiques endogènes des producteurs (Sous-section 3.3.1) en lien avec l'environnement dans lequel ils évoluent (Sous-section 3.3.2).

3.3.1. L'adoption d'innovations est conditionnée par des facteurs endogènes

Comme mentionné précédemment, les facteurs endogènes sont considérés comme déterminants dans l'adoption d'une innovation. Dans la mesure où une littérature importante a analysé l'impact de ces facteurs sur le comportement des producteurs en termes de gestion du risque sanitaire, une analyse détaillée de ces facteurs est réalisée en Annexe 4 du document. Dans le cadre de cet exposé, notre attention se porte plus précisément sur certains facteurs spécifiques :

- La première étude⁶⁸ réalisée (Sous-Section 1.3.1.1) s'est attachée à comprendre la dynamique interne des exploitations selon leur utilisation plus ou moins intensive de produits phytosanitaires. Cette étude vise à approfondir la notion de temporalité dans le processus d'innovation. L'originalité de ce travail repose alors non seulement sur la mesure de l'innovation mais aussi sur la profondeur temporelle des données dont nous disposons.
- La seconde étude⁶⁹ (Sous-Section 1.3.1.2) s'est attachée à analyser le processus d'innovation au sein d'une même exploitation. L'hétérogénéité intra-exploitation est alors au cœur de ce travail. L'originalité porte sur la prise en compte, à notre connaissance encore jamais abordée, de cette intra-hétérogénéité.

⁶⁸ Aubert, M. et Enjolras, G. (2014) « The determinants of chemical input use in agriculture » - Journal of Wine Economics, 9(1): 75-99.

⁶⁹ Aubert, M. et Enjolras, G. (2014) « Between the approved and the actual dose: A diagnosis of pesticide overdosing in French vineyards » - Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement, 95(3): 327-350.

3.3.1.1. Le processus décisionnel d'adoption d'une innovation répond à un schéma de type "path dependency"

Comprendre la dynamique de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires nécessite d'une part de mesurer cette utilisation et d'autre part de l'apprécier à partir d'une optique temporelle.

Les données du RICA ont été mobilisées dans la mesure où elles permettent de suivre les exploitations d'une année sur l'autre. La sélection des exploitations à enquêter repose sur la stratification identifiée. Un taux de renouvellement des exploitations est par ailleurs appliqué chaque année. Les exploitations non pérennes peuvent alors correspondre tout à la fois à des exploitations sorties de l'agriculture, devenues non professionnelles, ayant changé d'OTEX ou non renouvelées. Ainsi, en 2002, 1.058 exploitations professionnelles spécialisées en viticulture (44.270 exploitations extrapolées) sont référencées tandis que 1.042 (43.015 extrapolées) sont référencées en 2007.

Le modèle économétrique sous-jacent est alors de type panel dans lequel la mesure de l'utilisation des produits phytosanitaires est de type économique.

Le RICA est une base comptable et financière qui permet, entre autres, de quantifier les dépenses en produits phytosanitaires. Afin de pallier un effet « taille », ces dépenses ont été ramenées à la surface de l'exploitation. Plus précisément, le modèle considéré est un modèle cylindré, c'est-à-dire qui prend en compte uniquement les exploitations présentes dans les fichiers toutes les années depuis 2002 jusqu'en 2007. Ce sont ainsi 607 exploitations professionnelles spécialisées en viticulture qui ont pu être suivies. L'échantillon final est alors constitué de 3.642 exploitations.

Le modèle mis en œuvre est un modèle à effets aléatoires. En effet, seules les exploitations professionnelles sont recensées. De ce fait, la population n'est pas exhaustive, ce qui justifie l'utilisation d'un tel modèle (Nerlove, 2003 ; Trognon, 2003). La mise en œuvre de ce modèle tient également au fait qu'il existe des effets régionaux et que le nombre d'observations est élevé. Les tests relatifs à l'autocorrélation et l'hétéroscédasticité ont été réalisés pour garantir la qualité des résultats obtenus (Wooldridge, 2002 ; Greene, 2006).

Le modèle mis en œuvre se formalise comme suit :

$$y_{it} = \beta + \sum_{j=1} \gamma_j X_{ijt} + \sum_{k=1} \rho_k W_{ikt-1} + \sum_{m=1} \alpha_m Z_{imt-1} + \sum_{f=1} \lambda_f H_{ift} + \zeta_i R_i + \varepsilon_{it} \quad [2]$$

Avec :

y_{it} le coût/ha en pesticides

β une constante

γ_j les coefficients associés aux j variables structurelles, notées X_{ijt}

ρ_k les coefficients associés aux k variables financières retardées, notées W_{ikt-1}

α_m les coefficients associés aux m variables météorologiques retardées, notées Z_{imt-1}

λ_f les coefficients associés aux f variables météorologiques, notées H_{ift}

ζ_i le coefficient associé aux pratiques régionales, notées R_i

ε_{it} le terme d'erreur iid

Le principal résultat obtenu met en évidence le fait que **les exploitations présentent une logique cohérente de long terme**. Les exploitations qui dépensaient le moins en termes de produits phytosanitaires les années précédentes sont également celles qui en utilisent le moins au cours de l'année courante.

Les résultats économétriques soulignent que l'aversion au risque, mesurée par le fait que l'exploitant ait souscrit une assurance récolte, ne ressort pas comme un facteur déterminant de l'utilisation des produits phytosanitaires. Ce résultat peut être lié au fait que l'assurance considérée ne relève pas d'une assurance compensant directement les pertes éventuelles de rendements en cas de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires.

En termes dynamiques, il ressort que les exploitations qui ont augmenté leurs dépenses en produits phytosanitaires ont également augmenté leur rendement. Cette analyse complémentaire souligne également la plus grande valorisation d'une production plus respectueuse de l'environnement. En effet, **les exploitations qui ont réduit leur utilisation de produits phytosanitaires ont vu leur rendement diminuer mais leur chiffre d'affaires augmenter avec une surface restée stable**. Ce résultat semble indiquer qu'il semble exister un marché rémunérateur pour les produits plus respectueux de l'environnement.

L'apport de cette étude est de considérer une analyse dynamique des pratiques des producteurs, au travers de leurs dépenses en termes de produits phytosanitaires. Ce travail est d'autant plus riche qu'il a reposé sur un panel de producteurs représentatif de l'ensemble des producteurs viticoles. Si la mesure considérée a déjà été considérée dans la littérature, la mobilisation d'une telle source de données est, à notre connaissance, originale. La portée des enseignements tirés est ainsi d'autant plus pertinente.

Comme toute étude, ce travail présente des limites qu'il convient de mentionner. Celles-ci découlent directement de l'unité des données collectées. Dans le cadre du RICA, l'unité considérée est l'exploitation. De ce fait, les hypothèses posées implicitement dans le cadre de notre étude sont d'une part que les pratiques sont homogènes d'un produit à l'autre et d'autre part que les dépenses sont proportionnelles à une utilisation plus intensive des produits phytosanitaires. La potentielle hétérogénéité des comportements au sein d'une même exploitation a cependant pu être considérée dans le cadre de la seconde étude menée.

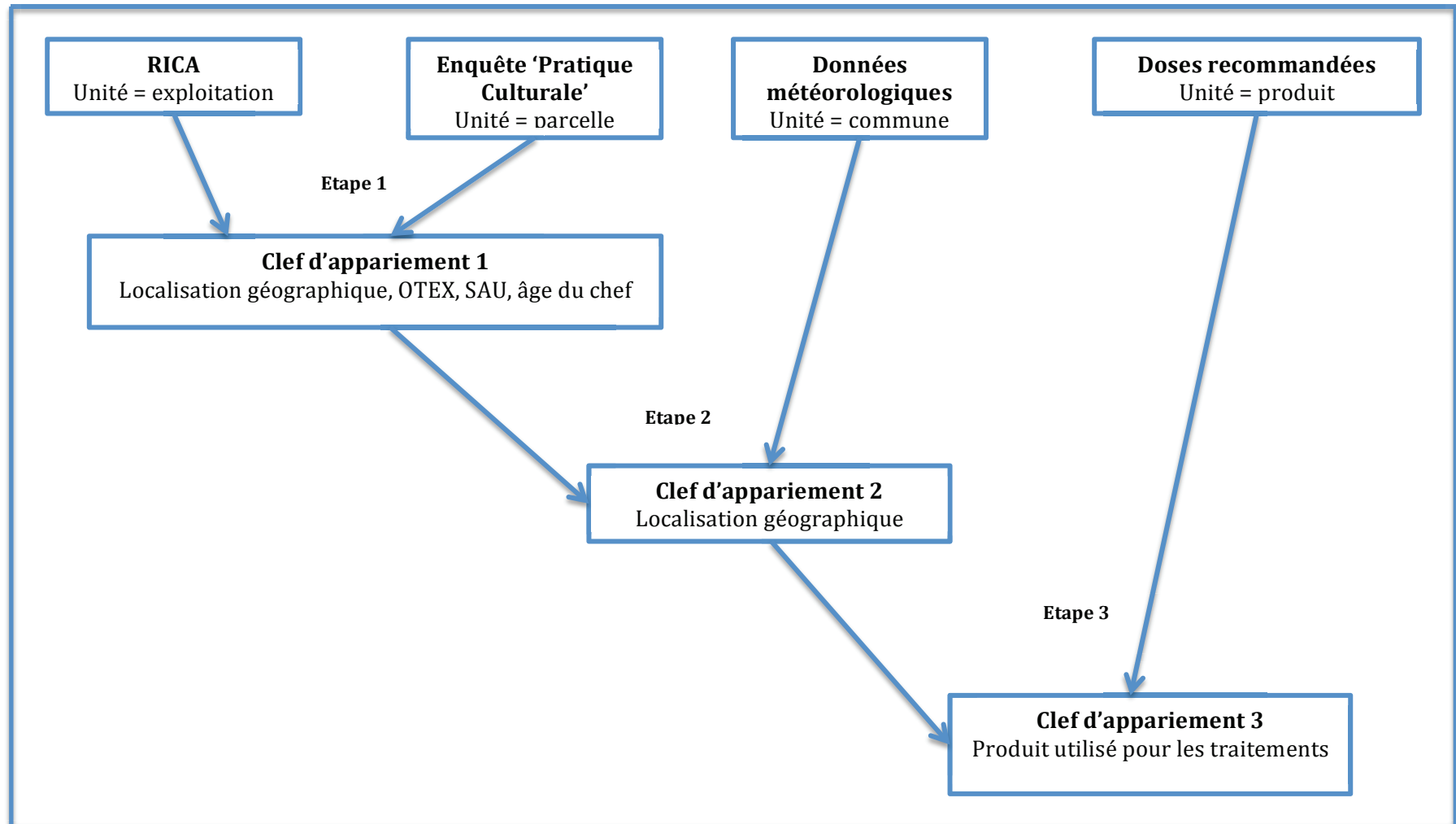
3.3.1.2. Adopter une innovation est un processus décisionnel défini au niveau de l'exploitation

L'exploitant et son exploitation sont toujours la clef d'analyse de l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement. Or, cela pose l'hypothèse forte que les pratiques observées au niveau d'une unité plus fine, comme la parcelle, sont cohérentes en termes d'utilisation des produits phytosanitaires. C'est plus précisément sur cette potentielle hétérogénéité intra-exploitation que repose cette étude.

Par ailleurs, afin de prendre en compte le fait que les dépenses en produits phytosanitaires ne sont pas révélatrices des produits utilisés, et donc **qu'une diminution des dépenses n'est pas nécessairement synonyme de pratiques plus respectueuses de l'environnement**, nous avons construit un indicateur défini au niveau des produits utilisés.

Afin de prendre en compte tout à la fois les pratiques observées sur les différentes parcelles d'une même exploitation et l'adéquation des pratiques réalisées avec les exigences nationales, nous avons combiné différentes bases de données (Figure 14).

Figure 14. Méthodologie d'appariement des données



Source : Représentation personnelle.

Les données du RICA donnent une vision structurelle et financière des exploitations mais ne permettent pas d'apprécier le niveau parcellaire puisque les données sont définies au niveau de l'exploitation. La première étape d'appariement (Etape 1) a été réalisée entre les données du RICA et celles issues de l'enquête 'Pratiques Culturelles'. Cet appariement est opéré sur la base de la localisation géographique, l'OTEX, la surface exploitée et l'âge du chef d'exploitation. Cette base de donnée a été ensuite appariée avec les données météorologiques sur la base de la localisation géographique définie au niveau communal (Etape 2). Enfin, pour mettre en perspective les doses d'application déclarées dans l'enquête sur les pratiques culturelles avec les doses autorisées identifiées avec les données « e-phy », le dernier appariement (Etape 3) a été effectué sur la base des produits utilisés. Les données « e-phy » identifient, pour chaque produit, une dose autorisée. Il est à noter que près de 85 % des exploitations utilisent seulement 20 % des 677 produits recensés. Un focus a été réalisé sur ces seuls produits.

Après avoir réalisé ces multiples appariements, l'étude s'est concentrée sur les 105 exploitations présentes dans les différentes bases de données officielles. Afin de comprendre dans quelle mesure ces exploitations sont représentatives de l'ensemble des exploitations professionnelles considérées et présentes dans le fichier RICA initial, différents tests ont été réalisés (Table 5). Ceux-ci mettent en évidence le fait que la population finale possède des caractéristiques comparables en termes de surface exploitée, de MBS et d'OTEX. Ces trois éléments sont d'autant plus importants à considérer qu'ils sont le socle de toute stratification mise en œuvre par le Service de la Statistique et de la Prospective (SSP). Cette analyse a par ailleurs confirmé le fait que les dépenses d'engrais et de pesticides étaient comparables d'une population à l'autre.

Table 5. Comparaison des caractéristiques des exploitations présentes dans la base issue de l'appariement avec celles des exploitations viticoles professionnelles françaises

	Base de données créée	Base de données RICA	Test d'égalité de moyenne	Test d'égalité de variance
Surface Agricole Utile (SAU)	29,26	27,83	Egalité	Différence
Marge Brute Standard (MBS)	173,85	163,44	Egalité	Egalité
Age du chef d'exploitation	47,96	48,23	Egalité	Egalité
OTEX 37 (Viticulture de Qualité)	81,62%	78,24%		
OTEX 38 (Autre Viticulture)	18,38%	21,79%		

Source : Agreste – RICA (2007), Pratiques Culturelles (2006)

Pour considérer l'utilisation plus ou moins intensive des produits phytosanitaires, l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) est calculé. Il met en relation les doses homologuées maximales, par matière active, avec les doses appliquées, rapportées à la part de la surface traitée.

$$IFT = \frac{Dose\ appliquée}{Dose\ homologuée} \times \frac{Surface\ traitée}{Surface\ totale} \quad [3]$$

Les données de l'enquête « Pratiques Culturelles » ne permettent pas d'apprécier la part de la surface traitée. De ce fait, les traitements dont les doses appliquées sont inférieures aux doses homologuées sont surreprésentés. L'absence de pondération par la part de la surface traitée revient dès lors à poser l'hypothèse implicite que la mise en perspective de ces deux doses est définie au niveau de l'ensemble de la surface de la parcelle. Par ailleurs, il est important de souligner la difficulté de pouvoir mesurer, pour chaque produit, sa relative toxicité. L'Indicateur de Traitement Standard l'intègre dans sa formulation, telle que définie ci-dessous, mais cette dernière reste très difficilement mesurable en pratique (Sattler et al., 2007 ; Bürger et al., 2012).

$$\begin{aligned} \text{Indicateur de Traitement Standard} & \quad [4] \\ & = \frac{Substance\ active}{Application} \times \frac{Dose\ appliquée}{Dose\ homologuée} \times \frac{Surface\ traitée}{Surface\ totale} \end{aligned}$$

L'indicateur considéré est alors un indicateur de surdose qui prend la valeur 1 si les doses appliquées sont supérieures aux doses recommandées et 0 sinon. Cet indicateur est calculé pour chacun des traitements réalisés sur chacune des parcelles des exploitations recensées.

Les premiers éléments descriptifs ont mis en évidence une dualité des comportements des producteurs dans le sens où deux comportements opposés sont observés. Il ressort que 55 % des producteurs ne surdosent aucun de leur traitement alors que 24 % des producteurs surdosent, de façon systématique, tous leurs traitements.

Cette quasi-dualité renforce le résultat précédent. **La décision d'adopter une innovation répond à une dynamique interne qui est à coupler avec une cohérence globale de pratiques au sein d'une même exploitation.** Par ailleurs, cette quasi-dualité des comportements implique que les producteurs ont un comportement homogène en termes de pratiques sur leur exploitation. **Considérer la réduction des produits phytosanitaires au niveau de l'exploitation est alors pertinent.**

Ce résultat a servi de socle pour construire la modélisation mise en œuvre. Du fait du comportement dual des exploitants, l'analyse est définie au niveau de l'exploitation et différencie les producteurs qui ne surdosent jamais leur traitement des autres producteurs. Un modèle logit a été mis en œuvre pour prendre en compte la nature dichotomique du comportement de surdose.

Formellement :

$$SD_{it} = 1 \text{ si } SD_{it}^* \geq 0; 0 \text{ sinon} \quad [5]$$

$$SD_{it}^* = \alpha + \beta CS_{it} + \gamma Cf_{it-1} + \theta p_i + \delta m_{it} + \varepsilon_i \quad [6]$$

Avec :

SD_{it} une pratique de surdosage pour l'exploitant i au temps t

SD_{it}^* une variable latente, inobservée, qui correspond au nombre de traitements où les doses appliquées sont supérieures aux doses recommandées

CS_{it} la matrice des caractéristiques structurelles de l'exploitation, observées en t

Cf_{it-1} la matrice des caractéristiques financières de l'exploitation, retardées

p_i la matrice des perceptions par les exploitants des risques sanitaires des intrants

m_{it} la matrice relative aux données météorologiques

ε_i le terme d'erreur

La qualité du modèle est soulignée par le taux de concordance qui est de 83,6 %. Ainsi, les variables considérées dans le modèle permettent de comprendre précisément le comportement de surdosage des exploitants.

Les résultats obtenus corroborent que le fait d'être assuré n'a pas d'impact sur le comportement de surdose des traitements. L'assurance, comme proxy de l'aversion au risque, ne semble pas être un facteur discriminant.

La surdose des produits phytosanitaires est conditionnée par l'état du matériel mobilisé. Plus précisément, les producteurs qui utilisent les pulvérisateurs les plus anciens surdosent davantage que les autres producteurs. L'obsolescence des pulvérisateurs se traduit par des applications moins précises et plus dispersées et donc une utilisation plus intensive des produits phytosanitaires. Il est à noter que cette étude porte sur des données antérieures à 2006. De ce fait, l'article 41 de la loi n°2006-1772 du 20 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques n'était pas encore entré en vigueur et les pulvérisateurs n'étaient pas encore sujets à un contrôle poussé.

Paradoxalement, alors que l'enregistrement des pratiques et l'existence d'un local dédié au stockage des produits phytosanitaires sont considérés comme des éléments techniques importants, ils ne ressortent pas comme explicatifs de la surdose de ces produits.

Cette seconde étude a démontré le comportement quasi-dual des producteurs, en soulignant l'homogénéité des pratiques au sein même de chaque exploitation. Cette étude met également en évidence le fait que les équipements dont disposent les producteurs sont l'un des facteurs déclencheurs d'un comportement de surdose.

La mise en concordance des résultats issus de ces deux travaux confirme le fait que les caractéristiques endogènes des exploitations conditionnent leur façon d’appréhender le risque phytosanitaire. Plus précisément, les producteurs s’inscrivent dans une démarche dynamique cohérente où les producteurs respectueux de l’environnement côtoient les producteurs qui privilégient les rendements. Au-delà de cette dichotomie et du fait que « *les exploitants ne sont pas assimilés aléatoirement à ces deux groupes (...) mais ils prennent leur propre décision par eux-mêmes* »⁷⁰ (Fernandez-Cornejo et al., 1998, p. 148), il ressort que **les pratiques observées au niveau agrégé de l’exploitation renvoient à une logique d’exploitation confirmée pour l’ensemble des traitements réalisés.**

L’apport de cette étude est d’avoir pu apprécier, pour la première fois à notre connaissance, les pratiques des exploitants au niveau fin des produits appliqués. Cet apport, qui repose sur une base représentative de l’ensemble des producteurs, est alors crucial dans la mesure où il permet de légitimer l’ensemble des études menées au niveau des exploitants pour comprendre leur comportement en termes d’utilisation des produits phytosanitaires.

3.3.2. L’adoption d’innovations est conditionnée par l’environnement dans lequel évolue l’exploitant

Considérer l’exploitant comme un des maillons de la filière et donc conditionner ses pratiques aux exigences des autres acteurs suppose de pouvoir articuler, pour chaque acteur, son lien avec ces acteurs.

Pour ce faire, le premier travail⁷¹ présenté ici considère que les exigences des acteurs en aval conditionnent les pratiques mises en œuvre par les producteurs. Le second travail⁷² considère également cette relation entre les producteurs et les acteurs aval de la filière mais sous une forme plus complexe et multilatérale. L’hypothèse faite est qu’il existe une interdépendance du comportement du producteur avec son environnement.

⁷⁰ « farmers are not assigned randomly to the two groups (...) but they make the adoption choices themselves »

⁷¹ Aubert, M., Codron, J.-M., Rousset, S. et Yercan, M. (2013), « Which factors lead tomato growers to implement integrated pest management? » - 11^{ème} Journées de Recherche en Sciences Sociales, Lyon (France).

⁷² Aubert, M. et Enjolras, G. (2016) « Do short food supply chain go hand in hand with environment-friendly practices? An analysis of French farms » - International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology, 12(2): 189-213.

3.3.2.1. La commercialisation : facteur clef de l'adoption d'innovations plus respectueuses de l'environnement

Réduire l'utilisation de produits phytosanitaires repose sur la mise en œuvre de pratiques IPM, plus respectueuses de l'environnement. Dans le cas français, des enquêtes, lancées par le MARA, permettent d'approcher les pratiques productives des exploitants. C'est notamment le cas des enquêtes relatives aux pratiques culturales. Dans le cas turc, de telles enquêtes ne sont pas réalisées. De ce fait, il a été nécessaire de réaliser une base de données issue d'enquêtes de terrain. Cette base permet, comme les enquêtes françaises, d'approcher les pratiques productives des agriculteurs. Elle permet par ailleurs de prendre en compte des facteurs dits subjectifs qui ne sont pas prises en compte dans le cadre des enquêtes officielles. Ainsi, des informations relatives à la perception des producteurs ont pu être appréciées. Sur la base d'échelle de Lickert, il a été possible de mesurer la perception des risques relatifs aux principaux ravageurs et aux principales maladies. Dans le cas d'une production de tomate sous serre, différents ravageurs peuvent être identifiés : il s'agit principalement de la mouche blanche et des thrips. L'effet de ces ravageurs sur la production est représenté en Figure 15.

Figure 15. Effets des ravageurs thrips et mouche blanche sur les tomates



**Mouche
blanche**



Thrips



Source : Représentation personnelle

La gestion de la qualité sanitaire peut être appréciée au regard des pratiques Integrated Pest Management (IPM) mises en œuvre par les exploitants qui visent à minimiser les risques de développement des maladies et des ravageurs. Différentes pratiques ont alors été identifiées et il a été demandé au producteur de déclarer l'utilisation de chacune d'entre elles sur la base d'une échelle de Lickert qui varie de 1 (jamais) à 5 (toujours). Seules deux pratiques sont définies de façon dichotomique. Il s'agit des pièges bleus et des phéromones. Dans le cadre de l'analyse menée en Turquie, onze pratiques IPM, dont certaines sont représentées, ont été prises en compte en Figure 16. Ces pratiques sont les suivantes :

- Les pièges jaunes à destination essentiellement de la mouche blanche.
- Les pièges bleus à destination des thrips.
- L'installation de rideaux aux portes des serres pour limiter l'entrée des ravageurs.
- L'élimination des plants contaminés pour éviter leur propagation.
- L'utilisation de variétés résistantes.
- Le nettoyage des équipements pour éviter les contaminations.
- Le nettoyage des parois de la serre pour les mêmes raisons.
- Le désherbage.
- L'utilisation de pédiluves afin d'éviter que les personnes qui entrent dans la serre n'introduisent d'éléments extérieurs nuisibles.
- L'utilisation d'auxiliaires qui luttent contre les ravageurs, c'est notamment le cas de la coccinelle qui permet de lutter contre les pucerons sans être nuisible à la production.
- L'utilisation de phéromones qui empêchent la reproduction des ravageurs.

Figure 16. Quelques pratiques IPM



**Installation de rideaux
aux portes des serres**



Auxiliaires



Phéromones



**Elimination des plants
contaminés**



Pédiluve



Pièges

Afin de prendre en compte au mieux chacune de ces pratiques, plusieurs étapes préalables ont été nécessaires. La première a été de s'assurer que leur mise en œuvre est indépendante : la mise en œuvre de la pratique A doit être indépendante de la mise en œuvre de la pratique B. L'indépendance assure en effet que le score global calculé possède une même signification pour tous les exploitants. Un score égal à 2 signifie que 2 pratiques distinctes ont été mises en œuvre et non que la pratique A, qui nécessite la mise en œuvre de la pratique B, a été adoptée. Sur la base d'une analyse de corrélation, il a été montré l'indépendance de ces différentes pratiques. Afin d'harmoniser le score de pratiques IPM mises en œuvre, une variable dichotomique a été créée pour chacune des pratiques. Une pratique est considérée mise en œuvre si l'exploitant répond la mettre « souvent » ou « toujours » en œuvre. Dans les faits, alors que l'utilisation de variétés résistantes est mise en œuvre par la plupart des exploitants, l'utilisation d'auxiliaires biologiques est rarement adoptée.

Le score global calculé repose sur la combinaison linéaire sans pondération des différents scores intermédiaires. Pondérer certains scores intermédiaires aurait pu permettre de rendre compte de spécificités comme le coût de mise en œuvre ou encore les implications techniques plus ou moins complexes. Dans la mesure où chaque pratique revêt des spécificités propres, aucune pondération n'a été réalisée. Les producteurs peuvent potentiellement mettre en œuvre chacune de ces pratiques sans qu'aucune ne soit considérée *a priori* comme plus efficace qu'une autre. Sur la base de la répartition du score global, il ressort qu'en moyenne les producteurs mettent en œuvre six pratiques. Le nombre de pratiques adoptées varie de 1 à 11 sachant que 25 % de la population en met en œuvre moins de 5 et que 25 % en adopte plus de 7.

Alors que ces enquêtes ont permis d'appréhender la mise en œuvre de certaines pratiques IPM, elles ont également permis de construire un indicateur de perception du risque des producteurs sur la base de leurs craintes déclarées pour certains ravageurs et certaines maladies. Les craintes déclarées par les producteurs sont indépendantes de la pression effective observée pour les ravageurs et maladies puisque les zones retenues pour l'analyse présentent les mêmes niveaux de pressions. Elles sont alors révélatrices de leur propre sensibilité. La mesure est effectuée sur la base d'échelles de Lickert allant de 0 à 10, où 0 indique un degré de pression ressenti nul et 10 indiquant un degré de pression ressenti très élevé. Les exploitants ont exprimé leurs craintes en termes de pression pour les sept principaux ravageurs⁷³ et les 11 principales maladies⁷⁴. Les pressions perçues diffèrent d'une maladie à l'autre et d'un ravageur à l'autre. Sur la base de ces déclarations, deux scores ont été calculés, pour les maladies d'une part et pour les ravageurs d'autre part. Chacun repose sur la moyenne non pondérée des différents scores de pression. Le score relatif à la crainte d'une maladie est en moyenne de 4, alors qu'il est de 4,68 pour le score relatif à la crainte d'un ravageur. La forte corrélation positive entre les scores relatifs à la crainte déclarée pour les maladies et à la crainte déclarée pour les ravageurs (58,84%)

⁷³ Les ravageurs considérés sont : mite, mouche blanche, noctuelle, puceron, punaise, thrips et tuta absoluta.

⁷⁴ Les maladies considérées sont : alternariose, anthracnoses, bactériose, botrytis, cladosporiosis, fusariose, mildiou, mycosphaerella, oïdium, rouille et nématode

a conduit à ne considérer qu'un seul de ces scores. En effet, les exploitants dont le score de crainte pour les maladies est élevé ont également un score de crainte pour les ravageurs élevé. Réciproquement, les exploitants dont le score de crainte d'une maladie est faible ont un score pour les ravageurs faible.

Le modèle économétrique mis en œuvre est alors un modèle de comptage où les pratiques IPM sont exprimées en fonction des variables endogènes, des craintes perçues par les producteurs et de l'interaction que le producteur entretient avec l'aval de la filière. Plus précisément, des éléments relatifs à la stratégie commerciale ou encore aux contrôles réalisés ont été pris en compte et sont définis comme suit.

Le premier élément est le fait que l'exploitant décide de trier sa production avant de la vendre. Ce tri permet d'orienter davantage la production vers les différentes destinations en répondant en amont aux attentes des acheteurs. Les exploitants qui investissent dans le tri de leur production sont supposés être les plus enclins à mettre en œuvre des pratiques qui vont dans le sens d'une meilleure gestion de la qualité sanitaire. Le second élément est la réalisation d'un contrôle, qu'il soit effectué en interne ou en externe, par un *tiers certifié*. Le contrôle du processus de production ou de la production elle-même est un gage de qualité pour l'aval. L'hypothèse faite est que les exploitants qui réalisent un contrôle *via* un audit externe ou un plan de contrôle des résidus sont les plus enclins à mettre en œuvre une meilleure gestion de la qualité sanitaire. Dans le cas inverse, ils ne demanderaient pas la réalisation de tels contrôles.

Le modèle estimé peut être formalisé comme suit :

$$y_i = \beta + \sum_j \alpha_j x_{ij} + \sum_k \gamma_k w_{ik} + \sum_m \varphi_m z_{im} + \sum_f \eta_f h_{if} + \mu_i \quad [7]$$

Avec :

y_i le nombre de pratiques IPM mises en œuvre par l'exploitant i

β une constante

α_j les coefficients associés aux j variables relatives aux caractéristiques du chef d'exploitation, notées x_{ij}

γ_k les coefficients associés aux k variables relatives à l'exploitation, notées w_{ik}

φ_m les coefficients associés aux m variables relatives à la stratégie commerciale, notées z_{im}

η_f les coefficients associés aux f variables relatives aux contrôles réalisés par un tiers, notées h_{if}

μ_i le terme d'erreur iid

Les résultats obtenus soulignent en premier l'effet de l'apprentissage. Les producteurs qui ont déjà adopté des systèmes sophistiqués par le passé sont plus enclins à adopter de nouvelles innovations.

Le premier indicateur de sophistication est la part de la surface en serre sous verre. En effet, produire sous serre est plus coûteux mais permet de palier davantage l'hétérogénéité climatique avec une maîtrise quasi-parfaite des conditions d'exploitation dans ces conditions. Par ailleurs, ce matériau est davantage adapté aux cultures intensives.

Le second indicateur est la production de tomate hors sol qui permet de réduire les risques liés aux maladies qui se développent dans le sol. Cette pratique se traduit par une diminution des engrais et autres produits phytosanitaires.

Le troisième indicateur est l'utilisation d'un chauffage qui permet de chauffer la serre en période de froid et donc d'augmenter la période de production puisqu'il génère une température adaptée et constante.

Enfin, le dernier indicateur est la mise en œuvre d'un système d'arrosage par le toit. Cette pratique permet notamment de prévenir du gel.

Le second résultat qui semble émerger de cette analyse est la non-significativité de l'aversion au risque des producteurs. Alors que ce facteur ressort de façon importante dans la littérature, il ne semble significatif ni dans les travaux exposés précédemment ni dans celui-ci. Une explication à la non-significativité de ce facteur pourrait être le fait que la production de tomates sous serre est réalisée dans un environnement protégé et que les craintes des producteurs sont alors « contrôlées » par cet environnement.

Les producteurs qui réalisent des contrôles ou établissent des plans de contrôle ne mettent pas davantage en œuvre de pratiques IPM. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que ces exploitations représentent une population homogène alors que les autres exploitants représentent une population hétérogène ce qui, de fait, modifie l'interprétation qui peut être faite des résultats.

En termes de relation avec l'aval de la filière, appartenir à une coopérative ne ressort pas comme un facteur clef de mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement. Ce résultat peut souligner le fait que la diffusion de l'information comme moteur de l'innovation est largement répandue et passe par des canaux qui sont au-delà de la simple appartenance à un groupe.

Enfin, le résultat clef de cette recherche est le fait que **la commercialisation conditionne les pratiques mises en œuvre**. En effet, les exploitants qui trient leur production avant de la commercialiser souhaitent davantage la valoriser.

3.3.2.2. Codétermination de la stratégie commerciale et de la stratégie productive

En s'intéressant à l'élargissement des activités agricoles, (Bowler et al., 1996) décrivent une interdépendance entre la dynamique externe à l'exploitation et sa dynamique interne. En considérant cette articulation plus largement dans le cas de la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, ceci reviendrait à considérer la stratégie individuelle de l'exploitation non plus conditionnellement à son environnement mais en lien avec celui-ci.

La prise en compte de **cette interdépendance revient à considérer que l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement est conditionnée par la commercialisation de la production mais aussi sa réciproque**. A notre connaissance, l'ensemble des travaux qui ont considéré l'articulation entre stratégie productive et stratégie commerciale a modélisé une causalité simple. L'originalité de cette étude est de tester cette double causalité.

La réponse aux enjeux externes est complexe et leur répercussion au niveau du producteur proviennent des nombreux acteurs : *« les changements dus à des stimuli 'externes' sont complexes, et prennent en compte le comportement des détenteurs de capital (ex : les conditions variables d'accès au crédit), la régulation par les politiques publiques (ex : changement de mesures agricoles), les tendances de marchés (ex : hausse ou baisse de la demande/ des prix), la disponibilité de nouvelles technologies agricoles (ex : demande pour les bio-carburants), le comportement des institutions agricole (ex : agences de développement rural), l'environnement physique (ex : climat) (...). L'exploitation répond également à des stimuli 'internes' de changement »*⁷⁵ (Bowler et al., 1996, p. 288).

Le modèle mis en œuvre dans le cadre de ce travail est alors un modèle à équations simultanées où le mode de commercialisation fait écho aux pratiques mises en œuvre et réciproquement. L'hypothèse faite est que la réalisation de ces stratégies repose sur une logique d'exploitation de long terme. De ce fait, leur mise en œuvre est posée comme simultanée. Les exploitations qui utilisent le moins de produits phytosanitaires sont supposées plus enclines à vendre en circuit court. Réciproquement, les exploitations qui vendent en circuit court sont supposées plus enclines à limiter leur utilisation de produits phytosanitaires. La mise en œuvre d'une meilleure gestion de la qualité sanitaire interagit avec l'intégration des activités commerciales.

⁷⁵ *« changes in 'external' stimuli are complex, including the behaviour of non-farm capitals (e.g., varying the conditions of credit), regulation by the state (e.g., new or changed agricultural measures), market trends (e.g., declining or increasing demand/prices), the availability of new agricultural technology (e.g., the demand for bio-fuels), the behaviour of institutions with an agricultural interest (e.g., rural development agencies), the physical environment (e.g., climate) (...). The farm also responds to 'internal' stimuli for change ».*

Vendre en circuit court implique qu'il existe au plus un intermédiaire entre le producteur et le consommateur. Dans la mesure où les exploitants qui vendent tout, ou partie de, leur production en circuit court vendent également *via* les canaux traditionnels, la différenciation pourrait reposer sur la part que représente la vente en circuit court dans l'activité globale de l'exploitation. Or, parmi les exploitations qui vendent en circuit court, près de 20 % ne mentionnent pas la part de leur chiffre d'affaires issue de ce mode de commercialisation. Les exploitations qui vendent en circuit court sont alors considérées de façon agrégée, quelle que soit l'importance relative de ce type de commercialisation.

Les exploitations les moins consommatrices de produits phytosanitaires sont appréhendées à travers l'adoption du label Agriculture Biologique (AB). Les exploitations qui ont adopté ce label ou qui sont en cours de conversion correspondent aux exploitations sur lesquelles l'utilisation des produits phytosanitaires est la plus faible.

Posant l'hypothèse d'une codétermination entre l'intégration verticale des activités et l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement, un modèle à équations simultanées est mis en œuvre. En effet, considérer isolément chacune de ces équations reviendrait à nier leur interaction et de fait ne prendrait pas en compte que les exploitations qui vendent en circuit court sont les plus enclines à adopter le label AB, et réciproquement que les exploitations certifiées AB sont les plus enclines à vendre en circuit court.

Sur la base du Recensement Agricole de 2010, le modèle permet d'apprécier dans quelle mesure ces stratégies interagissent. Cette hypothèse se formalise comme suit :

$$\left\{ \begin{array}{l} AB = \beta_0 + \beta_1 \times \text{Caractéristique Structurelles} + \beta_2 \times \text{Caractéristique Individuelles} + \beta_3 \times \text{Intégratio Verticale} + \varepsilon \quad [8] \\ \text{Intégratio Verticale} = \gamma_0 + \gamma_1 \times \text{Fréquence} + \gamma_2 \times \text{Incertitude} + \gamma_3 \times AB + \mu \quad [9] \end{array} \right.$$

Avec :

β_0 et γ_0 les constantes respectives des équations [8] et [9]

β_1 et β_2 les coefficients respectivement associés aux caractéristiques structurelles des exploitations et individuelles des exploitants

β_3 le coefficient associé à la variable Intégration Verticale

γ_1 , γ_2 et γ_3 sont les coefficients relatifs à la fréquence et à l'incertitude et au fait de produire sous label « AB »

ε et μ sont les termes d'erreurs associés aux équations [8] et [9]

A chaque stratégie est associé un terme d'erreur. Mettre en œuvre un modèle à équations simultanées plutôt que deux modélisations indépendantes repose sur la corrélation des termes d'erreur relatifs à chacune des stratégies considérées (Berndt, 1991). Le test de rho permet de confirmer l'importance de considérer simultanément ces deux stratégies (Maddala, 1983 ; Wooldridge, 2002 ; Greene, 2006). Pour chaque stratégie, une modélisation de type logit est considérée. De ce fait, un taux de concordance permet d'apprécier la qualité du modèle considéré. Il est respectivement de 72 % et de 78 % pour les équations [8] et [9].

Le principal résultat qui ressort de notre analyse est la **codétermination de la stratégie productive avec la stratégie commerciale**. Les exploitants qui vendent en circuit court sont plus enclins à adopter le label AB et réciproquement, les exploitations qui ont adopté le label AB sont les plus enclines à vendre en circuit court. De la même façon que la réduction des produits phytosanitaires est encouragée par les politiques mises en œuvre tant au niveau européen qu'au niveau national, la vente en circuit court est elle aussi encouragée par ces mêmes politiques. Plus précisément, pour répondre aux exigences des consommateurs et renforcer la commercialisation en circuit court, l'objectif des pouvoirs publics est de « *renforcer le lien entre agriculteurs et consommateurs* » (Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche, 2009b).

Au niveau Européen, un des axes du second pilier de la PAC porte sur l' « *amélioration de la qualité de la vie en milieu rural et promotion de la diversification des activités économiques* ». Dans ce cadre, un des quatre objectifs fixés est la « *diversification vers des activités non agricoles* ». Pour le mettre en œuvre, la mesure 311 s'attache plus spécifiquement à « *la diversification vers des activités non agricoles – Point de vente directe des produits des exploitations agricoles* ». Cette mesure repose notamment sur l'article 35 du règlement d'application (CE) 1974/2006 de la Commission du 15 décembre 2006 (Commission Européenne, 2006). L'enjeu sous-jacent est double. Cette mesure vise non seulement à « *maintenir et développer les activités économiques* » mais aussi à « *favoriser l'emploi dans les zones rurales* » (Commission Européenne, 2006). Elle a donc pour ambition de renforcer la commercialisation en vente directe pour d'une part diversifier les sources de revenu des exploitants, et par la même pallier la sortie de l'agriculture de certaines exploitations, et d'autre part répondre aux exigences des consommateurs qu'ils soient permanents (bassin de vie) ou ponctuels (touristes). Encouragés au niveau Européen à travers le second pilier de la PAC, les circuits courts sont également soutenus au plan national.

Au niveau national, un plan d'action a été lancé en 2009 par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. La volonté d'augmenter la part de produits saisonniers et de renforcer la proximité entre producteurs et consommateurs sont deux des engagements identifiés lors du Grenelle de l'Environnement. Ces engagements ont été pris plus précisément par le groupe « *production et consommation durable* » (Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche, 2009a). Le plan d'action vise à favoriser le développement des circuits courts des produits agricoles. Dans ce cadre, quatre axes, mis en œuvre par 13 mesures, sont définis. Ces

axes sont les suivants : 1. Améliorer les connaissances des circuits courts et les diffuser ; 2. Adapter la formation des agriculteurs aux exigences des circuits courts ; 3. Favoriser l'installation d'agriculteurs en circuit court ; 4. Mieux organiser les circuits courts.

L'approvisionnement en circuit court répond également aux enjeux des piliers du développement durable : sociétal, économique et environnemental. Il « *correspond[ent] à une vision moderne de notre rapport à l'alimentation, à une vision de compétitivité économique de notre agriculture et de son efficacité sociale et environnementale* » (Ciolos, 2012).

3.3.2.2.1. Circuit court et durabilité sociétale

La vente en circuit court peut être vecteur d'une plus grande durabilité sociétale dans la mesure où ce mode de commercialisation a pour principale caractéristique de valoriser la proximité entre le producteur et le consommateur (Renting et al., 2003 ; Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche, 2009b ; Alim'Agri, 2010 ; Langhade, 2010 ; Maréchal et Spanu, 2010 ; Aubert et Enjolras, 2015). Cette valorisation repose sur deux aspects complémentaires (du développement durable sociétal) : le social et le territorial.

La dimension sociale peut être abordée à travers la notion de confiance, d'emploi ou d'interaction entre les acteurs de la filière. La vente en circuit court est liée à la notion de confiance développée entre les acteurs de l'échange, du fait de la réduction du nombre d'intermédiaires. L'attribut « *anonymat* », omniprésent pour les produits échangés dans le cadre de filières dites « *longues* » devient un attribut de proximité et de confiance dans le cadre de filières courtes. En effet, la proximité entre consommateur et producteur permet à l'exploitant de créer un « *lien avec le client* » (Langhade, 2010). Ce lien renforce la confiance du consommateur vis-à-vis du producteur et donc vis-à-vis des produits consommés. Au-delà de la relation établie entre le producteur et le consommateur, la dimension sociale ressort via l'emploi de main-d'œuvre. En effet, vendre en circuit court se traduit, au niveau de l'exploitation, par un surcroît d'activité du fait de l'élargissement de l'activité productive à une activité commerciale. L'articulation entre vente en circuit court et main d'œuvre est toutefois plus complexe qu'il n'y paraît. Une des motivations à la mise en œuvre de cette stratégie commerciale est « *the need to create employment for family or non-family members* » (Bowler et al., 1996). Ce besoin de « *donner un emploi au conjoint* » notamment est donc un enjeu fort pour les exploitants (Bowler et al., 1996 ; McNally, 2001 ; Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche, 2009a ; Capt et Wavresky, 2014). De la même façon, la vente en circuit court crée une « *synergie locale entre les différents acteurs* » de la chaîne (Alim'Agri, 2010). Le producteur interagit non seulement avec les consommateurs mais aussi avec les artisans ou les restaurateurs locaux (Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche, 2009b). La vente en circuit court favorise, ce qui est défini dans le Plan d'Action comme la « *gouvernance alimentaire* ». La vente

en circuit court renforce le tissu social local, du fait de la combinaison activité productive et activité commerciale, et de l'interaction que celle-ci engendre avec les acteurs locaux.

La dimension territoriale de la durabilité sociétale s'inscrit à travers les actions menées par les pouvoirs publics (Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche, 2009b). La valorisation de la vente en circuit court repose sur un enjeu de développement durable des territoires dans la mesure où « *renforcer le lien entre le producteur et le consommateur traduit (...) un nécessaire renforcement du lien au territoire* » (Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche, 2009a). Vendre en circuit court permet de maintenir une activité agricole dans certaines zones. Ces zones correspondent notamment aux zones périurbaines qui disposent d'un vaste bassin commercial potentiel. Le maintien de l'activité agricole est lié d'une part directement au surcroît de main-d'œuvre nécessaire sur les exploitations pour répondre aux nouvelles activités liées à la commercialisation et d'autre part indirectement aux interactions avec les différents acteurs de la chaîne (artisanat, restauration...) (Ilbery et Maye, 2005 ; Kneafsey et al., 2013).

3.3.2.2.2. Circuit court et durabilité économique

La première motivation de la diversification des activités agricoles à des activités non-agricoles est économique (Gasson et al., 1988). Cette diversification s'opère « *quand l'agriculture traditionnelle n'est pas en mesure de répondre aux besoins économiques* »⁷⁶ (Bowler et al., 1996). Dans ce cas, l'élargissement des activités productives correspond à une volonté d'augmenter le revenu de l'exploitation. Cet élargissement s'avère parfois une stratégie indispensable pour l'exploitant en vue d' « *assurer sa survie* » (Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche, 2009a). En effet, la diversification « *est perçue comme une stratégie importante pour les exploitants afin de réduire leur dépendance à l'activité agricole* »⁷⁷ (McNally, 2001). Un décalage est toutefois observé entre, d'une part, les motifs économiques de diversification et, d'autre part, les résultats obtenus dans la mesure où celle-ci se traduit par une faible contribution au revenu total (McInerney et al., 1989 ; McInerney et Turner, 1991 ; Evans et Ilbery, 1993). L'explication de cette apparente incohérence est que la stratégie de diversification correspond à une « *stratégie visant à réduire le risque* »⁷⁸ (McNally, 2001). La contribution de la diversification prend alors tout son sens lorsque le revenu issu de l'activité agricole se situe en-deçà du revenu attendu (Bowler et al., 1996 ; McNally, 2001). Considérée plus précisément à travers la vente en circuit court, l'aspect économique de la diversification est essentiellement appréhendé à travers la diminution du nombre d'intermédiaires dans la transaction. Il est synonyme d'une meilleure valorisation de l'activité agricole au profit du producteur. Vendre en

⁷⁶ « when traditional farming was unable to address their income needs »

⁷⁷ « is seen as an important (...) strategy for farmers to reduce reliance on agricultural production as a source of income »

⁷⁸ « strategy to spread risk »

circuit court doit permettre à l'exploitant de bénéficier d'un plus grand revenu : « *plusieurs facteurs étant supposés s'additionner pour garantir à l'agriculteur un meilleur revenu* » (Aubert et Enjolras, 2015). Premièrement, avoir une relation directe, ou limitée à un intermédiaire, avec le consommateur doit permettre au producteur de capter une plus grande part de la valeur ajoutée et de bénéficier de paiements immédiats et directs (Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche, 2009b ; Broderick et al., 2011). Deuxièmement, la proximité physique se traduit par une diminution des charges, notamment liées au transport. Cette réduction des coûts induit également une plus grande marge pour le producteur. La vente en circuit court est également considérée comme un mode de commercialisation permettant une plus grande pérennité des exploitations. En effet, la mise en œuvre d'une telle stratégie de commercialisation « *semble être une voie de développement performante* » (Mundler et al., 2009). Les exploitations qui développent des activités de diversification telle que la vente en circuit court ont une plus grande probabilité de maintien que les exploitations dites « *exclusivement agricoles* » (Capt et Wavresky, 2014), c'est-à-dire dont l'activité se limite à une activité productive (Perrier-Cornet et al., 2009).

3.3.2.2.3. Circuit court et durabilité environnementale

L'enjeu de la durabilité environnementale est celui avec lequel la vente en circuit court est le plus souvent assimilée (Penker, 2006 ; Maréchal et Spanu, 2010). Plus précisément, deux niveaux d'activité sont considérés: l'activité productive et l'activité de distribution (Aubert et Enjolras, 2015). En effet, les produits vendus via les circuits courts sont assimilés à des « *produits à faible impact environnemental eu égard à leurs conditions de production et de distribution* » (Loi 2014-1170 du 13 Octobre 2014 d'avenir pour l'Agriculture, l'Alimentation et la Forêt).

- **Activité de distribution**

Le premier argument avancé est que la vente en circuit court induit une réduction des emballages et des conditionnements des produits (Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche, 2009b). Le second est que la proximité entre producteur et consommateur se traduit par une réduction des produits agricoles et donc des émissions de gaz à effet de serre (Penker, 2006). Si le premier argument est entendu unanimement, le second porte à discussion. La relation entre d'une part la proximité entre producteur et consommateur et d'autre part la réduction des émissions de gaz à effet de serre est plus complexe qu'il n'y paraît et nécessite de considérer différents paramètres. Premièrement, cette relation est à conditionner par la distance du consommateur au lieu d'achat. En effet, « *la vente directe n'implique pas systématiquement un moindre déplacement du consommateur qui peut être amené à se déplacer davantage en cas de dispersion des points de distributions* » (ADEME, 2012). Deuxièmement, la dimension logistique à travers notamment le remplissage des camions est un élément indispensable dans la mesure où une faible distance parcourue par le producteur ne signifie pas pour autant que les émissions de

gaz à effet de serre sont moins importantes. Afin de s'en persuader, il faut considérer les émissions conditionnellement au mode de transport. Pour un kilo et un kilomètre parcouru, une camionnette de moins de 3,5 tonnes a un impact 10 fois supérieur à celui d'un camion de 32 tonnes et 100 fois supérieur à celui d'un cargo transocéanique (ADEME, 2012). Ainsi, « *si la logistique est optimisée (adéquation moyen de transport/volume transporté, optimisation du circuit de livraison, remplissage du camion...), les circuits courts peuvent s'avérer très performants du point de vue du transport jusqu'au point de distribution* » (ADEME, 2012).

- **Activité de production**

L'existence d'un lien entre commercialisation en circuit court et plus grand respect de l'environnement est souvent supposée (Alim'Agri, 2010 ; Dufour et Lanciano, 2012). Ainsi, le Plan d'Action visant à développer les circuits courts va de pair avec des « *modes de production durables et respectueux de l'environnement* ». Il a été démontré que les exploitations qui vendent en circuit court ont généralement une logique de production moins intensive et plus respectueuse de l'environnement (Kotilla et Rönni, 2008 ; Maréchal et Spanu, 2010 ; ADEME, 2012). Un des arguments clef est que la proximité du producteur et du consommateur se traduit par une diminution du délai récolte-vente. Si la vente en circuit court est souvent associée à un plus grand respect de l'environnement, cette relation doit toutefois être conditionnée par la nature des produits considérés, et plus précisément par les conditions de production qui en découlent. Des produits dits de saison, c'est-à-dire dont la production ne nécessite pas de serres chauffées, ont des émissions de gaz à effet de serre inférieures aux autres produits. De ce fait, la vente de produits saisonniers est soulignée comme « *crucial(e) pour l'impact énergie-effet de serre* » (ADEME, 2012). Cette prise en compte de la saisonnalité est d'autant plus importante à considérer que « *des aliments produits localement mais 'hors saison' sous serre chauffée pourront consommer plus d'énergie et rejeter plus de gaz à effet de serre que des produits importés où ils sont cultivés en plein air, même en incluant le transport* » (ADEME, 2012). Ceci permet notamment de comprendre pourquoi les recommandations du Ministère portent simultanément sur la valorisation de la vente en circuit court et des produits de saison.

Tant du point de vue de l'activité de production que de l'activité de distribution, la vente en circuit court semble répondre aux enjeux de durabilité environnementale. Une étude prospective commandée en 2010 par M. Dacian Ciolos, alors Commissaire Européen à l'Agriculture et au Développement Rural, synthétise l'interdépendance entre vente en circuit court et enjeux de développement durable, en soulignant « *les intérêts économiques et sociaux des circuits courts (emploi local, soutien aux entreprises, interaction entre producteurs et consommateur...)* » mais aussi « *environnementaux (réduction des « food miles » et donc des émissions liées au transport de marchandises)* » (Ciolos, 2012).

La codétermination de la stratégie productive et de la stratégie commerciale démontrée dans le cadre de notre étude souligne que les producteurs les plus enclins à développer l'une de ces deux stratégies répondent aux exigences des pouvoirs publics à un double titre. Les producteurs qui adoptent des pratiques plus respectueuses de l'environnement sont plus enclins à vendre en circuit court et, réciproquement, les producteurs qui vendent en circuit court sont les plus enclins à adopter de telles pratiques. Ce résultat met donc en exergue l'interaction des stratégies productives et commerciales et leurs effets directs et indirects qui vont dans le sens de politiques publiques en faveur d'une agriculture durable.

L'originalité des études réalisées est ainsi appréhendée à travers des mesures, des jeux de données ou encore des contextes différents. Les résultats obtenus viennent enrichir les études identifiées dans le corpus développé en partie 2. Les travaux menés confirment en effet l'importance des facteurs endogènes dans la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement. Ils ont également permis de souligner que l'adoption d'innovations environnementales est conditionnée par des facteurs exogènes à l'exploitant et à son exploitation. Les articles publiés, ou actuellement en cours en soumission, sont présentés dans la section suivante. Leur contenu permet d'apprécier dans le détail les points saillants qui viennent d'être évoqués.

4. Articles

4.1. Aubert M. et Enjolras G. (2014). The determinants of chemical input use in agriculture: A dynamic analysis of the wine grape-growing sector in France. Journal of Wine Economics, 9 (1): 75-99

The Determinants of Chemical Input Use in Agriculture: A Dynamic Analysis of the Wine Grape–Growing Sector in France*

Magali Aubert^a and Geoffroy Enjolras^b

Abstract

This article examines the determinants of chemical consumption by French winegrowers on an individual basis. We introduce criteria relating to the structure of vineyards and the financial situation of the winegrowers. Using data from the Farm Accountancy Data Network (FADN-RICA) for the period 2002–2007 from an annual sample of 607 winegrowers, we study the different factors that encourage winegrowers to use chemical inputs to protect or increase the yield of their vines. Drawing on transversal and longitudinal analyses, we illustrate the benefits derived from differentiating the demand for inputs according to their classification: pesticides or fertilizers. Climatic variables, physical size, and turnover all act as driving forces in the decision to use chemical inputs. We show that taking out crop insurance functions as a substitute for inputs and observe a double moral hazard effect: Winegrowers who increase their insurance coverage reduce their consumption of inputs the most and receive greater compensation; among insured winegrowers, those who use the most inputs make the most claims. As wine grape growing is a consistent activity conducted over a long period, we observe permanence in patterns of use of chemical inputs. (JEL Classifications: Q12, Q13, Q14)

Keywords: FADN-RICA, fertilizers, France, insurance, pesticides, wine.

*This research has been conducted within the framework of the Precovision Project. The authors thank the editor and an anonymous referee as well as Jean-Pierre Couderc, Pierre Guillaumin, Patrick Rio, and Isabelle Piot-Lepetit from SupAgro-INRA Montpellier for many helpful comments on earlier drafts of this paper. All remaining errors are the responsibility of the authors. An earlier version of the paper was presented at the 6th Annual Meeting of the American Association of Wine Economists, Princeton, NJ, June 7–10, 2012.

^aUMR 1110 MOISA, INRA-Montpellier SupAgro, 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2, France; e-mail: aubert@supagro.inra.fr.

^bUMR 5820 CERAG et IAE de Grenoble, Université Pierre-Mendès-France—Grenoble II, Domaine universitaire, B.P. 47, 38040 Grenoble Cedex 9, France; e-mail: geoffroy.enjolras@iae-grenoble.fr.

I. Introduction

The use of chemical inputs in agriculture has never been as extensive and as severely criticized as in recent years. Used heavily over decades in the name of production-oriented agriculture, chemical inputs have provided the basis for ensuring and substantial agricultural production (Just and Pope, 2003). While pesticides represent a way of protecting plants, fertilizers are designed to stimulate growth (Horowitz and Lichtenberg, 1994; Mishra et al., 2005). The former play a major role in stabilizing farm income while the latter contribute to increasing this income. However, due to the intensive use of these chemical inputs in agriculture, various types of pollution have appeared over time and are at the heart of current environmental concerns.

The increasing precision of scientific analyses means that the direct and indirect impacts of chemical inputs, both on the environment and on human health, can be assessed more clearly (Leach and Mumford, 2008). Three major issues can be identified with regard to sustainable development. First, in ecological terms, it has now been established that chemical inputs contribute significantly to ground pollution through a process of leaching (Craven and Hoy, 2005), and sustained use threatens the integrity of the water table (Anderson et al., 1985; Arias-Esévez et al., 2008). Second, in social terms, pesticides represent a proven source of danger to consumers of products treated with these inputs (Pan et al., 2010) and to farmers who apply them to their crops (Antle and Capalbo, 1994; Antle et al., 1998). Third, in economic and financial terms, chemical inputs are an integral part of the production model of farms, which raises questions concerning the feasibility of reducing them in the agricultural sector (Shumway et al., 1988).

Together, these issues have led to increased oversight in the use of chemical inputs. The European Union (EU) is especially prominent in this area, implementing a new legislative framework on September 1, 2008 (Regulation No. 396/2005 of the European Parliament and of the Council on “maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin”). The aim is to protect consumers from excessive levels of pesticides in food products determined by the European Environment Agency (EEA).¹ Within the EU, the French government initiated the Grenelle Environnement in May 2007, which targeted preservation of biodiversity and natural resources while adopting more environmentally friendly production methods. The Grenelle Environnement was an open-debate conference that involved the government (both national and local authorities) as well as political parties, scientists, trade unions, employers’ associations and environmental protection associations. The resulting commitments were enshrined into the legislation.

¹ An official list of active substances, together with an indication of the maximum authorized residue levels, is available at http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=homepage/.

The French government is particularly concerned about this issue because France is the leading consumer of phytosanitary products in Europe and the third-largest user worldwide (Aubertot et al., 2005). French farms are characterized by a level of use of phytosanitary products similar to that of the other European countries, at an average of 4.4 kg per hectare (ha) (Baschet and Pingault, 2009). Nevertheless, different behavior patterns regarding chemical inputs exist according to different types of production. One-third of the usable agricultural area is intended for large-scale crops and accounts for 48% of spending on inputs, while winegrowing represents 4% of the usable surface area and 14% of spending on chemical inputs. Due to this fact, the legislation (Article 31 of law no. 2009-967 of August 3, 2009) was adopted with a target of reducing the use of phytosanitary products in agriculture by 50% by 2018. In light of the high dependence of wine production on inputs, a target reduction rate of 37% by 2012 may be more realistic for this specific sector (Butault et al., 2010).

Given this context, we propose to study the determinants of winegrowers' demand for chemical inputs. This analysis is designed to identify the motivations of French farmers using pesticides and fertilizers when confronted by risks affecting their harvests. The case of French winemakers is particularly interesting because the consumption of chemical inputs in the wine grape-growing industry has not, to the best of our knowledge, been the subject of any previous studies.

Because agricultural practices will have to evolve in the coming years, one must also consider the perspective of input reduction. Such a change in farming practices represents a leap into the unknown, as pesticides offer protection against certain diseases. The disappearance of pesticides may increase yield volatility and, by the same token, increase the volatility of farmers' income (Foster and Babcock, 1991), while a reduction in fertilizers may lead to a direct reduction in production. Reducing these inputs should, therefore, be accompanied by the development of alternative products to protect farmers against yield volatility and to secure their income. Given these contingencies, we must consider the different insurance strategies adopted by winegrowers (Babcock and Hennessy, 1996). The use of chemical inputs can be compared to a sort of self-insurance (Ehrlich and Becker, 1972), given that the winegrower also uses these products to limit exposure to diseases. Other forms of self-protection include the diversification of crops or activities outside the farm on the part of the winegrower (Coble and Knight, 2002; Feinerman et al., 1992).

Some insurance products are specifically dedicated to covering crops or their yields. The development of these policies progressed considerably in France during the first decade of the twenty-first century with the introduction of private insurance aimed at covering crop yield (Enjolras and Sentis, 2011). French crop insurance policies provide compensation if a farmer's *yield falls below* a defined threshold. Consequently, they do not hedge against price variations. The question remains whether insurance strategies are substitutable or complementary to the application of inputs (Smith and Goodwin, 1996; Wu, 1999). Both pesticides and crop insurance

share the same goal: to protect farmers against losses due to natural disasters and therefore to stabilize their income. For this reason, the literature generally considers them substitutable. The relationship between fertilizers and crop insurance is less clear because the aim of crop insurance is not to enhance farmers' income.

Our analysis applies information from the French Farm Accountancy Data Network (FADN) databases between 2002 and 2007, which offer an overview representative of professional French vineyards, in terms of productive orientation. They are, in fact, the most complete and appropriate information sources when incorporating both the structural and financial aspects of vineyards. Using this data, we consider a number of characteristics of vineyards by focusing on their structure (size, quality of vineyards, etc.) and their financial situation (profitability, yield volatility, indebtedness, etc.). We also introduce several variables, primarily to control for climatic conditions, which are crucial factors in the spread of crop disease and, thus, in the use of inputs (Caswell and Shoemaker, 1993). To ensure the highest level of precision, meteorological readings are taken for each village. Using a combination of these data for the very first time, the analysis offers insight into both the determinants and the dynamics of chemical input use.

The article is organized as follows: in section I, we describe the empirical framework of our research. In section II, we explain the methodology and the variables adopted in our analysis. In section III, we present the results obtained using static and dynamic analyses. Finally, we conclude with a summary of the determinants of the use of chemical inputs by winegrowers and examine the perspectives offered in this study.

II. Empirical Framework Explaining the Use of Chemical Inputs in the Wine Grape–Growing Industry

In this section, we begin by developing a model explaining the farmer's level of chemical input use. We then present the main variables and the associated testable hypotheses.

A. A Model of Farm-level Input Use

Farmers apply inputs in order to increase or preserve their profits. As in Rahman (2003), the maximization function of the farm's profit (Π_{it}) can be written as:

$$\Pi_{it} = \sum_{k=1}^m s_{ikt} Y_{ikt} - \alpha F_{it} - \beta P_{it} - \gamma W_{it} \quad (1)$$

with:

$$Y_{ikt} = f(F_{ikt}, P_{ikt}, W_{ikt}, A_{ikt}, E_{it}) \quad (2)$$

and:

$$\sum_{k=1}^m A_{ikt} \leq A_{it} \quad (3)$$

where:

$$\sum_{k=1}^m F_{ikt} = F_{it} \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^m P_{ikt} = P_{it} \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^m W_{ikt} = W_{it} \quad (6)$$

Equation (1) is the individual production function for each farm i in year t . Y_{ikt} corresponds to the yield of each crop k , depending on fertilizer use F_{ikt} , pesticide use P_{ikt} , workforce use W_{ikt} , the relative area allocated to each crop A_{ikt} and a set of exogenous factors E_{it} . s , α , β , and γ represent the market prices of crops, fertilizers, pesticides, and labor, respectively.

The first-order condition determines the function of demand for all kinds of inputs I_{it} (fertilizers, pesticides, or workforce):

$$I_{it} = I_{it}(\alpha, \beta, \gamma, s_{1t}, \dots, s_{mt}, A_{1t}, \dots, A_{mt}, E_{it}) \quad (7)$$

Equation (7) states that we can estimate individual functions of demand for each type of input. It also indicates which variables may affect the demand for chemical inputs.

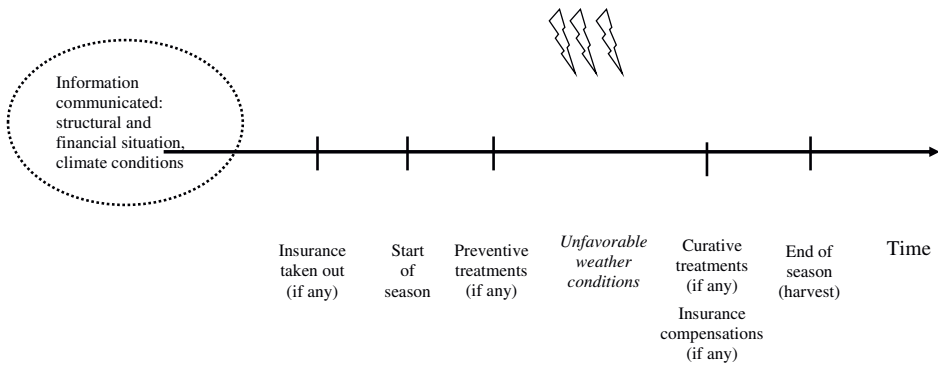
B. Factors Explaining Input Demand

The use of chemical inputs is determined by several factors relating to the characteristics of the vineyards, mainly the structure of the farm, its financial situation, the subscription of crop insurance policies, and the climate. To ensure maximum precision, we use several measurements of the demand for inputs: the consumption of fertilizers, the consumption of pesticides, and the total consumption of inputs. Considerable differences may indeed exist between the use of pesticides and fertilizers considered separately (Mishra et al., 2005).

(1) Chronology of the wine grape-growing season

As explained in the previous section, many factors, for example, the area farmed and the financial results, can explain the use of pesticides. The same factors can also

Figure 1
Chronology of the Wine Grape-growing Season



determine the decision whether to take out crop insurance, which means that pesticide use and crop insurance may be endogenous. This assumption of endogeneity has been explored abundantly in the literature (Babcock and Hennessy, 1996; Chakir and Hardelin, 2010; Goodwin et al., 2004; Wu, 1999).

One essential parameter is nevertheless often neglected: the timeframe of the action (Figure 1). For instance, the decision to take out insurance must be made before the beginning of the season to avoid, in theory, moral hazard effects. Without this clause, an opportunistic farmer could take out insurance after he is in a position to observe low yields. However, when insured, winegrowers may reduce their consumption of chemical inputs (Goodwin et al., 2004; Smith and Goodwin, 1996). Such behavior is unbeknownst to the insurance company. Consequently, the application of inputs on vines, whether preventive or curative, must take into account the farmer's decision to purchase crop insurance.

(2) Structure of the vineyard

The structural variables must enable us to examine the impact of the size of the farm on its consumption of inputs (Babcock et al., 1987). We also consider the quality of the vineyards, which is a decisive factor in their valuation (Reynolds, 2000). The financial variables enable us to test financial performance and to measure the risk exposure of those farms using inputs (Fernandez-Cornejo, 1998). We include in the analysis the profitability of the farm, its yield volatility, and its level of indebtedness.

A vineyard can be described as drawing on structural factors. These indicators include the size of the farm. In absolute terms, it would seem reasonable to expect a positive correlation between the size of the farm and the consumption of chemical inputs. To take size into account, we standardize the consumption of fertilizers and pesticides per ha. We can assume a negative relationship between the use of inputs per ha and the size of the vineyard due to their decreasing profitability.

Other characteristics must also be incorporated in the analysis, such as any specialization observed in the vineyard, because some produce higher-quality wines corresponding to a protected geographical origin. The desire for quality might seem to offer an incentive to reduce the volume of inputs in the production process. At the same time, a high price level may encourage winegrowers to maintain their yields and to continue consuming inputs.

The decision to use chemical inputs also depends on the individual strategy of the winegrower. It would therefore appear necessary to consider education level (Wu, 1999). According to the literature, an educated farmer is more aware of the harmful effects linked to chemical inputs and better able to manage input use (Fernandez-Conejo and Ferraioli, 1999; McNamara et al., 1991). We test whether winegrowers who have received more education adopt a more moderate level of input consumption.

Hypothesis 1a: There is a negative link between the standardized use of chemical inputs and the total area of the vineyard.

Hypothesis 1b: There is a negative link between the standardized use of chemical inputs and the education level of the winegrower.

(3) Financial situation of the vineyard

To evaluate the financial situation of those vineyards that use inputs, we called on a set of criteria usually adopted in corporate finance. As inputs increase yields and reduce the variability of profit (Just and Pope, 2003), turnover is a reference indicator, which offers a complementary measurement to the area farmed, expressed as the size of the vineyard.

This must be complemented by other indicators that measure a vineyard's risk. With this in mind, it is essential to incorporate yield volatility, as the use of fertilizers and pesticides is intended to increase and stabilize yields, respectively (Babcock and Hennessy, 1996; Wu, 1999). The level of risk aversion of the winegrower conditions chemical input use. Another risk factor is indebtedness, which reflects the solvency of a farm (Chakir and Hardelin, 2010). Risk management through inputs is nevertheless costly and may increase the level of indebtedness. However, inputs can ensure the survival of an indebted farm by guaranteeing a proportion of its yields.

Other indicators can also be used, such as intermediate management balances, which offer indications concerning the structure of earnings. A farm's performance must also be measured by calculating its economic profitability. Maintaining earnings or performance may prove to be an incentive to use inputs.

Hypothesis 2a: The greater the financial size and profitability of a vineyard, the more chemical inputs it uses.

Hypothesis 2b: The existence of financial risks to a vineyard has a positive impact on the use of chemical inputs.

(4) Crop insurance strategy

This paper aims to provide new elements for the debate on the substitutability or complementarity between chemical inputs and crop insurance in the wine grape-growing sector. More broadly, one objective is to determine whether chemical inputs increase or reduce risk for winegrowers.

As with the use of chemical inputs, the decision to take out insurance is the winegrower's personal choice aimed at reducing the risk linked to this activity. Insurance involves a cost—the premium—in exchange for which the policyholder may receive compensation in the event of the partial or total destruction of the harvest. Similarly, inputs involve an expense for the farmer. In exchange, pesticides protect yields while fertilizers tend to increase yields. In these conditions, pesticides and crop insurance would appear to be substitutable products (Smith and Goodwin, 1996).

One should also note that all kinds of chemical inputs increase expected yield, some of which decrease risk, combating specific risks, while others increase risk, exacerbating other risks. For instance, pesticides reduce the risks associated with pests, thereby resulting in better yields. At the same time, they also increase the variability of outputs by increasing yields value in good years. In this context, the use of chemical inputs appears to be an additional risk factor, thereby justifying the decision to take out insurance (Horowitz and Lichtenberg, 1993).

Measuring the farmer's level of risk aversion helps to clarify the situation (Pannell, 1991). A farmer who is highly risk averse will increase consumption of inputs. However, this increase will probably be limited by taking out insurance contracts (Feinerman et al., 1992). Inversely, farmers demonstrating little risk aversion will view inputs and insurance products as substitutes (Babcock and Hennessy, 1996).

Hypothesis 3: There is a negative link between chemical inputs and the decision to take out crop insurance.

(5) Climatic conditions

“We do not treat when we want, but when we can.” (Flandin, 1983).

In addition to the timing of the application (Hall and Norgaard, 1974), it is essential to consider climatic conditions (Shoemaker, 1979).

As with numerous crops, the yield of vines is naturally highly sensitive to excessive climate variation (Rosenzweig et al., 2001). For example, high levels of precipitation damage the development of grapes. If these grapes have been treated, the protection would be washed away through seepage into the soil. Because they are now more vulnerable, the vines would then be subject to attack by mold and disease.

Aggregate precipitation is traditionally the only criterion retained in the existing literature (Horowitz and Lichtenberg, 1993; Mishra et al., 2005) while numerous studies ignore the link between climate and pesticide dosage. To explore this question further, the field of variables considered must be extended to include temperature and even levels of sunshine. These two measurements reflect the climatic conditions throughout a season.

Hypothesis 4: Extreme climatic conditions or those favorable to epidemics lead to increased consumption of chemical inputs.

The aim of the following sections is to test these different hypotheses.

III. Methodology

Based on the detailed empirical framework described above, the methodology we have developed identifies the determinants of the use of chemical inputs in the wine production sector. We introduce a full range of variables and econometric models suited to a transversal and longitudinal analysis.

A. Sources of Data

The intensity of chemical input use depends on the structure of the vineyard, its financial results, and the climatic conditions. In order to incorporate all these aspects, we have made simultaneous use of the FADN databases for the vineyards and Météo France for the climate.

(1) FADN data

The FADN databases refer to professional farms in France. By definition, these farms cultivate at least the equivalent of 12 ha (29 acres) of wheat. They also employ the equivalent of at least one person working more than 75% of a full-time workload. Data are obtained annually through a detailed survey performed by the French Ministry of Agriculture. Collected information includes the structural and financial characteristics of the vineyards as well as their practices in terms of input use. Inputs' costs differentiate fertilizers from phytosanitary products. We can retain this distinction of fertilizer versus pesticides while also calculating the total volume of inputs. This enables us to determine whether the criteria for the use of fertilizers are the same as those for the use of pesticides and whether inputs can be considered as a whole.

The data at our disposal cover the period from 2002 to 2007. In 2002, 1,058 farms were surveyed for a total of 44,270 farms operating vineyards in France, while in 2007, 1,042 farms were surveyed, representing a real figure of 43,015 wine farms. In order to assess the changing practices of farmers in terms of input use, our analysis focuses on a balanced panel of 607 French vineyards in permanent activity over

the entire period. We observe that almost 60% of the farms represented in the original sample are retained in the balanced panel since they were present for the entire period. Our database, as a result, contains 3,035 observations.²

With a concern for representativeness, the data collected satisfy the quota method: The stratification takes into account the region, the productive orientation, and the economic dimension of the farms. Data are weighted by the Ministry of Agriculture regarding this stratification in order to represent the entire population of farms more accurately.

(2) Meteorological data

Climate conditions are beyond human control but affect the application of inputs. Following Houmy (1994), we pay close attention to the microclimate in which vines grow so as to enhance the accuracy of the analysis. Yet Lecocq and Visser (2006) and Storchmann (2005) showed that while highly localized weather data improved model fit, less localized data were also quite accurate.

By using targeted climatic variables provided by Météo France, our analysis places meteorological conditions at the heart of the decision-making process. Using a pairing operated at communal level between the FADN data and the meteorological data, we obtain the exact figures for rainfall and temperature observed for each vineyard over the 2002–2007 period.

B. Variables

Our empirical framework considers that the use of chemical inputs depends on several factors. Some are associated with the farm itself, such as structural and financial factors. Others are exogenous, such as climate variations. [Table 1](#) links the variables presented below with the hypotheses developed in the previous section.

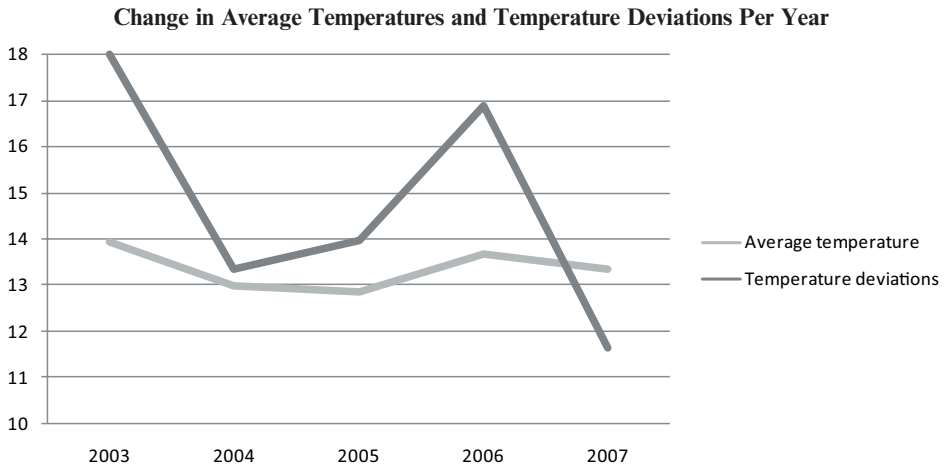
(1) Chemical inputs

Based on the pesticide and fertilizer costs reported by the farms, three indicators of the intensity of use were defined. The first two quantify the costs relating to a specific input: pesticide or fertilizer. The third refers to the total cost of inputs per hectare. This distinction provides a new contribution to the existing literature, which primarily considers inputs an aggregate value.

² Because of the use of lagged variables, some variables for 2002 are included by construction in 2003. As a result, we do not directly use 2002 in the analysis.

Table 1
Definition of the Variables and Associated Hypotheses

<i>Dependent variables</i>		
Pesticides	Total pesticide costs (€/ha)	
Fertilizers	Total fertilizer costs (€/ha)	
Inputs	Total input costs (€/ha)	
<i>Explanatory variables</i>		<i>Hypotheses</i>
Total area	Total area of the farm (ha)	H1a: There is a negative link between the standardized use of chemical inputs and the total area of the vineyard.
Wine specialization	Winegrowing specialization of the farm (1 = Quality wine; 0 = Other wine)	<i>Control</i>
Region	4 categories of regions depending on practices (see Figure 2)	<i>Control</i>
Permanent activity	Permanent operations between 2002 and 2007	<i>Control</i>
Education	Education of the farm manager (3 categories: higher, secondary and other)	H1b: There is a negative link between the standardized use of chemical inputs and the education level of the winegrower.
Turnover	Annual turnover of the farm (€ or €/ha)	
EBT	Earnings before tax (€/turnover)	
ROCE	Return on capital employed—economic profitability of the farm	H2a: The greater the financial size and profitability of a vineyard, the more chemical inputs it uses.
Yield	Annual yield of the vines grown by the farm (€/ha)	
Yield volatility	Variation in the yield of the farm in relation to previous years	H2b: The existence of financial risks to a vineyard has a positive impact on the use of chemical inputs.
Financial leverage	Measure of the indebtedness of the farm	
Crop insurance	Insured during the year (yes/no)	H3: There is a negative link between chemical inputs and the decision to take out crop insurance contracts.
Crop insurance premiums	Total crop insurance premiums (€/ha)	<i>Can demonstrate risk aversion.</i>
Crop insurance claims	Total crop insurance claims (€/ha)	<i>Can demonstrate a moral hazard effect.</i>
Aggregate precipitation	Aggregate volume of precipitation over one year (mm)	
Average temperature	Average temperature observed over one year (°C)	H4: Extreme climatic conditions or those favorable to epidemics lead to increased consumption of chemical inputs.
Temperature deviation	Deviation between the average temperature observed over one year and its average (absolute value)	

Figure 2

(2) Structure of the vineyard

The characteristics linked to the farm and the farmer facilitate the measurement of individual particularities at the moment when the decision to use inputs is made. The total area of the farm expressed in hectares is an essential indicator of the economic dimension.

Productive orientation allows us to distinguish between farms specializing in “designated origin wine” and other vineyards. This distinction reflects the level of specialization of vineyards in quality wines: If this level represents more than two-thirds of their standard gross margin,³ a farm is said to be specialized in quality wine production. The differentiation is fundamental as the requirements linked to these origins are different. Moreover, wine quality can be considered a proxy for the output price, which is not provided by our database.

The education level of the farm manager is also included in the analysis, with three levels of study defined “higher” education, “secondary” education, and “other” (primary education and no general education).

(3) Financial situation of the vineyard

We have retained several indicators including turnover, which reflects the financial size of the farm, and earnings before tax, which measures the difference between revenue and costs.

³The standard gross margin is an indicator used by the European Union to define a common economic value of farm production. It measures the difference between the value of production per hectare and the costs of variable factors of production.

The financial risk linked to wine production is perceived through indebtedness, measured by calculating financial leverage.

$$\text{Financial Leverage} = \frac{\text{Total Debt}}{\text{Total Equity}}$$

We also consider yield and, more specifically, its variability from one year to the next (OECD, 2000). High yield volatility could encourage farmers to target stability through the increased use of inputs.

$$\text{Yield Volatility} = \frac{\text{Production}(t)/\text{Cultivated Area}(t)}{\text{Production}(t-1)/\text{Cultivated Area}(t-1)}$$

Each farm's performance is measured with respect to its economic profitability, which reflects the farm's capacity to generate earnings using its capital. This performance can be improved through the use of fertilizers or protected by pesticides.

$$\text{Return On Capital Employed} = \frac{\text{Net Operating Profit After Tax}}{\text{Capital Employed}}$$

(4) Crop insurance strategy

The FADN database provides information about the amount of crop insurance premiums and compensations received by a farmer for a given year. The original values are expressed in euros per ha.

(5) Climatic conditions

The choice of meteorological variables is primarily dictated by the conditions in which diseases affecting the vines can develop. Excessively high temperature deviations are not favorable to the development of epidemics whereas a regular accumulation of precipitation is much more conducive to their spread.

Similarly, it is important to assess the conditions of input efficiency. Excessively low temperatures make the dormant vegetation relatively unresponsive to pesticides (Houmy, 1994). Conversely, hot weather leads to the evaporation of inputs, which results in low efficiency levels of the treatment. Inputs are also washed out by heavy rain to seep into the soil.

We observe a high level of variability in temperature deviations (Figure 2). Not all farms face the same climatic conditions and do not adjust their use of inputs in the same way, all other things being equal. The indicators and means of measuring them must be chosen correctly, as shown by the differences between the average temperatures in France. Consequently, we take into account

for each year and each farm both the average temperature and the deviation of this average compared to the historical mean (computed over the five previous years).

(6) Control variables

In order to take into consideration the different intensities of input use per geographic location, we consider the different regions for which data exists in the FADN database. Since all regions are not sufficiently well represented, we define four zones according to inputs use (Figure 3). Hence, the regions of Aquitaine, Burgundy, and Champagne-Ardenne, famous for their *grands crus*, are considered together because they are where inputs are most intensively used.

(7) Standardization of variables

To neutralize size effects, we calculate the total cost of chemical inputs in relation to the area farmed. Similarly, the structural and financial variables (not including ratios) are standardized per area and turnover, respectively. We also control for the effects of endogeneity by lagging the financial variables and certain meteorological variables.

C. Models

The use of a balanced panel allows us to conduct an econometric analysis in order to identify the determinants of the intensity of input use. It also enables us to quantify the progression of the main structural and financial indicators according to the changing practices of input use.

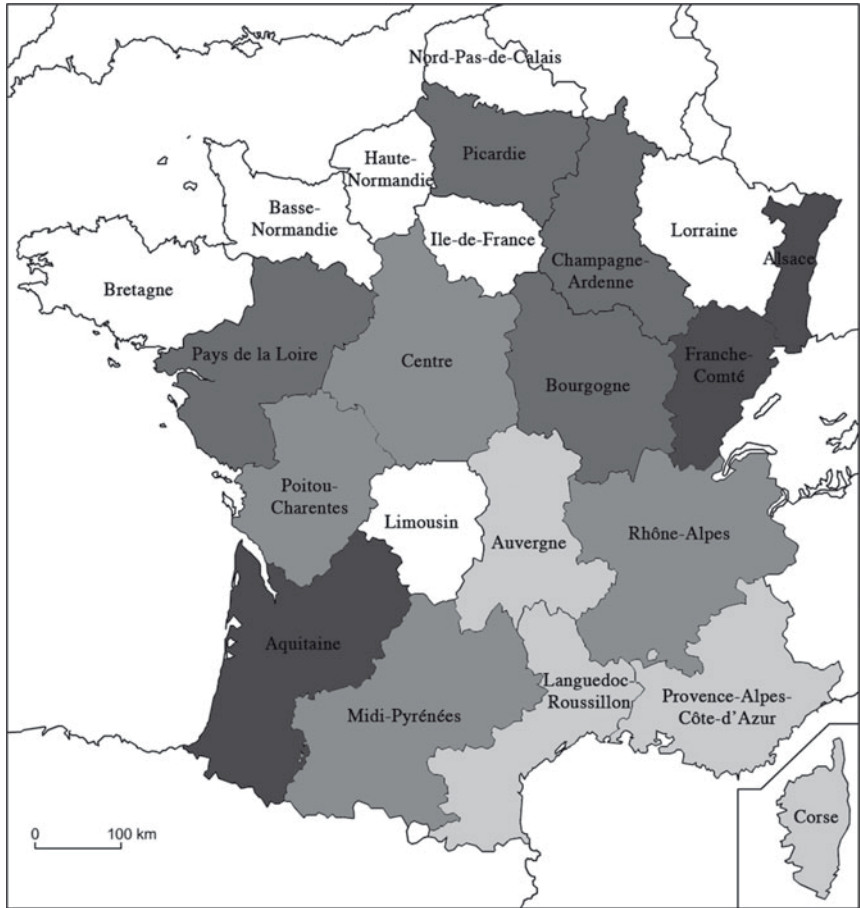
The econometric model considered takes into account the individual dimension (i) and the temporal dimension (t). Thus:

$$y_{it} = \beta + \sum_{j=1} \gamma_j x_{ijt} + \sum_{k=1} \varphi_k w_{ikt-1} + \sum_{m=1} \alpha_m z_{imt-1} + \sum_{f=1} \lambda_f h_{ift} + \zeta_i r_i + \varepsilon_{it}$$

where:

- y_{it} is the cost/ha in pesticides, fertilizers, and chemical inputs
- β is the constant
- γ_j are the coefficients associated with j structural variables—expressed as x_{ijt}
- φ_k are the coefficients associated with k lagged financial variables—expressed as w_{ikt-1}
- α_m are the coefficients associated with m lagged meteorological data—expressed as z_{imt-1}
- λ_f are the coefficients associated with f meteorological data—expressed as h_{ift}
- ζ_i is the coefficient associated with regional practices—expressed as r_i
- ε_{it} are the error terms assumed to be *iid*

Figure 3
Intensity of Chemical Input Use Per Hectare and Per Region



Key

- < 400€/ha
- 400-500€/ha
- 500-700€/ha
- > 700€/ha

Source: Authors' calculations based on FADN—Agreste data, 2007.

We compute three complementary models in order to understand the specificity of each kind of input. Model 1 relates to the costs of pesticides per hectare; model 2 relates to the costs of fertilizer per ha; and model 3 relates to the total costs of inputs per ha.

Within the framework of the panel data, we must define whether our model corresponds to a fixed-effects model or a random-effects model (Greene, 2006). The data at our disposal do not cover all French vineyards. According to Nerlove (2003) and Trognon (2003), this nonexhaustiveness justifies the use of a random-effects model. Two other justifications support this choice: first, the high number of observations and, second, the existence of regional effects of user practices. Heteroskedasticity and autocorrelation tests were carried out to confirm the quality of our estimators (Wooldridge, 2002). Model 1 was corrected for the autocorrelation observed between the error terms.

Another series of models was created for 2007 to confirm the stability of the panel results. The lagged data are based on data for 2006. The explanatory variable for models 4, 5, and 6 is the cost of pesticides, fertilizers, and chemical inputs per ha, respectively. In these models, the tests relating to the error terms were also carried out.

IV. Results

A. Descriptive Statistics

Table 2 describes our sample for the period considered on the basis of extrapolated data at the national level in France.

One should note that both input costs (pesticides and fertilizers) and crop insurance increased slightly from 2002 to 2007. Moreover, we notice that insurance premiums are significantly more expensive than the sum of chemical inputs (about 40% more). We also observe a very strong rise in insurance claims over time. Insurance indemnities greatly exceed premiums for winegrowers in 2007.

B. Regressions on the Demand for Chemical Inputs

We estimate the six regression models described in section III.C. The results are presented in Table 3.

First and foremost, the estimations highlight the benefits of differentiating the types of chemical input as certain significant variables differ from one model to another. Pesticides correspond to products that protect vines, whereas fertilizers correspond to products serving to encourage the growth of the plant. The different uses made of these products are underpinned by a particular rationale and specific determinants. One benefit of our modeling process is that it clearly highlights the

Table 2
Descriptive Statistics of the Main Variables for 2002 to 2007

	2002				2007			
	Mean	Std. dev.	Min	Max	Mean	Std. dev.	Min	Max
Endogenous variables								
Pesticides (€/ha)	512.18	453.96	0.00	3,120.87	571.91	532.53	0.00	4,080.37
Fertilizers (€/ha)	144.91	307.09	0.00	3,857.33	170.86	293.01	0.00	2,766.83
Inputs (€/ha)	657.09	666.32	0.00	5,993.33	742.77	736.11	0.00	5,281.17
Structural variables								
Total area (ha)	21.63	21.86	0.79	353.84	23.20	24.38	0.79	406.26
Financial variables								
Turnover per hectare (€/ha)	14,400.50	21,855.33	0.00	202,114.90	18,382.12	27,574.53	266.81	237,152.90
EBT	0.05	8.33	-239.25	8.19	0.26	0.40	-1.72	2.77
ROCE	0.64	1.21	0.03	63.52	0.54	0.94	0.02	23.53
Financial leverage	0.43	2.06	-24.71	136.98	0.29	11.79	389.51	151.74
Crop insurance premiums (€)	910.56	2,112.80	0.00	31,399.00	1,076.30	2,257.36	0.00	43,170.00
Crop insurance claims (€)	949.11	5,628.90	0.00	101,239.00	1,603.31	7,793.12	0.00	174,243.50
		2002		2007				
		Number of farms	Distribution (%)	Number of farms	Distribution (%)			
Crop insurance	Yes		11,715	26.5	15,058	35.0		
	No		32,555	73.5	27,957	65.0		
Wine specialization	Designation of origin		33,063	74.7	32,376	75.3		
	Other wine		11,206	25.3	10,639	24.7		
General level of education	Higher		4,139	9.4	3,359	7.8		
	Secondary		6,867	15.5	8,626	20.1		
	Other		33,263	75.1	31,031	72.1		
Permanent activity	Yes		24,848	56.0	25,248	58.7		
	No		19,422	44.0	17,767	41.3		
Total			44,270	100.0	43,015	100.0		

Source: Authors' calculations based on FADN—Agreste data from 2002 to 2007, weighted values.

Table 3
Estimated Results of the Random Effects Panel Data and of the Linear Models

	<i>Panel models—Random effects (2002–2007)</i>			<i>Linear models (2007)</i>		
	<i>Model 1 Pesticides</i>	<i>Model 2 Fertilizers</i>	<i>Model 3 Inputs</i>	<i>Model 4 Pesticides</i>	<i>Model 5 Fertilizers</i>	<i>Model 6 Inputs</i>
Chemical input costs per hectare ⁻¹	0.269*** (16.97)	0.089*** (9.32)		0.451*** (3.64)	0.223*** (2.79)	
Crop insurance ⁻¹	-7.546 (-0.79)	5.553 (0.89)	-7.994 (-0.59)	-27.645 (-1.37)	-1.955 (-0.15)	-33.316 (-1.07)
Yield volatility	7.049 (1.37)	5.728** (2.12)	10.112* (1.86)	10.785 (1.41)	3.627 (0.75)	25.790* (1.80)
Total area	-1.147*** (-5.48)	0.113 (0.69)	-1.927*** (-4.79)	-0.900** (-2.92)	0.247* (1.64)	-1.280*** (-3.10)
Wine specialization	-48.587*** (-3.68)	-16.147* (-1.64)	-73.330** (-3.10)	-80.077** (-3.22)	-24.238* (-1.76)	-168.378*** (-5.94)
Education	-12.657 (-1.35)	5.289 (0.70)	-12.677 (-0.67)	-23.568 (-1.20)	5.202 (0.43)	-32.015 (-1.01)
ROCE ⁻¹	7.541 (0.93)	-1.410 (-0.26)	2.849 (0.24)	71.821** (2.59)	6.372 (0.29)	92.723** (2.03)
EBT ⁻¹	4.145 (0.54)	7.110* (1.71)	14.887* (1.78)	6.101 (1.03)	12.478* (1.64)	10.540 (0.66)
Turnover ⁻¹	0.008*** (17.52)	0.004*** (10.19)	0.017*** (24.61)	0.008** (2.20)	0.002 (0.92)	0.020*** (9.99)
Financial leverage ⁻¹	-0.277 (-0.48)	0.187 (0.61)	0.146 (0.24)	-0.571 (-0.72)	0.171 (0.98)	-0.429 (-0.51)
Region	89.765*** (12.30)	25.734*** (5.30)	154.775*** (11.19)	83.770*** (3.90)	24.972*** (3.56)	164.006*** (6.85)
Aggregate precipitation ⁻¹	0.054** (2.52)	0.001 (0.09)	0.101*** (4.12)	-0.009 (-0.14)	-0.089** (-2.09)	-0.221** (-2.08)
Average temperature	16.429*** (4.05)	4.093 (1.38)	20.504** (2.96)	17.721** (2.18)	1.749 (0.37)	4.901 (0.44)
Temperature deviation	-7.132*** (-4.29)	-2.721** (-3.00)	-9.212*** (-4.97)	-2.316 (-0.32)	2.289 (0.67)	-4.546 (-0.42)
Intercept	-102.343 (-1.48)	-46.537 (-1.02)	-117.292 (-1.08)	-160.170 (-0.83)	-49.379 (-0.48)	249.667 (0.87)
Sigma u	61.639	81.754	224.451			
Sigma e	177.092	102.781	209.833			
Rho	0.108	0.388	0.534			
No. of observations	2,903			581		
No. of individuals	607					
R ² overall (panel model)/R ² (linear model)	0.632	0.413	0.593	0.671	0.383	0.608
Wooldridge test for autocorrelation in panel model ^a	0.0269**	0.3083	0.2742			
Likelihood-Ratio test for heteroskedasticity in panel model ^b	1.000	1.000	1.000			
Breusch-Pagan/Cook-Weisberg test for heteroskedasticity in linear model ^b				0.000***	0.000***	0.000***

Source : Authors' calculations based on FADN—Agreste data from 2002 to 2007 and meteorological data.

Notes : * $p < 10\%$; ** $p < 5\%$; *** $p < 1\%$, z and t statistics are indicated in parentheses for panel and linear models respectively. ⁻¹ denotes a lagged variable.

a. The null hypothesis tested is: no first-order autocorrelation. b. The null hypothesis is: homoscedasticity.

advantages of this differentiation. The area farmed mainly affects the use of pesticides. The larger the farm, the less pesticide the farmer uses per ha. This result probably reflects pesticide targeting on certain plots or grape varieties. Inversely, higher yield volatility gives rise to a more intensive use of fertilizers per ha but has no impact on the use of pesticides. The application of fertilizer is therefore determined by a desire to guarantee a minimum yield in all circumstances. Finally, in meteorological terms, we observe that abundant rainfall during a previous period is reflected by a more intensive use of pesticides per ha because the conditions for the development of diseases are more favorable; nevertheless, pesticides have a negative impact on the use of fertilizers for 2007.

Most determinants of the use of inputs remain common to both forms, no matter whether we examine protective products or growth-stimulating products. Farms that specialize in quality wine production correspond to farms that use fewer inputs regardless of the input concerned. Conversely, the greater the turnover (standardized to the area farmed) in the previous period, the more use wine-growers make of inputs per ha in the current period. The model indicates that meteorological factors and, more specifically, the average temperature and temperature deviations, have an effect on the use of inputs. The higher the temperature, the more farmers make intensive use of inputs. Conversely, the greater the temperature deviations, the less farmers make intensive use of inputs. Inputs are therefore applied primarily when the meteorological conditions are conducive to their efficacy.

We also observe that certain factors have no impact on input use. This is the case for the education level of farm managers, earnings before tax (EBT), and the financial leverage observed during the previous period, none of which demonstrates significant coefficients. More surprising is the nonsignificance of crop insurance on input practices. Being insured does not imply any change in consumption of pesticides and fertilizers.

Vineyards differ from other farms in the longevity of the vines. This durability is shown in our analysis through the consistency of past and present use of inputs of any kind. A farm that uses more inputs in the previous period also uses more in the current period. We observe consistent use of inputs, which would appear to be indicative of a permanent production pattern. In the same way, we confirm the existence of a geographic location effect. Certain regions tend to use more inputs per ha than other regions over a number of years.

The models created for a balanced panel or for 2007 alone reflect a relative stability of results obtained. We confirm the significance and direction observed for the majority of the factors considered in relation to the cost of phytosanitary products per ha between models 1 and 4: stability of use between two periods, differential practices at the regional level, specific productive orientations, a level of turnover standardized per area farmed, and the importance of meteorological data. Regarding the cost of fertilizers per ha, we observe that the factors relating to

geographic location, previous use of fertilizer per ha, and EBT are significant in models 2 and 5.

Generally speaking, the adjustment quality of the models is satisfactory, in particular for pesticides and total inputs (models 1, 3, 4, and 6). It appears that the adjustment quality of models 2 and 5 relating to the use of fertilizer per ha is not as high. Other factors not incorporated in our analysis have an impact on the intensity of fertilizer use, although not necessarily or to a lesser extent, on the use of pesticides and of inputs in general.

C. Dynamics of the Demand for Chemical Inputs

In addition to identifying the factors determining the intensity of input use, the temporal dimension of our sample enables us to characterize the farms in structural and financial terms according to their changing use of inputs.

In 2007, the joint use of pesticides and fertilizers per ha was correlated at a level of 50%. The dynamics of progression of their respective use between 2002 and 2007 was correlated at a level of 30%. Consequently, the changes observed in the use of these two inputs are different, thereby consolidating our strategy of differentiating these two indicators.

Three dynamics were defined on the basis of the change in the use of pesticides, fertilizers, and inputs: stability of behavior, lower use of inputs or, on the contrary, more intensive use of inputs. The thresholds demarcating each of these dynamics differ according to the distribution of the change in consumption of the input considered. With regard to the costs of pesticides or inputs, farms with a coefficient of change between -100 and 100 correspond to those demonstrating the most stable behavior. With regard to the costs of fertilizers, the thresholds adopted in light of the distribution of the coefficient are -50 and 50 . The results of the analysis are presented in [Table 4](#).

One of the objectives of applying inputs is to increase yields. This is confirmed in the dynamic analysis. Farms that make more intensive use of inputs enjoyed the largest increase in yields. This increase reflects an increase in production, as the area farmed remains stable irrespective of the change in practices considered. The increase in production goes hand in hand with an increase in turnover. Inversely, for farms that reduce their consumption of inputs, the observed fall in production is coupled with an increase in turnover, reflecting an improved valuation of production. Finally, the production of wine with designation of origin is associated with a greater stability in chemical input consumption compared to other types of wine.

The dynamic analysis provides innovative elements concerning the link between insurance and inputs. While insurance is often viewed as an alternative to the use of inputs, our analysis highlights the fact that winegrowers who increased their level of insurance coverage also reduced their consumption of inputs. At the same time,

Table 4
Structural and Financial Characterizations of Vineyards, Differentiated According to the Evolution of their Practices in Terms of Input Use Per Hectare Between 2002 and 2007

	<i>Pesticide expenses per hectare</i>		
	<i>Less intensive use</i>	<i>Stable use</i>	<i>More intensive use</i>
Distribution in %	50.5%	28.6%	20.9%
Total area	1.047	1.083	0.961
Turnover/ha	240.410	101.678	5993.621
Yield	0.763	-4.123	2.162
EBT	-0.078	-0.150	-0.127
ROCE	-0.000	-0.000	-0.000
Financial leverage	-0.000	0.000	-0.000
Crop insurance premiums	1.069	1.144	1.025
Crop insurance claims	3.552	3.044	6.202
Wine with designation of origin	72.17%	84.57%	71.87%
Other wine	27.83%	15.43%	28.13%
	<i>Fertilizer expenses per hectare</i>		
	<i>Less intensive use</i>	<i>Stable use</i>	<i>More intensive use</i>
Distribution in %	49.0%	25.2%	25.2%
Total area	1.046	1.046	1.019
Turnover/ha	227.956	1282.911	3846.734
Yield	-1.554	-2.492	4.202
EBT	-0.129	-0.071	-0.106
ROCE	-0.000	-0.000	-0.000
Financial leverage	-0.000	0.000	-0.000
Crop insurance premiums	1.133	1.057	1.005
Crop insurance claims	4.273	2.584	4.545
Wine with designation of origin	72.70%	86.37%	70.78%
Other wine	27.30%	13.63%	29.22%
	<i>Chemical input expenses per hectare</i>		
	<i>Less intensive use</i>	<i>Stable use</i>	<i>More intensive use</i>
Distribution in %	41.0%	32.7%	26.3%
Total area	1.053	1.086	0.960
Turnover/ha	246.987	-122.195	5103.784
Yield	-0.963	3.363	4.382
EBT	-0.083	-0.153	-0.095
ROCE	-0.000	-0.000	-0.000
Financial leverage	-0.000	0.000	-0.000
Crop insurance premiums	1.178	1.148	0.823
Crop insurance claims	4.600	2.645	4.450
Wine with designation of origin	73.31%	85.00%	67.70%
Other wine	26.69%	15.00%	32.30%

Source : Authors' calculations based on FADN—Agreste data from 2002 to 2007.

they received more compensation, reflecting a moral hazard effect. In the case of farmers who did not change their crop insurance strategy, their demand for chemical inputs remained unchanged. Finally, it should be noted that farmers who took out less insurance coverage or increased their insurance consumption by less than the

other groups made more intensive use of fertilizers or pesticides. Correspondingly, they also demonstrated the largest increase in insurance claims. This would suggest other evidence of moral hazard in that these farmers take more risks by using more inputs. Such results are in line with observations made by Horowitz and Lichtenberg (1993).

Generally speaking, all farms experienced a fall in the economic profitability of their activity, a clear indication of the crisis affecting the wine grape-growing sector in France in recent years. This loss is felt more severely by farms that use relatively more inputs, perhaps due to the cost of inputs and the associated risks. Nevertheless, the change in financial leverage and EBT is not significant, reflecting stability with the results of the regressions.

V. Conclusion

In our article, we have endeavored to determine the factors that encourage professional French winegrowers to use chemical inputs in order to protect or increase the yield of their crops. First and foremost, the results show that differentiating the inputs is a key element to be taken into consideration. Not all inputs offer the same utility: Whether to protect or stimulate the growth of a plant, each input satisfies a distinct rationale that must be taken into account. The results obtained remain globally stable between the panel data models estimated for the period from 2002 to 2007 and the models developed for 2007 alone.

Among the variables positively affecting the use of inputs, farm size plays an incontestable role. Input-intensive farms are characterized by a small area (H1a) combined with a high turnover per ha (H2a). A salient result is that the application of fertilizers and pesticides is driven mostly by unfavorable climatic conditions (H4). Risk, measured by yield volatility, is also an essential criterion in determining the application of inputs, particularly with regard to fertilizers (H2b). All of these results indicate an adaptive behavior on the part of farmers.

Nevertheless, the other risk factor—indebtedness—is not significant (H2b). This is also true of economic profitability and earnings before tax (H2a). Most of the financial variables are irrelevant, reflecting the predominance of structural variables in the decision to treat the vines. Personal criteria, such as education level, do not appear to exercise any major impact (H1b).

The last set of results has major implications in terms of public policy. We attempted to review the interaction between crop insurance and chemical inputs, starting with the principle that the farmer must decide to take out insurance before applying the fertilizers or pesticides. The interest in this interaction is considerable because insurance can serve to compensate for the scheduled diminution of chemical inputs. The results from the regressions show that the decision to take out insurance does not in and of itself influence the use of chemical inputs.

However, the dynamic analysis demonstrates a substitutability effect over time as farmers who reduce their consumption of inputs increase their demand for crop insurance significantly (H3).

Crop insurance claims paid to these farmers increase more quickly than the average. This result clearly denotes a moral hazard effect, which may jeopardize the insurability of crops as restrictions on the use of inputs become more severe. Moreover, winegrowers who increase their consumption of pesticides also submit more insurance claims, probably because excessive use of an input becomes a new risk factor.

The phenomenon of asymmetric information means that the results observed must be refined, and the perspectives revealed by our research are numerous given the paucity of studies exploring the demand for inputs in the wine grape-growing sector. It would be interesting to study in greater detail the dynamic behavior of winegrowers according to their consumption of inputs. Types of vineyard by region or variety would provide results enabling the reduction of inputs and the implementation of alternative and precisely planned solutions.

References

- Anderson, G.D., Opaluch, J.J., and Sullivan, W.M. (1985). Nonpoint agricultural pollution: Pesticide contamination of groundwater supplies. *American Journal of Agricultural Economics*, 67(5), 1238–1243.
- Antle, J.M., and Capalbo, S.M. (1994). Pesticides, productivity, and farmer health: Implications for regulatory policy and agricultural research. *American Journal of Agricultural Economics*, 76(3), 598–602.
- Antle, J.M., Cole, D.C., and Crissman, C.C. (1998). Further evidence in pesticides, productivity and farmer health: Potato production in Ecuador. *Agricultural Economics*, 18, 199–207.
- Arias-Esével, M., Lopez-Periago, E., Martinez-Carballo, E., Simal-Gandara, J., Merut, J.C., and Garcia-Rio, L. (2008). The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 123, 247–260.
- Aubertot, J.-N., Barbier, J.-M., Carpentier, A., Gril, J.-J., Guichard, L., Lucas, P., Savary, S., Savini, I., and Voltz, M. (2005). Pesticides, agriculture and the environment. Collective Scientific Expert Report, Institut National de la Recherche Agronomique, Cemagref, Paris, France.
- Babcock, B.A., and Hennessy, D.A. (1996). Input demand under yield and revenue insurance. *American Journal of Agricultural Economics*, 78, 416–427.
- Babcock, B.A., Chalfant, J.A., and Collender, R.N. (1987). Simultaneous input demands and land allocation in agricultural production under uncertainty. *Western Journal of Agricultural Economics*, 12(2), 207–215.
- Baschet, J.-F., and Pingault, N. (2009). La réduction des usages de pesticides: le plan Ecophyto 2018. Analyse Prospective et Evaluation, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, report no. 4/2009, available at http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Analyse_4_Ecophyto_indicateurs-2.pdf.

- Butault, J.-P., Dedryver, C.-A., Gary, C., Guichard, L., Jacquet, F., Meynard, J.-M., Nicot, P., Pitrat, M., Reau, R., Sauphanor, B., Savini, I., and Volay, T. (2010). Ecophyto R&D, quelles voies pour réduire l'usage des pesticides. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, France.
- Caswell, M.F., and Shoemaker, R.A. (1993). Adoption of pest management strategies under varying environmental conditions. USDA Economic Research Service, Technical Bulletin 1827. Washington, DC.
- Chakir, R., and Hardelin, J. (2010). Crop insurance and pesticides in French agriculture: an empirical analysis of multiple risks management. Cahiers de recherche INRA SAE2, 2010/04. Working paper, available at http://www.grignon.inra.fr/economie--publique/english/wp/docs_2010/2010_04.pdf.
- Coble, K.H., and Knight, T.O. (2002). Crop insurance as a tool for price and yield risk management. In R.E. Just and R.D. Pope (eds.), *A Comprehensive Assessment of the Role of Risk in Agriculture*. Boston: Kluwer, 445–468.
- Craven, C., and Hoy, S. (2005). Pesticides persistence and bound residues in soil—regulatory significance. *Environmental Pollution*, 133: 5–9.
- Ehrlich, I., and Becker, G.S. (1972). Market insurance, self-insurance and self-protection. *Journal of Political Economics*, 20(4), 623–648.
- Enjolras, G., and Sentis, P. (2011). Crop insurance policies and purchases in France. *Agricultural Economics*, 42, 475–486.
- Feinerman, E., Herriges, J.A., and Holtkamp, D. (1992). Crop insurance as a mechanism for reducing pesticide usage: A representative farm analysis. *Review of Agricultural Economics*, 14(2), 169–182.
- Fernandez-Cornejo, J., Jans, S., and Smith, M. (1998). Issues in the economics of pesticide use in agriculture: A review of the empirical evidence. *Review of Agricultural Economics*, 20(2), 462–488.
- Fernandez-Cornejo, J., and Ferraioli, J. (1999). The environmental effects of adopting IPM techniques: The case of peach producers. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 31(3), 551–564.
- Flandin, P. (1983). Matériel et techniques de traitement. Bilan des moyens actuels. Evolution en vue, *Motorisation et techniques agricoles*.
- Foster, W.E., and Babock, B.A. (1991). Producer welfare consequences of regulating chemical residues on agricultural crops: Maleic hydrazide and tobacco. *American Journal of Agricultural Economics*, 73(4), 1224–1232.
- Goodwin, B.K., Vandever, M.L., and Deal, J.L. (2004). An empirical analysis of acreage effects of participation in the federal crop insurance program. *American Journal of Agricultural Economics*, 86(4), 1058–1077.
- Greene, W. (2006). *Econometric Analysis*, 6th ed. New York: Pearson Prentice Hall.
- Hall, D.C., and Norgaard, R.B. (1974). On the timing and application of pesticides. *American Journal of Agricultural Economics*, 55(2), 198–201.
- Horowitz, J., and Lichtenberg, E. (1993). Insurance, moral hazard, and chemical use in agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 75(4), 926–935.
- Horowitz, J., and Lichtenberg, E. (1994). Risk-reducing and risk-increasing effects of pesticides. *Journal of Agricultural Economics*, 45(1), 82–89.
- Houmy, K. (1994). Importance des conditions climatiques dans l'application des produits phytosanitaires. *Revue ANAFIDE*, 97, 34–40.
- Just, R.E., and Pope, R.D. (2003). Agricultural risk analysis: Adequacy of models, data, and issues. *American Journal of Agricultural Economics*, 85(5), 1249–1256.

- Leach, A.W., and Mumford, J.D. (2008). Pesticide environmental accounting: A method for assessing the external costs of individual pesticide applications. *Environmental Pollution*, 151, 139–147.
- Lecocq, S., and Visser, M. (2006). Spatial variations in weather conditions and wine prices in Bordeaux. *Journal of Wine Economics*, 1(2), 114–124.
- McNamara, K.T., Wetzstein, M.E., and Douce, G.K. (1991). Factors affecting peanut producer adoption of integrated pest management. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 13, 129–139.
- Mishra, A.K., Nimon, R.W., and El-Osta, H.S. (2005). Is moral hazard good for the environment? Revenue insurance and chemical input use. *Journal of Environmental Management*, 74, 11–20.
- Nerlove, M. (2003). *Essay in Panel Data Econometrics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- OECD. (2000). *Income Risk Management in Agriculture*. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development.
- Pan, J., Plant, J.A., Voulvoulis, N., Oates, C.J. and Ihlenfeld, C. (2010). Cadmium levels in Europe: Implications for human health. *Environmental Geochemistry and Health*, 32(1), 1–12.
- Pannell, D.J. (1991). Pests and pesticides, risk and risk aversion. *Agricultural Economics*, 5, 361–383.
- Rahman, S. (2003). Farm level pesticide use in Bangladesh: Determinants and awareness. *Agriculture Ecosystem and Environment*, 95, 241–252.
- Reynolds, A. (2000). *Managing Wine Quality: Viticulture and Wine Quality*, vol. 1. Cambridge: Woodhead.
- Rosenzweig, C., Iglesias, A., Yang, X.B., Epstein, P.R., and Chivian, E. (2001). Climate change and extreme weather events; Implications for food production, plant diseases, and pests. *Global Change and Human Health*, 2(2), 90–104.
- Shoemaker, C.A. (1979). Optimal timing of multiple applications of pesticides with residual toxicity. *Biometrics*, 35, 803–812.
- Shumway, C.R., Saez, R.R., and Gottret, P.E. (1988). Multiproduct supply and input demand in U.S. agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 70, 330–37.
- Smith, V., and Goodwin, B. (1996). Crop insurance, moral hazard, and agricultural chemical use. *American Journal of Agricultural Economics*, 78(2), 428–438.
- Storchmann, K. (2005). English weather and Rhine wine quality: An ordered probit model. *Journal of Wine Research*, 16(2), 105–119.
- Trognon, A. (2003). L'économétrie des panels en perspective. *Revue d'économie politique*, 113(6), 727–748.
- Wooldridge, J.M. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge: MIT Press.
- Wu, J.J. (1999). Crop insurance, acreage decisions and non-point source pollution. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(2), 305–320.

4.2. Aubert M. et Enjolras G. (2014). Between the approved and the dose actual dose. A diagnosis of pesticide overdosing in French vineyards. Review of Agricultural and Environmental Studies, 95(3): 327-350.

Between the approved and the actual dose. A diagnosis of pesticide overdosing in French vineyards

Magali AUBERT*, Geoffroy ENJOLRAS**

*INRA, UMR 1110 MOISA, Montpellier SupAgro, F-34060 Montpellier, France

**Univ. Grenoble Alpes, UMR 5820 CERAG, IAE, F-38040 Grenoble, France

e-mail: geoffroy.enjolras@iae-grenoble.fr

Abstract – In this article, we explore the factors leading winegrowers to apply pesticide doses exceeding the official recommendations. Our approach is founded on an original methodology that determines practices of overdosing by matching four databases in 2006: the Farm Accountancy Data Network (FADN); the cropping practices survey (PK) in the winegrowing sector; the e-phy database operated by the French Ministry of Agriculture and Food, which identifies authorised doses per input; and climatic data measured by the Météo France meteorological office. Our sample, which contains 105 vineyards throughout France, reveals that 50% of these winegrowers never overdose, while 24% systematically apply excessive doses of pesticides. The latter group benefits from a comfortable financial situation, but suffers from an unfavourable climate.

Keywords: pesticides, overdosing, winegrowing, France, FADN

Entre dose homologuée et dose réellement appliquée. Un diagnostic des exploitations viticoles françaises

Résumé – Dans cet article, nous étudions les facteurs qui conduisent certains viticulteurs à surdoser leur utilisation de pesticides par rapport aux prescriptions réglementaires. Notre approche repose sur une méthodologie originale qui détermine les pratiques de surdosage par un appariement de quatre bases de données de 2006 : le Réseau d'information comptable agricole (RICA), l'enquête des pratiques culturales (PK) en viticulture, la base e-phy gérée par le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, qui identifie les doses autorisées par intrant et des données climatiques issues de relevés Météo France. Dans notre échantillon de 105 exploitations, 50 % des exploitants ne surdosent jamais alors que 24 % surdosent de façon systématique toutes leurs applications de pesticides. Ces derniers bénéficient notamment d'une situation financière confortable mais souffrent d'un climat défavorable.

Mots-clés : pesticides, surdosage, viticulture, France, RICA

JEL classification: Q14, Q16, Q18

1. Introduction

Reducing the consumption of chemical inputs, fertilisers and pesticides has become a primary objective in France in the wake of the *Grenelle de l'Environnement* (2007). The challenge facing the country is considerable as France is the leading European consumer of chemical inputs in terms of volume and the third largest consumer worldwide (Aubertot *et al.*, 2005). In the French agricultural sector, pesticides are not used consistently and major disparities exist between different types of agricultural production. Accordingly, arable crops represent 48% of chemical inputs expenditure yet account for only one third of the land farmed (Baschet and Pingault, 2009). Winegrowing represents 4% of utilized agricultural area (UAA) within the country but accounts for 14% of chemical inputs expenditure, making it a relevant area for our study. In 2009, the legislature set a target of reducing consumption by 50% by 2018, a figure which was then reduced to 37% for vineyards following the "EcoPhyto Report" (Butault *et al.*, 2011).

Vines are perennial crops that suffer from many diseases, such as mildew and powdery mildew, which reduce grape yields. Despite efforts to select resistant grape varieties (Goheen, 1989), favourable weather conditions are conducive to the development of disease (Koleva *et al.*, 2009). In light of this, pesticides remain the main solution used by farmers to reduce the extent of diseases (Houmy, 1994, Mishra *et al.*, 2005), and winegrowers are among those most affected by the targeted reduction (Butault *et al.*, 2011; Carpentier, 2010). The effort required is even greater as pesticides are an integral part of the production processes due to their capacity to accelerate the development of crops while protecting them from biological risks (Just and Pope, 2003). Use of these products nevertheless raises questions concerning the sustainability of an approach relying on these factors of production. Inputs are indeed responsible for environmental pollution affecting both the soil and the water table (Craven and Hoy, 2005). They are also at the root of health problems affecting workers who handle them as well as consumers (Etienne and Gatignol, 2010).

Many avenues exist to reduce pesticides. An analysis of the literature shows that the common approach consists of implementing more environmentally friendly practices. Changes in pest management are generally driven by farm characteristics. Many studies deem education level to be one of the main factors (Dörr and Grote, 2009; Fernandez-Cornejo and Ferraioli, 1999; McNamara *et al.*, 1991; Wu, 1999). Financial characteristics are also cited as key determinants of how pesticide risks are managed. While Chakir and Hardelin (2009) focus on the solvency level, Galt (2008) and Sharma *et al.* (2011) emphasize the role of farm indebtedness. Confronted by climate hazards, farmers can be inclined to replace pesticides by similar products such as insurance policies (Aubert and Enjolras, 2014; Feinerman *et al.*, 1992; Smith and Goodwin, 1996). Structural characteristics also condition pesticide use. Among them, the size of the farm appears to be a key determinant of risk management (Burton *et al.*, 2003; Dörr and Grote, 2009; McNamara *et al.*, 1991).

Efficient pesticide reduction supposes to be in compliance with the regulation and a first step toward more environmental crop protection is to identify growers having overdosing practices. However, the literature lacks analyses on the topic of input overdosing (Bürger *et al.*, 2012; Sattler *et al.*, 2007). The main reason is that identifying and evaluating farmers' practices of overdosing involves finding adequate data sources that provide information not only on pesticide application but also on the structure of the vineyard, its financial situation and climatic conditions. We propose in this paper to identify wine producers who use excessive doses of pesticides in relation to the recommendations from chemical input manufacturers and/or environmental regulation. This approach is then used to determine the factors that lead to overdosing practices. For that, this article adopts the approach of combining existing databases for year 2006, which are commonly used for research in agricultural economics. The data from the Farm Accountancy Data Network (FADN) provide some structural and financial parameters. The "cropping practices survey" (PK) provides details of pesticides—fungicides¹, insecticides and acaricides—applied in each vineyard. To measure overdosing, it is necessary to cross these data with recognised references such as the "e-phy" database, created and published by the French Ministry of Agriculture and Food, which identifies the authorised doses *per* input. The matching performed allows us to identify which pesticide has been overdosed. Finally, meteorological databases of Météo France provide additional climate data. Matching these four databases for the very first time is a key contribution of our paper because it offers the possibility to measure overdosing with a high degree of precision at the plot level and to understand the rationale behind this practice.

Our article is organised in the following manner: in the first section, we present the methodology used for measuring overdosing founded on an original matching of several databases. In the second section, we detail the model with the aim of understanding the practice of overdosing. In the third section, we discuss the results. Finally, we conclude with a summary of the strategies adopted by the vineyard owners and the perspectives offered by our study.

2. Measuring overdosing: a database matching

The methodology for measuring pesticide overdosing calls for an original process of matching databases.

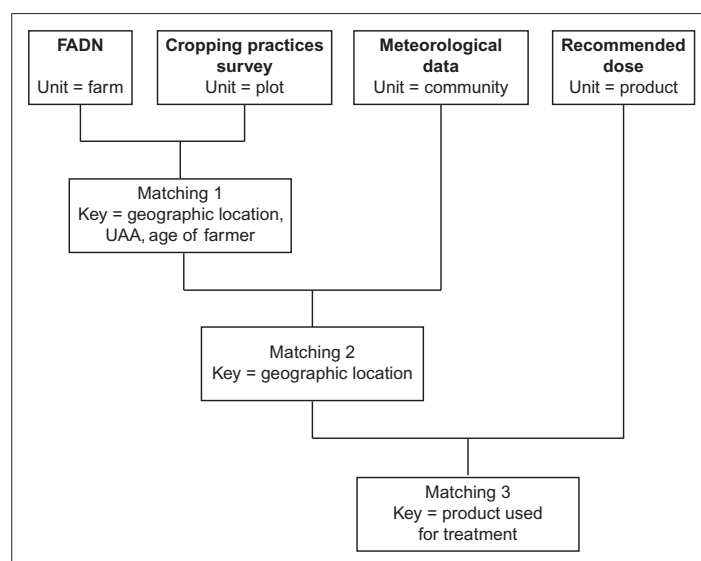
2.1. Database matching

To understand the full complexity of the process of overdosing as experienced by winegrowers, numerous factors must be taken into consideration. Naturally, these concern the farmers' characteristics, the structure of the

¹ Such products represent 80% of the chemicals used on vineyards (Agreste Primeur, 2012).

farm and its financial characteristics but also include climatic factors. In order to incorporate all this information as precisely as possible, we adopted a three-step process to match the data from the FADN databases, the winegrowing “cropping practices survey” (PK), weather forecasts (Météo France) and the doses recommended by both the legislation and the manufacturers (e-phy) as shown in Figure 1.

Figure 1. Methodology for matching all databases



Source: Own contribution.

2.1.1. Step 1: Matching the FADN and the PK databases

The matching process we undertook involved coordinating databases with their own logic and their own units of measure. While the FADN is representative of the production orientation and the region at the national level of all commercial French farms², the PK survey focuses exclusively on farms producing wine, *i.e.* at least two-thirds of the standard gross margin (SGM) results from a winegrowing activity. Whereas the unit of FADN data is the individual farms, the data from the PK survey primarily consider plots of land. Furthermore, the number of plots surveyed for a given farm does not necessarily correspond to the total number of plots, the latter varying among farms. Assuming that the behaviour of winegrowers is similar from one plot to another, we can then match the FADN and PK databases considering variables defined at the farm level, *i.e.* independently of the number of plots.

² A farm is said to be commercial if its Standard Gross Margin (SGM) is greater than €9,600 and if it employs at least 0.75 Annual Work Units (AWU).

The availability of data is a crucial factor for the matching process. The last PK surveys on winegrowing plots were conducted in 2006 and in 2010. The FADN data are updated annually but the complete records at our disposal do not go past 2008. Therefore, matching between the two databases can only rely on the year 2006. That year, plots on the PK comprise 5,216 different farms while the FADN only lists 1,043 farms in the winegrowing sector. Matching these two databases involved identifying the common information at farm level, including geographic location, the agricultural area farmed, the age of the farm manager and the Economic and Technological Orientation (OTEX). Considered successively, these elements constituted the matching key necessary to our analysis.

We began by considering a stratification relating to the geographic location and the technical orientation of the farm. We then performed a manual check—case by case—of the matching of the farms identified according to their size and the age of the farm manager. Despite the common units, especially for the agricultural area of the farm (hectares), it was difficult to find perfect matches due to rounding. This crucial step in our analysis required particular attention. Sometimes the incorporation of other factors (such as the area of land allocated to winegrowing as a proportion of total land) was necessary in order to validate each FADN-PK pair of farms definitively.

Using the matching key defined above, we identified 135 farms present in both files. More precisely, we retained 2.97% of the farms present in the PK and 14.86% of the farms in the FADN.

2.1.2. Step 2: Combining with climatic data

Incorporating climatic data meant combining the new file obtained above with the meteorological data collected by Météo France. This second matching exercise was based solely on the geographic location identified at the municipal level. This refined geographic location was not taken into account during the first matching process as the FADN file only mentions the region in which the head office of the farm is located in contrast to the PK, which indicates a municipality-based location.

The data obtained in this step enabled the comparison of the structural, financial and climatic parameters proper to each farm retained. We also gained access to the details of the doses applied for each plot of land.

2.1.3. Step 3: Incorporating the pesticide dosage

The aim of the final step was to determine whether winegrowers applied an overdose of pesticides. To define an overdose, a correspondence was established between the products used (*e.g.* fungicides or insecticides) for each pesticide and the doses authorized by the legislation or, by default, recommended by the manufacturers. In practice, after having identified the different products used by the winegrowers, we established a correspondence with the authorised

doses identified in the “e-phy” database of the Ministry of Agriculture and Food in 2006³.

The PK file lists 677 different products used by the farmers, but we chose to target the products most commonly used in vineyards: 84.8% of farms in our sample use only 20.4% of all products indexed in the PK database. Therefore, we ignored the 30 farms of our sample that applied only other kinds of pesticides. The final database contains 105 farms.

2.1.4. Validation of the final database

Despite its small size, the final database offers the ability to study the behaviour of farms towards pesticide use. By design, the sample cannot pretend to be representative of the wine-growing regions. However, this weakness is compensated by the high degree of precision regarding the structure, financial situation and weather conditions of the surveyed farms.

Given that the final database is generated from FADN data with a unit at the farm scale, we measure its statistical relevance by comparing its characteristics with variables considered for the FADN stratification: the usable agricultural area, the standard gross margin and the OTEX. Results provided in Table 1 show that these two databases present similar characteristics according to these criteria. In addition, expenses in pesticides

Table 1. Comparison between the newly created database and the FADN

	Newly created database	FADN database	Equality of means test Pr > t
Usable agricultural area (UAA, in ha)	24.46	27.73	0.1531
Standard Gross Margin (SGM, in €)	162249.93	163334.45	0.9198
Expenditures on fertilizers (€/ha)	104.04	138.38	0.1146
Expenditures on pesticides (€/ha)	526.68	479.66	0.2779

Source: Own contribution, based on Agreste - FADN (2006), PK (2006).

Keys: The null hypothesis considers equality of means between the two populations. Means are significantly different at the 10% (*), 5% (**), and 1% (***) thresholds.

	Newly created database	FADN database	Chi2 test
OTEX 37 (quality winegrowing)	83.23%	77.66%	0.0956*
OTEX 38 (other winegrowing)	16.77%	22.34%	

Source: Own contribution, based on Agreste - FADN (2006), PK (2006).

Keys: The null hypothesis considers the independence of populations. Independence between the two populations is significantly significant at the 10% (*), 5% (**), and 1% (***) thresholds.

³ Data were collected from an older version of the e-phy website: <http://web.archive.org/web/20060427134323/http://e-phy.agriculture.gouv.fr/> (last checked on March 21, 2014).

and fertilizers are analogous between our database and the FADN for commercial wine growing farms.

2.2. Measuring the practice of overdosing

Dealing with overdosing practices raises several methodological issues in terms of identification and measurement. To the best of our knowledge, few studies have focused on the intensity of pesticide use. Sattler *et al.* (2007) propose and discuss a methodology capable of assessing the intensity of pesticide use in Germany by computing proxies referred to as “Standard Treatment Indices *per crop*” or STIs. This method takes into account the number of active substances *per application*, the number of applications during a single season and the area treated.

$$\text{STI} = \text{Active substances per application} \times \frac{\text{Actual application}}{\text{Recommended application}} \times \frac{\text{Treated area}}{\text{Total area}} \quad (1)$$

This indicator is also known as a Treatment Frequency Index (TFI) when the active ingredients⁴ *per application* are not taken into account. Both STI and TFI are synthetic indicators of the intensity of pesticide use.

Bürger *et al.* (2012) used STIs in order to measure the influence of cropping system factors on the intensity of pesticide use. They found that crop management and treatment patterns (*e.g.* sustainable farming) mainly influence pesticide use. These two studies based on STIs went beyond the common measurement of pesticide consumption. However, they were somewhat limited by their inability to measure directly the excess products, molecules and combinations of molecules applied to crops. In reality, they could only compare the individual use of pesticides on each farm with regional references, thereby providing a relative measurement of overdosing.

Considering the data available in our sample, we cannot precisely identify the area treated on a considered plot. Without such information, we can compute neither TFI nor STI indices. Otherwise, such measures would over-represent treatments that are not overdosed. Instead, we propose a more relevant measurement of overdosing that takes into account the product quantities actually applied to the plants. Any overdosing can be measured directly by comparing the doses of the different pesticides applied during a single season with the upper limits recommended by the manufacturers and the health authorities. Let us suppose that, for a given plot k ($k = 1, \dots, m$),

⁴ Active ingredients are the chemicals in pesticide products that kill, control or repel pests. For instance, the active ingredients in a herbicide are the ingredients that kill weeds. Pesticide product labels always include the name of each active ingredient and its concentration in the product.

a farmer i applies pesticides j ($j = 1, \dots, n$) with a dose $I_{i,j}$ over the course of a season. $\bar{I}_{i,j}$ is an aggregate value that may include several passes over the plants.

The dose of each product j applied on each plot k is compared to the maximum value recommended by the manufacturer or authorised by the legislation \bar{I}_j ⁵ over the course of one season in order to determine a formal record of overdosing:

$$Dose_{k,j} = I_{k,j} - \bar{I}_j \quad (2)$$

If equation (2) provides a positive result, a case of overdosing of product j on plot k has been detected.

The measurement can also be standardised as a percentage of the dose:

$$\%Dose_{k,j} = \frac{I_{k,j}}{\bar{I}_j} \times 100 \quad (3)$$

We can thus directly identify farmers who occasionally apply excessive doses of pesticides j , for one or more plots k , or more systematically, for all surveyed plots; and farmers who comply with the recommendations or regulation in treating their plots.

Given that our database is constructed at the farm level, the salient question is how to define a synthetic indicator of overdosing at this scale. Because the doses of pesticides are expressed in different units (kg/ha, l/ha, kg/hl, l/hl) depending of the availability of products in solid or liquid form, we are not able to calculate an aggregate measure of overdosing.

Due to this constraint, the only reliable way to obtain a synthetic indicator of overdosing at the farm level involves counting pesticide applications for which an overdose has been observed. On the basis of the distribution of this percentage, we observe highly polarised behaviour: while 55% of farmers never overdose on their plots, around 20% of them overdose systematically. Such behaviour advances the hypothesis that any overdosing observed on a farm's plots of land reflects the global overdosing behaviour of the farm. Yet, the count for overdosed applications cannot be used in the upcoming analysis because all plots of a farm are not systematically surveyed in the PK and because the number of applications varies depending on the plots.

⁵ One should note that thresholds indeed differ depending on the type of chemical input. For instance, Sekoya® is prohibited for treating mildew but authorised for treating grey rot. Similarly, Cabrio Top® is limited to 1 kg/ha when it is used to treat powdery mildew whereas it is limited to 2 kg/ha for mildew. Insofar as we do not know the precise reasons for winegrowers applying chemical inputs, we have to consider the maximum authorised threshold.

Therefore, given the dichotomy observed between farmers who overdose all their applications and farmers who never overdose, we consider overdosing a dichotomous behaviour. As soon as a product is overdosed on a plot, we consider that the farmer overdoses. Although simplified and imposed by the data set, this distinction has the advantage of being clear and directly usable in a model aimed at understanding the determinants of overdosing behaviours.

3. Explaining overdosing: a model

Once measured, the overdosing behaviour needs to be interpreted. In this section, we propose a theoretical model of overdosing based on the existing literature and the possibilities offered by our database.

3.1. A theoretical model of overdosing

Farmers apply pesticides with the goal of protecting their income. This practice is part of a global production strategy, the aim of which is to maximize a farmer's production and profit. By using a general formulation adapted from Rahman (2003), the profit of a farm Π_i which the farmer wishes to maximise is:

$$\Pi_i = \sum_{k=1}^m p_{i,k} Y_{i,k} - q I_i - r F_i$$

with : $Y_{i,k} = f(I_{i,k}, F_{i,k}, S_{i,k}, E_i)$ for $k = 1 \dots m$, and $\sum_{k=1}^m S_{ik} \leq S_i$ (4)

where : $I_i = I_{1i} + \dots + I_{mi}$ and $F_i = F_{1i} + \dots + F_{mi}$

Equation (4) reflects the individual profit function of each farm i . $Y_{i,k}$ is the yield of each plot k and m is the total number of plots. It depends on the application of chemical inputs, I_i , the use of other production factors (either structural, e.g. land and workforce, or financial, e.g. capital), F_i , the relative area allocated to each plot, $S_{i,k}$, and a set of individual and exogenous parameters (e.g. risk-awareness of the farmer and weather conditions), E_i , which modify the production function. p , q and r represent the output prices, the input prices and the other production factors prices, respectively.

The first-order conditions determine the demand functions for inputs:

$$I_i = I_i(p_1, \dots, p_m, q, r, S_1, \dots, S_m, E_i) \quad (5)$$

Use of inputs beyond the recommended or authorised thresholds can be modelled as:

$$Overdose_i = Overdose_i(p_1, \dots, p_m, q, r, S_1, \dots, S_m, E_i) \quad (6)$$

Equations (5) and (6) show that (over-) consumption of inputs depends on several parameters, such as the structure of the farm, its financial situation and certain exogenous factors.

3.1.1. Structural parameters

Farm size would appear to be an indicator of prime importance in explaining pesticide use, although its impact is debatable. According to Burton *et al.* (2003), size has a positive impact on the way pesticide risks are managed. Dörr and Grote (2009) find its impact to be negative, and McNamara *et al.* (1991) present evidence showing that this parameter has no influence. In the context of winegrowing, we establish the hypothesis that the influence of the size of the farm is negative with regard to pesticide use, assuming that it is more crucial for small farms to protect yield and income.

Overdosing is also conditioned by the fact that the farmer may benefit from another source of income (Dörr and Grote, 2009; Fernandez-Cornejo, 1996; Fernandez-Cornejo and Ferraioli, 1999; Galt, 2008; McNamara *et al.*, 1991). These papers highlight the fact that a farmer who has another source of income is less likely to use pesticides. Usually, the degree of dependence on an activity is measured through the share of income coming from this activity. Because we do not dispose of such information in our database, we calculate a proxy measuring the share of labour realized by the workforce inside the farm. More people work on the farm, more their income depends on the farm. In this context, preserving revenues of the farm is more likely to be associated with a pesticide use.

3.1.2. Financial parameters

Chemical inputs imply a cost compared to all the expenses a farm must bear. According to Tables 3a and 3b, pesticides account for 8.2% of total expenses for farmers who do not overdose while they represent 7.3% for farmers who do overdose. More precisely, in 2006, chemical inputs represent a quarter of the procurement costs for quality wine-making farms (OTEX 37) and 45% for the other wine-making farms (OTEX 38) (Agriste Primeur, 2009). Payment of this charge is conditioned by cash flows generated by the farm presupposing good financial health reflected by a high turnover and short-term cash reserves (Chakir and Hardelin, 2009). A farmer benefiting from comfortable revenue will not seek to protect the yields at all costs and therefore will not overdose applications. This would be the case for farmers exhibiting Decreasing Absolute Risk Aversion (DARA), meaning that their risk aversion decreases with their wealth, which is a common characteristic among the population of farmers.

However, when confronted by difficulties, *e.g.* a high level of long-term indebtedness, the farmer may prioritize pesticide use compared to other operations in order to insure a certain level of turnover and income. Galt

(2008) highlighted the fact that indebtedness has a positive impact on the consumption of pesticides used *per* hectare while Sharma *et al.* (2011) showed this effect is not significant. Testing the influence of financial parameters on overdosing practices requires the use of lagged variables because only past financial conditions can influence the level of pesticide use and not those directly present in the FADN data, because they are measured at the end of a given fiscal year.

There are also certain substitutes for pesticides identified in the literature. With regard to risk reduction, crop insurance plays a similar role to that of pesticides. In exchange for payment of a premium, the contract gives the farmer the right to receive compensation if the effective yield falls below the threshold stipulated in the contract. In France, these policies cover a wide range of climatic hazards affecting crop yields, *e.g.* drought and rainfall excess (Enjolras and Sentis, 2011). Vineyard diseases such as mildew, powdery mildew or botrytis bunch rot are not covered unless they are the consequence of one of the climatic hazards covered in the contract. Crop insurance can thus be used as an indirect instrument to hedge against diseases affecting vineyards.

Insurance can play the role of a substitute for pesticides (Babcock and Hennessy, 1996), thereby reducing the probability of overdosing. Nevertheless, the substitutability between crop insurance and pesticides does not seem to apply if the farmer is highly risk-averse (Feinerman *et al.*, 1992). Moreover, Horowitz and Lichtenberg (1993 and 1994) show that pesticide use is ambiguous: on one hand, pesticides reduce disease risks but on the other hand they also increase the range of yields the farm produces. Consequently, the authors show that pesticides may contribute to increase yield volatility, *i.e.* the overall risk of the farm. In these two specific cases, the farmer could combine a high consumption of pesticides with insurance coverage.

3.1.3. Individual and exogenous parameters

The farmer's awareness towards risks induced by pesticide use is also considered a fundamental variable in the literature (Baumgart-Getz *et al.*, 2012). The characteristics of the farm manager are crucial in choosing the production approach, which means taking the farmer's age and education level into account (Wu, 1999). Young and educated farmers are more sensitive to pesticides impacts on health and environment and more likely to manage risk using fewer pesticides (Dörr and Grote, 2009; Fernandez-Cornejo and Ferraioli, 1999; McNamara *et al.*, 1991). The consumption of pesticides and the associated risk may also be optimised if the equipment is modern and the pesticide consumption is monitored (Arcury *et al.*, 2002; Lichtenberg and Zimmerman, 1999). We incorporate this by considering whether an individual farmer uses recent sprayers, stores his chemical inputs in a dedicated room, or records his input applications.

Climate is also one of the most important factors justifying the use of phytosanitary products. Houmy (1994) and Koleva *et al.* (2009) assert that

both rainfall and temperatures are the most relevant parameters explaining the prevalence of diseases. Specifically, an absence of sunshine and excess rain are factors conducive to the development of diseases, such as mildew. Furthermore, vines are highly sensitive to major climatic changes over the course of a season (Rosenzweig *et al.*, 2001). Most existing studies do not offer a precise analysis of the influence of weather on pesticide application because they do not have access to such information (Fernandez-Cornejo, 1996; Galt, 2006; Galt, 2008; Sharma *et al.*, 2011). Consequently, they include location in their model to offer a rough differentiation of the population. In our database, climate conditions can be assessed on a very small scale (municipality), thereby avoiding the need to control explicitly for the location effect.

Moreover, we can assume that farmers take seasonal climatic data into account and the variations from one season to another in order to adjust the intensity of the pesticides they apply. While the literature traditionally limits the incorporation of the climate to annual rainfall levels (Horowitz and Lichtenberg, 1993; Mishra *et al.*, 2005), we also take into consideration the temperature and wind deviations from the average calculated on the five previous years because of their potential influence on the development of diseases.

All the variables used in this analysis as well as their expected influence on the probability of overdosing pesticides are defined and summarized in Table 2. These different hypotheses will be tested within the methodological framework presented in the following section.

3.2. Econometric model

Considering the constraints described above on the aggregate measure of overdosing, we consider a synthetic model, which distinguishes farmers who never overdose from other farmers. Consequently, the model implemented is a logit model, such that:

$$OD_{it} = 1 \text{ if } OD_{it}^* \geq 1; \text{ otherwise } 0. \quad (7)$$

$$OD_{it}^* = \alpha + \beta' CS_{it} + \gamma' CF_{i(t-1)} + \theta' A_{it} + \delta' M_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

Where:

OD_{it} corresponds to a practice of overdosing on farm i in year t if at least one of the farmer's applications exceeded the recommended dose.

OD_{it}^* corresponds to the number of input applications where the doses applied are greater than the recommended doses.

CS_{it} is the matrix of structural characteristics of the farm.

$CF_{i(t-1)}$ is the matrix of lagged financial characteristics of the farm.

Table 2. Description of main variables

Variables	Definition	Expected influence on the probability of overdosing pesticides
Usable Agricultural Area (UAA)	Area (hectares)	-
Winegrowing area/UAA	Share of the area dedicated to winegrowing (%)	-
Agricultural education	In years	-
General education	In years	-
Production value	Turnover <i>per</i> hectare (€/ha)	+
Labour done in the farm	Share of the labour done by waged employees in the farm (%)	-
Indicator of liquidity	Cash ratio (cash and invested funds/current liabilities)	+
Indicator of indebtedness	Financial leverage (debt-to-asset ratio)	-
Insured	1 if the farmer is insured; 0 otherwise	-
Practices recorded	1 if farmer records inputs applied; 0 otherwise	-
Product storage room	1 if the farmer has a storage room; 0 otherwise	-
Age of the sprayer	In years	+
Temperature deviation	Deviation of annual temperature (in °C) compared to the mean computed over 5 years	?
Rainfall deviation	Deviation of annual rainfall (in mm) compared to the mean computed over 5 years	?
Rainfall deviation	Deviation of annual rainfall (in days) compared to the mean computed over 5 years	?
Wind deviation	Deviation of annual wind (number of days wind speed is greater than 100 km/h) compared to the mean computed over 5 years	?

A_{it} is the matrix of farmers' awareness of risks induced by pesticides.

M_{it} is the matrix relating to the meteorological data.

ϵ_{it} is the error term.

This model explains the determinants of overdosing behaviour by considering the structural and financial particularities of the farms as well as the farmers' sensitivity to pesticide risks and the influence of the climate.

Due to the assumed co-determination between the consumption of pesticides and the financial parameters of the farm, we explicitly take the risk of endogeneity into account. Pesticides purchases directly reduce the farm's cash funds while indirectly impacting its turnover. To overcome this problem, we opt to lag the financial variables.

4. Results

In this section, we present the main descriptive statistics and the results of the econometric model.

4.1. Descriptive statistics

The first outstanding result of our analysis is that 52 farms (50%), have never practised overdosing when applying pesticides. Therefore, only half of the vineyards comply with the requirements in force concerning the use of phytosanitary products. Our own calculation on the PK survey for 2006 finds that 59% of farmers have never overdosed their pesticides applications; so our data set slightly over-represents overdosing farmers.

We notice that the structure of the farms does not differ between those that never overdose and the others (Table 3a). The physical size is somewhat comparable, around 25 hectares on average, though they are identically specialized in winegrowing production with more than 90% of their area dedicated to vines. Lastly, the share of labour realized by the workforce within the farm is close to 50% in both cases. This result denotes the fact that overdosing is not systematically associated with a particular structure of farms organized around this behaviour.

Given the fact that farms have a similar structure whatever their dosing practices, they share, on average, the same standard gross margin (Table 3b). Yet, the other financial indicators reveal a contrast between the two groups of farms. Farms that overdose benefit from a higher turnover, turnover *per* hectare, and production value *per* hectare. Such results reveal a higher productive intensity on overdosing farms that use pesticides heavily as a way to protect their yield and their revenue. By contrast, being insured does not have an influence on overdosing pesticides: roughly 40% of the farmers are insured, whatever their practices.

We note that the farmers' age, 47 years old on average, does not lead to distinct behaviours regarding pesticide use. There is also no difference considering the farmers' level of education, either "agricultural" or "general" (Table 3c).

We consider the farmer's behaviour towards pesticide risk through the effective use of the following protections: boots, gloves, masks, goggles and waterproof clothing. Farmers who overdose their pesticide applications do

Table 3a. Structural characteristics of the farms according to their pesticide dosage

Structural variables		Overdosing		Total	Equality of means test
		No	Yes		
Count	Number	52	53	105	
	Distribution (%)	49.52	50.48		
Usable agricultural area (UAA, in ha)	Mean	28.21	21.63	24.92	0.1372
	Mean	91.17	89.16	90.16	0.6323
Winegrowing area/total area (%)	Mean	45.34	49.77	47.57	0.4103
Labour done in the farm (%)	Mean				

Source: Own contribution, based on Agreste – FADN (2006), PK (2006).

Keys: The null hypothesis considers equality of means between the two populations. Means are significantly different at the 10% (*), 5% (**), and 1% (***) thresholds.

not use significantly more protection tools (Table 3d). Perhaps these farmers are not aware of overdosing consequences on health or, alternatively, this practice does not justify an additional protection in their point of view. It is also possible that nearly all producers are confident in the way they apply pesticides.

We notice the same phenomenon when considering recording practices: on average, 62% of the farmers assert that they record all their applications, while 65% of the farmers use a room dedicated to the storage of phytosanitary products whatever the dosage they apply. Farmers who overdose their pesticides seem to use older sprayers, on average 11 years against 9 years for farmers who never overdose.

4.2. Determinants of overdosing

In this section, we examine the results of our econometric model (equation 9), which are presented in Table 4. The main result of the analysis is that the factors considered to be decisive in the practice of overdosing allow the observed behaviour to be correctly predicted in 83.6% of the cases. The key factors of overdosing essentially correspond to financial variables, farmers' awareness towards pesticides risks and climatic conditions.

The econometric model indicated that none of the structural or individual factors identified in the literature has an impact on the probability of overdosing. Consequently, the level of dosage of pesticides depends neither on the size

Table 3b. Financial characteristics of the farms according to their pesticide dosage

Financial variables	Overdosing		Total	Equality of means test
	No	Yes		
Turnover (€)	20129.60	70632.19	45621.38	0.0003*
Turnover (€/ha)	13.37	97.36	55.76	0.0018**
Standard gross margin (SGM, in €)	189364.74	173115.13	181162.56	0.5240
Production value/ha (€/ha)	98.11	285.03	192.46	0.0002***
Chemical inputs charges/global charges (%)	8.20	7.30	7.75	0.3860
Pesticides charges/global charges (%)	7.07	6.02	6.54	0.2498
Fertilizers charges/global charges (%)	1.14	1.28	1.21	0.7011
Indicator of liquidity (cash ratio)	0.04	0.04	0.04	0.8998
Indicator of indebtedness (financial leverage)	0.68	0.48	0.58	0.3343
Insured (%)	42.31%	39.62%	40.95%	0.7797

Source: Own contribution, based on Own contribution, based on Agreste - FADN (2006), PK (2006).
 Keys: The null hypothesis considers equality of means between the two populations. Means are significantly different at the 10% (*), 5% (**) and 1% (***) thresholds.

or level of specialisation of the farms nor on the proportion of wage labour done by employees in the farm. Hence, our results confirm the results of McNamara *et al.* (1991) in that the farm's size has no impact on its pesticide use.

Key factors of overdosing practised by the farmers are more related to short-term financial factors. Any increase in production *per* hectare in the business year, and correlatively in the company's cash flow, observed one year is reflected by a greater probability that overdosing will be practised the following year. This result goes hand in hand with Chakir and Hardelin (2009). Conversely, the long-term indebtedness resulting from the company's investment decisions play absolutely no role in overdosing practices, which is in line with Sharma *et al.* (2011). Being insured does not explain overdosing to any significant extent although the literature shows that pesticides-dosing practices are closely linked to the subscription of crop insurance policies (Aubert and Enjolras, 2014).

The farmer's awareness of the risks induced by pesticides measured by practices recorded and the existence of a product storage room could be seen as having a positive effect on overdosing, which is rather counterintuitive, but this effect is not statistically significant. While an agricultural education

Table 3c. Individual characteristics of farmers according to their pesticide dosage

Financial variables		Overdosing			Equality of means test
		No	Yes	Total	
Agricultural education of the farmer	No education	5.77	11.32	8.57	0.2454
	Primary	25.00	9.43	17.14	
	Secondary short	50.00	54.72	52.38	
	Secondary long	15.38	16.98	16.19	
	Superior	3.85	7.55	5.71	
General education of the farmer	No education	5.77	5.66	5.71	0.3117
	Primary	26.92	22.64	24.76	
	Secondary short	55.77	43.40	49.52	
	Secondary long	7.69	20.75	14.29	
	Superior	3.85	7.55	5.71	
Age of farm manager (years)	Mean	47.23	46.38	46.80	0.5893

Source: Own contribution, based on Agreste – FADN (2006), PK (2006)

Keys: The null hypothesis considers equality of means or independence between the two populations. Means are significantly different at the 10% (*), 5% (**) and 1% (***) thresholds. The two populations are independent at the 10% (*), 5% (**) and 1% (***) thresholds.

Table 3d. Conditions for phytosanitary operations according to their pesticide dosage

Conditions of phytosanitary operations	Overdosing			Equality of means test/Chi2 test
	No	Yes	Total	
Observation of diseases on the plots of land in progress (%)	90.38	92.45	91.43%	0.7051
Practices recorded (%)	67.31	58.49	62.86%	0.3498
Storage room for phytosanitary products (%)	71.15	58.49	64.76%	0.1744
Average number of pieces of protective equipment	1.79	1.83	1.81	0.9097
Average age of sprayer (years)	9.42	10.98	10.21	0.3083

Source: Own contribution, based on Agreste – FADN (2006), PK (2006).

Keys: The null hypothesis considers equality of means or independence between the two populations. Means are significantly different at the 10% (*), 5% (**) and 1% (***) thresholds. The two populations are independent at the 10% (*), 5% (**) and 1% (***) thresholds.

has no influence on overdosing, farmers who received a high level of general education are more likely to practise overdosing. This counterintuitive result contradicts the literature (Wu, 1999), which reveals that more the farmer is educated, less pesticide applications will be applied. However, educated

Table 4. Results of the econometric model

Parameter	Estimation	Marginal effect	Standard error	z	Pr > t
Usable agricultural area (UAA)	0.0041	0.0010	0.0188	0.05	0.83
Winegrowing area/total (%)	-1.3943	-0.3485	1.5703	-0.79	0.37
Agricultural education	-0.0786	-0.0196	0.3091	-0.06	0.80
General education	0.5920*	0.1480*	0.3362	3.10	0.08
Production value (€/ha) -1	0.0048**	0.0012**	0.0022	4.78	0.03
Labour done in the farm (%)	-0.0006	-0.0002	0.0121	-0.01	0.96
Indicator of liquidity (cash) -1	0.7384	0.1845	1.4079	0.27	0.60
Indicator of indebtedness (leverage) -1	0.1171	0.0293	0.2476	0.22	0.64
Insured (Y/N) -1	0.1281	0.0640	0.2690	0.23	0.63
Practices recorded (Y/N)	0.1927	0.0959	0.2642	0.53	0.47
Product storage room (Y/N)	0.2826	0.1399	0.2814	1.01	0.31
Age of the sprayer (years)	0.0663*	0.0166*	0.0405	2.68	0.10
Temperature deviation (°C)	-5.2358**	-1.3086**	2.4683	-4.50	0.03
Rainfall deviation (mm)	-0.0179**	-0.0045**	0.0078	-5.22	0.02
Rainfall deviation (days)	0.0285	-0.0539	0.0260	1.20	0.27
Wind deviation (days)	-0.2158	0.0071	0.2000	-1.16	0.28
Intercept	3.3888		2.6519	1.63	0.20
Likelihood ratio: 38.9349 (p-value = 0.0011)					
Percentage concordant: 83.6%					
Number of observations: 105					

Source: Own contribution, based on Agreste – FADN (2006), PK (2006) and meteorological data.

Keys: Estimates significant at the 10% (*), 5% (**) and 1% (***) thresholds. -1 denotes a lagged variable.

farmers may also assess with a high degree of accuracy the cost-benefit consequences of overdosing and decide to overdose in full knowledge (Cooper and Dobson, 2007).

As expected, weather conditions affect the applied doses of pesticides. Any temperature or rainfall deviation from the average observed over the five previous years results in less intensive use of pesticides. More precisely,

the increase of the temperature by one degree Celsius leads to a decrease of the probability of overdosing by 1.30% while the increase of rainfall by one millimetre leads to a decrease of the probability of overdosing by 0.01%. Year 2006 was indeed considered as an average year regarding phytosanitary pressure. Starting from 2004, a favourable climate led to a continuous decrease in pesticide use. As a result, expenses in phytosanitary products followed the same trend (Butault *et al.*, 2011). Years 2007 and 2008 were characterized by climatic conditions more favourable to diseases, which led to an increased consumption of pesticides. Therefore, the intensity of the relationship between weather conditions and pesticide overdosing needs to be assessed on an annual basis.

We also observe that the age of the spraying equipment is positively linked to the practice of overdosing pesticides. The poor state of repair or obsolescence of the equipment might be reflected by less precision in the applications, resulting in a practice of overdosing. Our analysis supports the need for an equipment modernization policy in order to improve the practices of applying pesticides. Article 41 of law no. 2006-1772 dated 30 December 2006 concerning water and aquatic environments has made the technical inspection of sprayers obligatory since January ¹, 2009. This constraint is intended to improve the reliability of the distribution of chemical inputs. An analysis of more recent data should highlight its potential effectiveness.

4.3. Discussion

The results appear to show that overdosing practices result from short-term calculations of the farms linked to their financial situation and to the climate more than from long-term considerations linked to their structure. This outcome indicates that farmers applying excessive pesticides are not structured around an overdosing behaviour. On the contrary, pesticides are a response adapted to pests and diseases and to the necessity of preserving yields and, consequently, the value of the production.

Naturally, the results need to be viewed in the light of the dependent variable, which is dichotomous. The logit model distinguishes farmers who never overdose their applications from farmers who made at least one overdosed application during the season. This innovative choice is motivated both by constraints on the database and by the polarized behaviour of farmers. However, such a formulation can hide dynamics along the year: many applications of a given pesticide may be done during the season, some respecting the regulations and some being overdosed, *e.g.* to provide a quick response to diseases. Our model does not take into account any form of "compensation" between low-dosed and over-dosed treatments. Nor does it take into account continuous indicators, such as the Treatment Frequency Index (TFI) over the season, which makes the comparison with other studies difficult.

The limited size of the sample (105 observations) does not affect the quality of the econometric model (percentage concordant = 83.6%). However, the number of observations does not allow us to consider a regional effect in overdosing. Instead, we measure the influence of the production value *per* hectare, which is a proxy for *grands crus*, on the probability to overdose. The results indicate that the production value has a positive effect on overdosing, which is not surprising because, at the same time, the most important wine producing regions (Champagne, Bourgogne, Bordeaux) perform the most significant pesticides applications (Agreste Primeur, 2009). Availability of more recent FADN data would permit us to realize a new matching for year 2010 that would take into account some advances in pesticide regulations and changes in agricultural practices. For instance, the PK survey performed in 2010 indicates a change in behaviours towards chemical herbicides that leads to a better valorisation of wine production (Agreste Primeur, 2012). Therefore, a comparison between years 2006 and 2010 would be of great interest to measure both the evolution of overdosing and potential changes in its determination.

5. Conclusion

This study focused on the practice of overdosing pesticide applications in the French winegrowing sector. Despite its primary importance, very little academic research was found that addressed this issue, probably due to lack of appropriate data.

Our contributions are twofold: first and foremost, we propose and apply a methodology able to identify and to measure overdosing in wine-producing farms. Our approach is founded on the creation of an original database by matching four separate sources mainly used in French agricultural research (FADN, PK, recommended doses and climate for year 2006). A farmer is said to overdose if at least one of his pesticide applications during the season is overdosed according to the regulations.

Our second contribution uses the new database as well as the indicator of overdosing in order to determine factors that lead to this practice. We show that overdosing is not linked to the structure of the farm or to the individual characteristics of the farmer but rather to the value of the production. Moreover, being insured is not significantly associated with a practice of overdosing. At last, temperature and rainfall variations, which explain the development of diseases affecting the vines, would also appear to be key factors.

These results aim at filling a significant gap in the literature. Only the determinants of input consumption had been studied previously in different countries and in different contexts. The study of agricultural practices using an economic or managerial approach supposes to rely on complete data sets at the farm level. Such databases should include variables as basic as the structure of

the farm and its financial situation (based on the FADN model) and combine these with more precise data concerning the farm at the plot level (based on the PK model). Only by combining such data can we increase our knowledge of input overdosing practices. Given the current state of the databases, we were obliged to restrict our analysis to a sample, which, while sufficient, was nevertheless small. Similarly, we were unable to perform panel analyses. A suggestion would be to survey the same farms in the FADN and PK databases.

There are numerous prospects afforded by our work. In particular, the database obtained should continue to be used. As we did not differentiate the inputs according to their nature (insecticide, fungicide, *etc.*), and behavioural differences probably exist here, too. Similarly, field surveys have to be conducted with farmers in order to identify more precisely the motivations of the input applications. These surveys could be appropriate to understanding whether farmers are aware or not when they are overdosing chemical inputs. Exploring these different elements would help to improve our knowledge of overdosing practices with a view to ensuring the global reduction of input consumption in the field of agriculture.

Acknowledgements

This research has been conducted within the framework of the Precovision Project. The authors wish to thank the editor and anonymous referees as well as Jean-Pierre Couderc, Pierre Guillaumin, Patrick Rio and Isabelle Piot-Lepetit from SupAgro-INRA Montpellier for many helpful comments on earlier drafts of this paper. All remaining errors are the responsibility of the authors.

References

- Agreste Primeur (2009) *Lutte sanitaire en viticulture - Situation 2006*, ministère de l'Agriculture, France, n° 230, 4 p.
- Agreste Primeur (2012) *Pratiques phytosanitaires dans la viticulture en 2010*, ministère de l'Agriculture, France, n° 289, 8 p.
- Arcury T.A, Quandt S.A. and Russell G.B. (2002) Pesticide safety among farmworkers: perceived risk and perceived control as factors reflecting environmental justice, *Environmental Health Perspectives* 110(2), 233-240.
- Aubert M. and Enjolras G. (2014) The determinants of chemical input use in agriculture: A dynamic analysis of the wine grape-growing sector in France, *Journal of Wine Economics*, to be published.
- Aubertot J.-N., Barbier J.-M., Carpentier A., Gril J.-J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Savini I. and Voltz M. (2005) *Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter leurs impacts*

- environnementaux*, Collective scientific assessment, INRA, Cemagref, 68 p.
- Babcock B. A. and Hennessy D. A. (1996) Input demand under yield and revenue insurance, *American Journal of Agricultural Economics* 78(2), 416-427.
- Baschet J.-F., and Pingault N. (2009) *Reducing pesticides use: the Ecophyto 2018 plan - The role of usage indicators in evaluating the achievement of targets*, ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, Service de la statistique et de la prospective, n°4/2009, 4 p.
- Baumgart-Getz A., Stalker Prokopy L. and Floress K. (2012) Why farmers adopt best management practice in the United States: A meta-analysis of the adoption literature, *Journal of Environmental Management* 96(1), 17-25.
- Bürger J., de Mol F. and Gerowitt B. (2012) Influence of cropping system factors on pesticide use intensity - A multivariate analysis of on-farm data in North-East Germany, *European Journal of Agronomy* 40, 54-63.
- Burton M., Rigby D. and Young T. (2003) Modelling the adoption of organic horticultural technology in the UK using duration analysis, *The Australian journal of agricultural and resource economics* 47(1), 29-54.
- Butault J.-P., Delame N., Jacquet F. and Zardet G. (2011) *L'utilisation des pesticides en France : état des lieux et perspectives de réduction*, ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, Centre d'études et de prospective - Notes et Etudes socio-économiques 35, 7-26.
- Carpentier A. (2010) *Économie de la production agricole et régulation de l'utilisation des pesticides: une synthèse critique de la littérature*, Workshop « La réduction des pesticides agricoles : enjeux, modalités et conséquences », SFER-CEMAGREF, Lyon, France, 11-12 mars, 48 pages.
- Chakir R. and Hardelin J. (2009) *Crop insurance and pesticide use in French agriculture: an empirical analysis of integrated risk management*, Workshop "Microeconomics and micro-econometrics of agricultural production days", 16-17 November, Rennes, France, 33 pages.
- Cooper J. and Dobson H. (2007) The benefits of pesticides to mankind and the environment, *Crop Protection* 26(9), 1337-1348.
- Craven C. and Hoy S. (2005) Pesticides persistence and bound residues in soil—regulatory significance, *Environmental Pollution* 133(1), 5-9.
- Dörr A. C. and Grote U. (2009) Impact of certification on fruit producers in the Sao Francisco Valley in Brazil, "Dunarea de Jos" University of Galati, Faculty of Economics and Business Administration in its journal *Economics and Applied Informatics* 2, 5-16.

- Enjolras G. and Sentis P. (2011) Crop insurance policies and purchases in France, *Agricultural Economics* 42(4), 475-486.
- Etienne J.-C. and Gatignol C. (2010) Rapport *sur Pesticides et santé*, fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, (a report by the French parliamentary office of evaluation of scientific and technological choices), rapports de l'Assemblée Nationale n° 2463 et du Sénat n° 421, 262 pages.
- Feinerman E., Herriges J.A. and Holtkamp D. (1992) Crop insurance as a mechanism for reducing pesticide usage: A representative farm analysis, *Applied Economic perspectives and policy* 14(2), 169-186.
- Fernandez-Cornejo J. (1996) The microeconomic impact of IPM adoption: Theory and application, *Agricultural and resource economics review* 25(2), 149-160.
- Fernandez-Cornejo J. and Ferraioli J. (1999) The environmental effects of adopting IPM techniques: The case of peach producers, *Journal of Agricultural and Applied Economics* 31(3), 551-564.
- Galt R. E. (2006) *Political ecology and the pesticide paradox: Markets, pesticide use and human-environment relations in Costa Rican agriculture*, Doctoral dissertation, Department of geography, University of Wisconsin-Madison, U.S.A., 520 p.
- Galt R. E. (2008) Toward an integrated understanding of pesticide use intensity in Costa Rican vegetable farming, *Human Ecology* 36(5), 655-677.
- Goheen A. C. (1989) Virus diseases and grapevine selection, *American Journal of Enology and Viticulture* 40(1), 67-72.
- Horowitz J. K. and Lichtenberg E. (1993) Insurance, moral hazard and chemical use in agriculture, *American Journal of Agricultural Economics* 75(4), 926-935.
- Horowitz J. K. and Lichtenberg E. (1994) Risk-reducing and risk-increasing effects of pesticides, *Journal of Agricultural Economics* 45(1), 82-89.
- Houmy K. (1994) Importance des conditions climatiques dans l'application des produits phytosanitaires, *Revue ANAFIDE* 97(6), 34-40.
- Just R. E. and Pope R. D. (2003) Agricultural risk analysis: adequacy of models, data and issues, *American Journal of Agricultural Economics* 85(5), 1249-1256.
- Koleva N. G., Schneider U. A. and Tol R. S. J. (2009) *The impact of weather variability and climate change on pesticide applications in the US—An empirical investigation*, Working Paper FNU-171, 33 pages.

- Lichtenberg E. and Zimmerman R. (1999) Adverse health experience, environmental attitudes, and pesticide usage behavior of farm operators, *Risk Analysis* 19(2), 283-294.
- McNamara K. T., Wetzstein M. E. and Douce G. K. (1991) Factors affecting peanut producer adoption of integrated pest management, *Review of Agricultural Economics* 13(1), 129-139.
- Mishra A., Wesley Nimon R. and El-Osta H. (2005) Is moral hazard good for the environment? Revenue insurance and chemical input use, *Journal of Environmental Management* 74(1), 11-20.
- Rahman S. (2003) Farm level pesticide use in Bangladesh: Determinants and awareness, *Agriculture Ecosystem and Environment* 95(1), 241-252.
- Rosenzweig C., Iglesias A., Yang X. B., Epstein P. R. and Chivian E. (2001) Climate change and extreme weather events; Implications for food production, plant diseases and pests, *Global Change and Human Health* 2(2), 90-104.
- Sattler C., Kächele H. and Verch G. (2007) Assessing the intensity of pesticide use in agriculture, *Agriculture Ecosystem and Environment* 119(3-4), 299-304.
- Sharma A., Bailey A. and Fraser I. (2011) Technology adoption and pest control strategies among UK cereal farmers: Evidence from parametric and nonparametric count data models, *Journal of Agricultural Economics* 62(1), 73-92.
- Smith V. and Goodwin B. (1996) Crop insurance, moral hazard and agricultural chemical use, *American Journal of Agricultural Economics* 78(2), 428-438.
- Wu J. J. (1999) Crop Insurance, acreage decisions, and nonpoint-source pollution, *American Journal of Agricultural Economics* 81(2), 305-320.

4.3. Aubert M., Codron J.-M., Rousset S. et Yercan, M. (2013). Which factors lead tomato growers to implement integrated pest management? Evidence from Turkey. 11^{ème} journées de Recherche en Sciences Sociales – INRA – CIRAD – SFER, Lyon (France).



Which factors lead tomato growers to implement integrated pest management?

Evidence from Turkey

Magali Aubert

UMR 1110 MOISA,
INRA-Montpellier Supagro,
2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2, France
magali.aubert@inra.fr

Jean-Marie Codron

UMR 1110 MOISA,
INRA-Montpellier Supagro,
2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2, France
jean-marie.codron@supagro.inra.fr

Sylvain Rousset

Chef de service
Service Économie des Territoires, Agriculture et Forêt DDT de la DORDOGNE
Cité administrative 24024 PERIGUEUX cedex
sylvain.rousset@dordogne.gouv.fr

Murat YERCAN

Ege University,
Faculty of Agriculture,
Dept. Agr. Economics,
Izmir, Turkey
murat.yercan@ege.edu.tr

*11èmes Journées de recherches en sciences sociales (JRSS)
Lyon – 14 et 15 décembre 2017*

Which factors lead tomato growers to implement integrated pest management? Evidence from Turkey

Magali Aubert ; Jean-Marie Codron, Sylvain Rousset ; Murat Yercan

Abstract:

In most competitive fresh fruit and vegetables chains, growers are faced with the need to comply with the requirements of increasingly safety demanding customers. Integrated Pest Management (IPM) practices have become a reliable solution for small-scale growers that cannot afford the cost of a Good Agricultural Practices (GAP) certificate. While the literature on farmer adoption of IPM practices focuses on farmer and farm characteristics, only a few authors underline the importance of technology and marketing. Moreover, only a few papers have studied IPM adoption in developing or emerging countries. Our paper aims to fill this gap by focusing on Turkey, an emerging country with dominant small-scale growers, where diffusion of IPM is still in its infancy. It also takes into account factors that go beyond the farmers and farm characteristics that are usually addressed by literature. 186 tomato growers have been surveyed in the province of Antalya, a region of Turkey supplying 85% of the national production of tomato grown under greenhouse. A counter of the eleven most salient IPM practices is used to model IPM adoption. The analysis confirms most of the predictions and highlights the key role of marketing and technology as determinants of IPM adoption.

Keywords: Integrated Pest Management, Quasi-Poisson model, Turkey, farmers, fruits and vegetables, tomato, adoption

1. Introduction

Recent crises, whose most infamous one is the mad cow, reinforced sanitary and phytosanitary requirements. Since the beginning of 2000s, from producers to sellers, all the actors of the sector are involved to answer these requirements. While public authorities mainly define and enforce maximum residue limits and molecules authorized, private actors define specifications from which they establish requirements, mainly at the production level. Standards defined have to ensure that all means have been put in place to ensure the quality of the products.

Turkey is in a process to integrate the European market. Moreover, since 2001, the EU pre-adhesion process translates into a harmonization in terms of legislation, including the agricultural sector. The Turkish agricultural sector is mainly dominated by the production of fruits and vegetables. As a matter of fact, this sector contributes for more than 55 % to the agricultural value in 2009. More precisely, the tomato production is the main production of this sector. Because of the need of legislation harmonization, exporters requirements and domestic distribution constraints, farmers have to adopt and to comply with these evolutions. Traceability, the rational use of chemical inputs and the implementation of integrated pest management practices are some examples of challenges that farmers have to face to meet the new requirements.

In order to understand to what extent producers are more or less willing to change their production practices, we use a body of literature based on the simultaneous analysis of skills and resources. From cases in developing countries as well in developed ones, these papers highlight the importance of the individual characteristics of farmers and the structural characteristics of their farms, in order to explain the implementation of more safe and environmentally-friendly agricultural practices. While these factors are unanimously taken into account, only a small part of the literature extends this reflexion by considering both the technology and the marketing strategy.

To appreciate the degree of IPM practices implemented by tomato producers, a survey of 186 growers was performed in spring 2011 in Antalya, the main production region for tomatoes in Turkey. From the use of footbaths at each entry of the greenhouse to the use of pheromones, eleven practices have been considered to measure the intensity of implementation of more sustainable practices. In this framework, a Quasi-Poisson model was performed in order to take into account the specificity of the count data distribution and to understand to what extent individual characteristics, structural characteristics, technology knowledge and the marketing strategy condition the implementation of IPM practices.

Our article is organized as follows. In the first part, we underline the specificity of the Turkish supply chain that faces a strengthening of sanitary and phytosanitary requirements. In the second part, we consider the theoretical framework that lets appreciate factors encouraging the implementation of IPM practices. In the third part, we develop the material and method used including the database and the econometric modelling. In the fourth part, we expose empirical results and conclude, identifying further perspectives to our research.

2. The Turkish context

2.1. The importance of tomato's production in Turkey

The fresh fruits and vegetables (FFV) sector is a key sector in Turkey. FFV production represents around 55% of the agricultural value in 2009, whereas Turkey ranks among major world exporters just after the United States and the European Union. Turkey is specialized in particular in tomato production and is the fourth country producer in the world. In 2010, Turkish fresh tomato exports were more than 540 kT (Turkish Ministry of Agriculture, 2010). Turkish farms growing FFV are characterized by a small size. According to Turkstat, in 2006, more than 90.7% of these farms had an agricultural income inferior to 13.000 TRY¹, equivalent to 6500€², from which 65.9% that have less than 4.000 TRY - 2000€. We have to notice that at the same period, the minimum wage was set up to 540 TRY - 270€.

Turkish tomato production is concentrated in Antalya province. This province includes 77% of all Turkish farms producing tomatoes as well as 40% of the national tomato area. 50% of the tomato production of this province is exported (Turkish Ministry of Agriculture, 2010). Tomato production in Antalya province is made by small-scale farms that have on average 0.7 ha of vegetable greenhouse. Despite such a small size, Turkey is a key actor on the tomato international market. This position is all the more surprising that almost 80% of the tomato production is oriented towards the domestic market. Initially oriented to Middle East and North African (MENA) countries, Turkey progressively changed its export strategy by diversifying and upgrading its country portfolio. The next section highlights the impact of such a shift in the export strategy on sanitary and phytosanitary management issues.

2.2. Diversification of tomato export destinations and implications in terms of requirements imposed by importers' countries

Initially, Turkish FFV exports were mainly oriented to the Russian market, and to a lesser extent to the MENA markets. Most destination countries were low safety demanding. The rejection of a pepper's shipment at the boarder of Germany has initiated a trend towards a significant upgrade of average requirements. Major upgrading in safety requirements have taken place in Russia and the Eastern European countries with their mid-2000s accession to the European Union.

The customers portfolio diversification has been in favor of the most demanding countries, in particular Russia and the Eastern part of the European Union and seems to coincide with the pre-accession of Turkey to the European Community. In the agricultural sector, there is an ongoing process with a *de facto* harmonization with EU regulation, in particular regarding sanitary and phyto-sanitary standards. It is worth mentioning that one of the four pillars of the National Rural Development Strategy in the European Union is food safety.

¹ Turkish currency is *Türk lira*.

² The exchange rate in june 2006 : 1 TRY = 0.5€.

Until 1996, Turkey benefited from preferential treatments with the European market, in particular from subsidies to fertilizers. The 2007-2013 IPARD (Rural Development Program working as an instrument of pre-accession), in accordance with the 9th development Turkish plan, defined as a priority the upgrading of food safety. Such a priority was included in the Axis 1 “Improvement of market efficiency and implementation of Community standards” (73% of the global budget) and within this axis, in the theme “restructuring and adoption to standards” (76% of the Axis 1 budget) and in the theme “support for the establishment of producers groups” (7% of the Axis 1 budget).

Since 2001, and the process of agricultural reform, Turkey has been anticipating the need to harmonize his legislation with the European one. A key point of this harmonization in the agricultural domain was the implementation of traceability at the production level. In 2004, the Turkish Good Agricultural Practices (GAP) was created. Like GlobalGap, this GAP standard allows to certify that good agricultural practices have been implemented along the whole production process and fit with some safety legal rules. In 2012, the Ministry of Agriculture imposed to all fresh produce growers, the creation for each crop and destination (domestic or export) of a file containing the following information: grower identity, type of product, production area, volumes on sale (regulation 5957-2012). Another safety regulation aims to control the chemical input buying process at the grower level (Yasarakinci, 2009). Since 2009, growers should receive a formal prescription by a public or certified private agent in order to buy pesticides.

Private actors have been part of this safety upgrading process as well. In particular, considering that the public system of laboratories was not sufficient, they have made significant investments in the creation of private laboratories. In 2000, 50 laboratories specializing in pesticide residues were identified (OCDE/OMS, 2011). The threat of consumer/citizen NGOs’ claims over sanitary issues has led some Turkish retailers to be more careful with their suppliers. Part of their efforts was channeled through the implementation of private GAP standards at the grower level (Global GAP, TNC) and to a lesser extent at the packer level (BRC).

The change in the Turkish foreign customers portfolio translates into more market safety requirements and therefore more constraints for growers to comply with such requirements. To understand to what extent and how Turkish farmers implement IPM practices, a survey was performed among 186 growers.

3. Analytical framework

Several production practices co-exist in order to reduce the use of chemical inputs (Pretty, 1995). To keep pest production below an economic injury level, farmers can implement IPM (Fernandez-Cornejo, 1996 ; Kogan, 1998). According to the USDA (United States Department of Agriculture), “*IPM is a management approach that encourages natural control of pest population by anticipating pest problems and preventing pest from reaching economically damaging level. All appropriate techniques are used such as enhancing natural enemies, planting pest-resistant crops, adopting cultural management and using pesticides judiciously*” (Fernandez-Cornejo, 1996).

A huge literature has tried to identify factors leading to the implementation of such alternative practices. The richness of this literature comes from the diversity of approaches. Almost all authors consider the implementation of IPM practices in a dichotomous way, focusing on the adoption, or not, of a certificate. For instance, the adoption of a certificate, such as Global Gap, is widely considered in the literature (McNamara et al., 1991; Burton et al., 2003; Dörr and Grote, 2009). Some authors also consider a gradual indicator of the implementation of IPM (Zhou et al., 2001). Others consider a counter corresponding to the number of practices implemented (Rauniyar and Goode, 1992; McDonald and Glynn, 1994; Saltiel et al., 1994; Lohr and Park, 2000; Chaves and Riley, 2001; Shennan et al., 2001 ; Robertson et al., 2005; Isgny et al., 2008; Puente et al., 2011).

Whatever the IPM indicator considered, almost all authors underline the importance of individual and structural characteristics (McNamara et al., 1991; Fernandez-Cornejo, 1996; Dörr and Grote, 2009). Combined to these characteristics, only few authors highlight the need to take into account other key factors such as the production techniques implemented (Dörr et Grote, 2009) and the marketing strategy (Souza Monteiro et Caswell, 2009).

The first distinctive feature of our study is to take into account simultaneously all these factors. All hypotheses are summarized in Table 1 and all variables considered are detailed in Table 2.

Table 1. Determinants of the adoption of sustainable farming practices – Hypotheses, testable propositions and expected sign

Table 2 – Description of variables

3.1. Hypothesis 1 - Farmer characteristics

The vast majority of the literature focuses on objective farmers' characteristics such as the level of education, experience and off-farm activity; while fewer also take into account subjective ones such as the attitude towards risk.

The main farmer's characteristic explaining the implementation of IPM is the level of education. The age of the farmer is rarely considered independently because of its closed link with the level of education. Authors support the idea that the higher the level of education, the more likely the farmer is to implement such practices. As a matter of fact, the level of education refers both to the capability to evaluate and recognize potential damages due to pest and disease; and the ability to face risks related to any change of production practice (Taylor and Miller, 1978; Schultz, 1981; Ervin and Ervin, 1982; Bultena and Hoiberg, 1983; Korsching et al., 1983; Feder et al., 1985; Gould et al., 1989; McNamara et al., 1991; Napier and Brown, 1993; Van der Berg and Jiggins, 2007; Dörr and Grote, 2009; Sharma et al., 2011; Xhoxhi et al., 2014). The effect of this characteristic is validated in almost all studies mentioned.

H11: The more the farmer is educated and the more likely he is to implement IPM practices

Authors agree to emphasize the role of off-farm activity even if they consider differently the impact of such activity on the implementation of IPM practices. For almost all studies off-farm activity is highlighted to be relevant even if not significant (McNamara et al., 1991 ; Fernandez-Cornejo et al., 1994 ; Fernandez-Cornejo, 1996). Some authors consider that having another activity can bring an income supplement that could help to finance the implementation of IPM practices (Clay et al., 1998 ; Galt, 2008). We assume that farmers who have another activity, in addition to their farm activity, are less likely to implement IPM practices since these farmers have less agricultural time and hence they are less invested on their farm (Mumford and Norton, 1984; Feder et al., 1985; Gould et al., 1989; Knowler and Bradshaw, 2007).

H12: The more the farmer has an off-farm activity and the less likely he is to implement IPM practices

Lastly, the type of ownership has to be taken into account. Depending on the degree of agricultural area under property, the producer will be more or less willing to implement IPM practices. More precisely, the more the area is under property and the more the farmer will implement such practices. When a farmer owns his farm, he is more likely to have a long-term vision (Feder et al., 1985 ; Clay et al., 1998), to have access to credit (Schultjer and Van der Veen, 1977 ; Feder et al., 1985) and hence to benefit from his investments.

H13: Ownership of the farm leads to higher implementation of IPM practices

In addition to these objective individual characteristics, some studies underline the importance of some more subjective factors. One key hypothesis is that a farmer who deliberately takes risks is more likely to implement IPM practices (Ervin and Ervin, 1982; Lynne et al., 1995; Baumgart-Getz et al., 2012). All farmers do not have the same attitudes towards risk and do not have the same behavior even though they face the same context and have the same objective characteristics. We have to notice that risk perception can refer to economic risk (Rogers, 1962; Byerlee and Hesse de Polanco, 1986; Napier and Brown, 1993; McDonald and Glynn, 1994; Traoré et al., 1998; Somda et al., 2002) or health risk (Traoré et al., 1998; Li, 2002; Deng et al., 2003; Zhou et al., 2011). One way to appreciate this risk perception is to measure, thanks to a Lickert scale, the perceived risk by producers for the main pest and diseases.

H14: The lower the farmer risk aversion, the more likely the farmer is to implement IPM practices

The risk perception can be considered in terms of environmental risk (Ervin and Ervin, 1982; Gould et al., 1989; Huffman and Mercier, 1991; Westra and Olson, 1997; Traoré et al., 1998). Farmers can reveal, by their productive practices, some kind of soil concern, and the more a farmer is concerned the more he is likely to implement IPM practices.

H15: The more the farmer is concerned by soil quality, the more likely the farmer is to implement IPM practices

Beyond these individual characteristics, almost all authors incorporate farm structural characteristics into their modeling. Hence, the implementation of IPM practices may depend not only on farmers' characteristics, but also independently on their farms' characteristics.

3.2. Hypothesis 2 - Farm characteristics

Farm size, for example measured through total utilized agricultural area (UAA), is a criterion widely discussed in the literature. While Dörr and Grote (2009) demonstrate that farmers who are less likely to implement IPM practices hold biggest farms, Burton et al. (2003) demonstrate the opposite effect. Pamucku (2003) relativizes this last result finding a quadratic form more than a linear one, while Mc Namara et al. (1991) demonstrate the non-significance of UAA. This apparent contradiction is due to the meaning of this indicator. On the one hand, the positive effect of the area translates into the physical potential of farms, the ability to benefit from economies of scale and the greater potential to have access to credit (Weil, 1970; Feder et al., 1985; Norris and Batie, 1987; Belknap and Saupe, 1988; Caswell et al., 2001; Henson and Loader, 2001; Daberkow and McBride, 2003; Vorley and Fox, 2004; Jaffee et al., 2005; Okello, 2005; Chemnitz, 2007; Galt, 2008; Asfaw et al., 2010; Sharma et al., 2011; Zhou et al., 2011). On the other hand, the negative effect translates a greater share of family workforce (Clay et al., 1998; Xhoxhi et al., 2014). The hypothesis made is that family workforce is less educated in terms of agricultural training and is hence less aware about the necessity to implement environmentally-friendly practices. We can note that all these authors highlight the importance of such factors to understand farmers' practices. We assume here that implementing IPM practices on large farms is facilitated because of economies of scale. As a matter of fact, we assume that the greenhouse area, which lets us appreciate the physical size of the farm, reveals an economic potential that incite farmers to adopt environmentally-friendly practices.

***H21: The larger is the farm of the grower,
the more likely he is to implement IPM practices***

Another factor considered is the total workforce in the farm. Authors suppose that labor is a substitute to pesticide use (McNamara et al., 1991; Asfaw et al., 2010; Kersting and Wollni, 2011). Therefore, a farmer is less likely to use pesticides in an intensive way when his activity is structurally based on more labor.

***H22: A farmer is more likely to implement IPM practices
if his activity is based on more labor***

Some authors take into account the degree of specialization (Dörr et Grote, 2009). On the one hand, the degree of specialization can be considered both from an agronomic and from an economic perspective since specialization translates into a greater dependence of the income to a single production. In such a case, a greater degree of specialization leads to a more intensive use of pesticides (Mc Laughlin and Mineau, 1995; Traoré et al., 1998; Altieri, 2000; Roschewitz et al., 2005; Dörr and Grote, 2009).

On the other hand, the specialization translates into a higher sensibility of soil to pest and diseases. This agronomic point confirms the economic one since a more specialized farm will be more likely to use pesticides (Traoré et al., 1998). Hence, the specialization appears to have an overall negative impact on the use of pesticides.

H23: The more specialized a farm is and the less likely the farmer is to implement IPM practices

3.3. Hypothesis 3 – Agricultural technology

Considering agricultural technology, we observe that technology or farming systems can be more or less sophisticated. Authors are unanimous to underline that the more the system used is sophisticated and the more the farmer is likely to implement IPM practices (McNamara et al., 1991; Dörr and Grote, 2009; Asfaw et al., 2010; Kersting and Wollni, 2011). The previous implementation of a sophisticated technology is a springboard for the implementation of new practices or new technologies. More precisely, studies underline that the adoption of a sophisticated technology facilitates the adoption of other ones. The adoption of a first sophisticated technology translates into a capability to evaluate brakes and leverages and to assume the potential risks associated. The dynamics described is impulsed by the adoption of a previous technology, which can be qualified as a springboard (McNamara et al., 1991 ; Dörr et Grote, 2009 ; Asfaw et al., 2010 ; Kersting et Wollni, 2011).

H3: The implementation of a previous sophisticated technology increases the probability to implement IPM practices

For the tomato production under greenhouse, three main sophisticated technologies can be considered. All technologies considered let regulate weather conditions under the greenhouse in terms of temperature or humidity. The first one is the material used to build the greenhouse: plastic *versus* glass. The second one is the use of a heating system. The last technology is the implementation of a roof sprinkler. This technic lets regulate the hygrometry in the greenhouse. Hygrometry is a measure of the humidity in the air³⁴. All these technics - irrigation, heating system and roof sprinkler - let ensure better management of the greenhouse and hence control the development of diseases and pests.

3.4. Hypothesis 4 - Marketing

Marketing strategy is a largely neglected factor influencing the way a producer chooses to implement IPM practices. Marketing refers essentially to the destination of the production. Before establishing more precisely the literature related to the marketing strategy, the Turkish commercial context has to be exposed. In Turkey, since 1995 producers must sell their production to a commission agent or to a cooperative, except if their production is dedicated to export or food industry market. For producers, the main goal of this public market reform was to better value their production by concentrating the farmer supply and strengthening the power of negotiation through market rules (commission agent) and collective action

³ <http://devel.tomaviso.com/culture-tomate/page.php?cat=1&rub=6&ssrub=69&pg=144>

⁴ http://www.la-croix.com/Actualite/Economie-Entreprises/Economie/La-production-de-tomates-une-industrie-de-haute-technologie- NP_-2012-06-10-816660

(cooperatives) (Lemeilleur, 2008 ; Lemeilleur et Codron, 2011). This mutation of the FFV sector is summarized as follows: it “*has thus been drastically restructured on the lines of the kind of marketing organizations for FFV growers: cooperatives and commission agents*” (Lemeilleur et Codron, 2011, p. 274).

Supermarkets have grown rapidly these last years (Me, 2003 ; Codron et al., 2004 ; Reardon et al., 2009 ; Lemeilleur et Codron, 2011). They mainly source their FFV from local growers. The FFV sector is crucial for supermarkets since it is the base of the Turkish alimentation: it represents 20 % of consumers’ expenses in 2003 (Saunier-Nebioglu, 2000). In opposition to traditional retailers, the aim of supermarkets is to offer a standardized production which meets phytosanitary’ requirements (Codron et al., 2004). Until the beginning of 2010, consumers were little concerned with safety requirements. Nowadays, the public regulation has been strengthened and its enforcement is effective, one of the salient examples being the case of the store manager of Carrefour in Turkey. In 2009, because residues of pesticides were found on peaches sold in this supermarket and because there was no traceability that could let identifying the producer, the director of Carrefour was pursued and threatened to go to jail (Lemeilleur, 2008).

The export market is another way to better value farmer’s production. Since the middle of 1980’s, and because FFV are highly valued on the export market, producers were given incentives such as exemption from customs duties or export credit (Codron et al., 2012). In the same way that producers have to comply with phytosanitary requirements to sell on the domestic market, they have to comply with importers’ safety requirements. Whatever the destination of the production, farmers thus evolve in a dynamic commercial environment where phytosanitary safety requirements are increasing.

The literature, whatever the context considered, takes into account these requirements in terms of implementation of environmentally-friendly practices. More precisely, studies converge to state that the higher the final buyer’s phytosanitary requirements, the more likely the farmer is to develop IPM practices (Galt, 2008 ; Ozler et al., 2009 ; Souza Monteiro et Caswell, 2009 ; Zhou et al., 2011). If farmers do not answer these requirements, they may not be able to access the market. As a matter of fact, phytosanitary requirements can be assimilated to non-tariff barriers (Disdier et al., 2006).

By sorting their production, growers add value to their products and are able to get access to the more demanding buyers who are nowadays, looking not only for high quality products but also for products complying with safety requirements. Farmers who differentiate their production by sorting are more likely to implement environmentally-friendly practices.

***H41: Farmers who sort their production
are more likely to implement IPM practices***

A second indicator related to the marketing strategy lies in means of payment and more precisely in the possibility for farmers to be paid by cash before the production is sold. To be paid in advance is associated in the literature to the implementation of more environmentally-friendly practices (McNamara et al., 1991; Fernandez-Cornejo et al., 1994; Souza Monteiro and Caswell, 2009; Kersting and Wollni, 2011). As a matter of fact, farmers need increased cash flows to implement IPM practices. This cash lets them to finance investments related to these practices or additional workforce needed to observe and treat pests and diseases directly instead of using pesticides.

***H42: Farmers who are paid by cash
are more likely to implement IPM practices***

3.5. Weather conditions

Weather conditions are one of the most important factors considered to explain the use of pesticides in the literature (Houmy, 1994; Aubert and Enjolras, 2014). Climatic constraints are assessed or measured through rainfall, temperatures or even the location when these variables are not available (Fernandez-Cornejo, 1996; Galt, 2008; Sharma et al., 2011). In our case, no difference in terms of pest and disease pressure has been detected between the three counties under scrutiny in the Antalya province. Therefore, weather conditions are dismissed from our analysis.

4. Materials and methods

4.1. The database

The production of tomatoes in Turkey is concentrated in the province of Antalya, which produces 85% of total Turkish tomatoes grown under greenhouse. Antalya province is located in the Mediterranean region and composed by 13 districts including Kumluca, Serik and Aksu (Figure 1). These three districts represent about 50% of the number of tomato producers, of the province tomato area and of the province tomato production. Given their dominant weight, surveys were limited to this area.

Figure 1. Turkish districts

Given the geographical proximity of the three districts, climatic conditions and pest and disease pressure are quite similar. Similarly, private organizations and public institutions do not significantly differ. Hence, we did not realize a stratification based on producers' location. Nevertheless, to take into account that the number of producers varies depending on the district, the number of producers under survey in a district has been chosen proportional to the total number of producers located in it.

Within each district, producers were randomly selected on a list provided by the Sub-Directorial Ministry of Agricultural of each district. Because of difficulties to survey producers, we did not realize a stratified sampling based on the agricultural area but on the location. Interviews were realized face-to-face with 186 growers in spring 2011. Producers were asked about the implementation of IPM practices. In order to understand their behavior they were also surveyed on farm structures, farmer characteristics, the technology used as well as the farming system and marketing.

4.2. Scoring of IPM practices

The implementation of IPM practices can be considered in terms of intensity (Rauniyar and Goode, 1992; McDonald and Glynn, 1994; Saltiel et al., 1994; Lohr and Park, 2000; Chaves and Riley, 2001; Shennan et al., 2001; Robertson et al., 2005; Isgny et al., 2008; Puente et al., 2011). In Turkey, regarding tomato production, the following eleven items are

concerned by IPM practices: harvest and cropping equipment cleaning, greenhouse walls washing and spraying entrance of the greenhouse, existence of footbaths at each entrance of the greenhouse, weeding in and outside the greenhouse, yellow sticky traps, elimination of first contaminated plants, use of biological auxiliaries, curtain for doors, blue traps, use of resistant varieties and use of pheromone (Figure 2).

Figure 2. IPM practices

Using a 1-5 Likert scale, producers revealed the degree of implementation for each practice. From “very weak” (1) to “very strong” (5), farmers declare to what extent they implement each of environmental-friendly practices identified⁵. A practice is considered as implemented since the grower declares it “mostly” or “all the time”. The IPM score calculated corresponds to the number of practices implemented, which can vary theoretically from 0 to 11. Because of the possible dependence of practices considered, the methodology is quite debated. As a matter of fact, such a counter can be considered only if the implementation of one practice does not require, or prevent, the implementation of another one. To validate this point, we have not only considered the correlation between each scale related to each practices (Table 3) but also their independence thanks to a scree plot of eigenvalues (Figure 3). Hence, we can conclude that the use of such counter is relevant since each practice appears to be independent from the others.

Table 3. Correlation of IPM practices implemented

Figure 3. Scree plot of eigenvalues

In the Turkish case, the score calculated varies empirically from 1 to 11. On average, farmers implement near than 6 practices. This translates the fact that all farmers are implementing more safe and environmentally-friendly practices, to some extent.

4.3. Econometric models

The count data reveals the number of IMP practices implemented by producers. The nature of this variable imposes not to implement a linear model. Hence, several models can be estimated depending on the distribution of the counter (Haavelmo, 1944; Maddala, 1983; Wooldridge, 2002; Greene, 2006; Cameron and Trivedi, 2010).

The first model considered is a Poisson that supposes equi-dispersion: the mean-variance equality, conditioned by explanatory variables (Cameron and Trivedi, 1990; Saez-Castillo and Conde-Sanchez, 2013). In such a case, we validate the following hypothesis:

$$H_0: Var(Y/X) = E(Y/X) = \mu$$

The main limit of such model is the validation of the equation [1]. To insure the validity of the model, we implement an over-dispersion test that tests the alternative hypothesis, developed by [2]:

⁵ More precisely, farmers can declare 1 « Very Weak », 2 « Weak », 3 « Medium » 4 « Strong » and 5 « Very strong ».

$$H_{alt}: Var(Y/X) = \theta\mu \quad [2]$$

Where θ is the coefficient of dispersion.

Because the test underlines an over-dispersion, two models that can remedy this distribution constraint are implemented: the Quasi-Poisson and the Negative Binomial (Ver Hoef and Boveng, 2007). The difference is based on the specification of the variance. While the Quasi-Poisson model assumes that there is a linear over-dispersion of the variance [3], the Negative Binomial model assumes a quadratic form [4].

$$Quasi - Poisson \text{ variance: } Var(Y/X) = \theta\mu \quad [3]$$

$$Negative \text{ Binomial variance: } Var(Y/X) = \mu + \gamma\mu^2 \quad [4]$$

Whatever the model implemented, the model can be formulated by equation [5]:

$$Y_i = \alpha + \beta IC_i + \lambda FC_i + \delta MS_i + \rho T_i + \varepsilon_i \quad [5]$$

Where:

Y: the number of IPM practices implemented

IC: variables related to individual characteristics

FC: variables related to farm characteristics

MS: variables related to the marketing strategy

T: variables related to the technology implemented

ε is the error term

$\alpha, \beta, \lambda, \delta, \rho$ are the coefficients associated to each item

To identify the most appropriate model, even if they often give similar results, we compare for each one the observed count and the predicted count (Ver Hoef and Boveng, 2007). Thanks to the Quasi-Poisson model, the correlation equals 0.2016, while it is 0,1556 for the Negative Binomial one. Hence, the model chosen for explaining the number of IPM practices is a Quasi-Poisson model (Table 6).

Table 6 – Quasi-Poisson Model

5. Results

The implementation of IPM practices appears to be influenced by the individual characteristics of farmers, the structural characteristics of their farm, technology and their marketing strategy. Since the econometric analysis confirms the statistical analysis (Table 4 and Table 5), a combined reading is done.

Table 4 – Statistic descriptive of quantitative variables

Table 5 – Statistic descriptive of qualitative variables

The first result is that almost all individual farmer characteristics appear to have no impact on the number of IPM practices implemented by producers. This result highlights, in the Turkish context, that almost all farmers are involved in implementing more sustainable practices. This point coincides with the fact that, on average, six IPM practices are implemented. Hence, we observe that farmers who have another activity are not more likely to implement more practices than the others. In the same way, to own a farm is not a salient criterion in the Turkish case.

We have to notice that two characteristics have an impact on the farmers' behaviour. The first one is the level of education. Farmers who are more educated, are more likely to implement more IPM practices. As a matter of fact, while farmers who have a higher level of education implement seven IPM practices on average, the others implement less than six.

The second characteristic having an impact of the number of IPM practices implemented is a subjective one. Farmers who are more environmentally concerned are more likely to implement a high number of IPM practices. This degree of consciousness, measured through the number of tomatoes produced during the season, reveals a concern of soil quality in the long term. As a matter of fact, farmers who implement only one tomato production during the season let the soil be rested a part of the season. Hence, the more farmers are concerned by soil quality, the more they implement IPM practices.

Beyond these individual characteristics, we observe that the structural characteristics of the farm also condition the number of IPM practices implemented. Hence, results show that biggest farms are more likely to implement more IPM practices than smaller ones. Moreover, farms are more likely to implement more IPM practices since they are specializing in tomato production. These results highlight that farms that are less likely to implement more IPM practices are the smallest and diversified ones. Hence, despite Turkey mainly comprises "small farms", the results confirm the main hypotheses stated from the literature. The largest farms, which are more specialized and held by a more educated farmer, are more likely to implement environmentally-friendly practices.

We have to notice that the relative importance of labor has no impact on the implementation of more sustainable practices. As a matter of fact, each IPM practice is specific and does not translate into a higher need of workforce. The use of footbaths at each entry of the greenhouse is one example.

In addition to individual and farm structural characteristics, the degree of technology upgrading should be taken into account. The technology implemented is considered in relation to the use of glass, heating system and roof sprinklers. Results demonstrate that the more the greenhouse is built with glass and the more the farmer is more likely to implement IPM practices. Similarly, farmers who use a roof sprinkler are more likely to implement a higher number of IPM practices. Farmers who are able to manage the temperature of their greenhouse using such sophisticated system are more likely to implement IPM practices. Statistics descriptive reveals that these farms use, on average, seven IPM practices, while it is less than six for others farms. These results confirm the importance of previously implemented sophisticated technologies.

The last dimension taken into account is marketing. Results show that farmers who differentiate and value their production implement more environmentally-friendly practices. As a matter of fact, farmers who sort their production before selling it implement six IPM practices, against less than 5.5 for farmers who do not sort their production. This result confirms the fact that farmers who differentiate their production are clearly in a dynamics of adding value. Such a process goes hand in hand with the implementation of environmentally-friendly practices.

6. Concluding remarks

The aim of our study is to better understand farmers' behaviour as regards to the implementation of IPM practices in the Turkish context. Turkey is a relevant case study since this country is increasingly gaining access to safety-demanding European markets. Hence, Turkey has to harmonize its legislation especially in the agricultural sector where sanitary and phytosanitary requirements at the national level are less restrictive than at the European or international levels.

To understand to what extent Turkish farmers are willing to implement IPM practices, we have considered the individual characteristics of the farmers, the structural characteristics of their farms, the more or less sophisticated greenhouse technology and the marketing strategy. Thanks to a survey of 186 farmers, we have measured these characteristics and hence been able to identify salient factors that spur the implementation of safer and environmentally-friendly practices.

One salient result of this study is that both individual and structural characteristics condition practices implemented on the farm. Farmers who are more educated are more inclined to implement more IPM practices on their farm rather than farmers who are less educated. The level of education lets appreciate the capability to evaluate risks and the capability to change productive practices. Results also underline the fact biggest farms, specialized in tomato production, are more likely to implement practices. To be specializing in a single production raises awareness farmers to soil concern in the long term leading them to implement more IPM practices that preserve soil quality.

A key result is that the use of upgraded greenhouse technology is a further driver for the implementation of more sustainable farm practices. This result highlights a virtuous circle in terms of practices: the more farmers implement sophisticated technology such as a roof sprinkler, the more they are likely to implement IPM practices on their farms.

The second original point is the importance of marketing strategy. Since producers try to add value to their production on wholesale markets, they are more likely to adopt a production pattern based on a more environmental-friendly behavior. Hence, a key factor leading to the implementation of such practices is the opportunity to provide a better valuation of the production.

The Turkish case is an example of the complexity in fully understanding the mechanism of IPM implementation. Several internal factors such as farmer and farm characteristics are well-identified drivers for more safe and environmentally-friendly practices. In addition, the fact that farmers have already implemented sophisticated technology acts as a springboard to implement IPM practices. Moreover, the implementation of environmentally-friendly

practices is also conditioned by farmers' actions in favour of a differentiation of their production. Farmers who sort their production are more likely to increase their production valuation whatever the pathway and hence to supply buyers with phytosanitary requirements.

In terms of public policies, one recommendation is to support farmers' education in order to improve their professional skills, since the level of education is one of the main factors positively influencing the implementation of IPM practices.

Another recommendation is to make market information publicly available and stimulate its dissemination through the sector, and to let small farmers be more aware about distributors' requirements.

Lastly, one recommendation is to support them to comply through consultancy services and capacity building.

Future research should deepen these results by studying in more detail the dynamics of Turkish farms. The long-term strategy in terms of production practices should let understand the internal dynamic of farms. Also, combining such practices with the marketing strategy may allow to understand to what extent the implementation of more sustainable practices can modify farmers' option in terms of marketing strategy, or conversely to what extent the evolution of sellers' requirements can modify farmers' production strategy.

Figure 1. Turkish districts



Source: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Antalya>

Figure 2. IPM practices



Curtain for doors



Auxiliaries



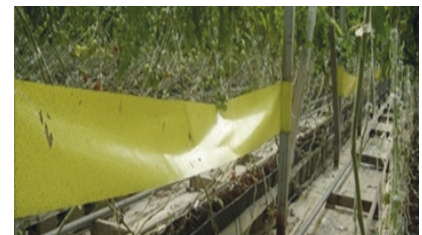
Pheromones



Elimination of first contaminated plants



Footbath at the entry of greenhouse



Yellow traps

Figure 3. Scree plot of eigenvalues

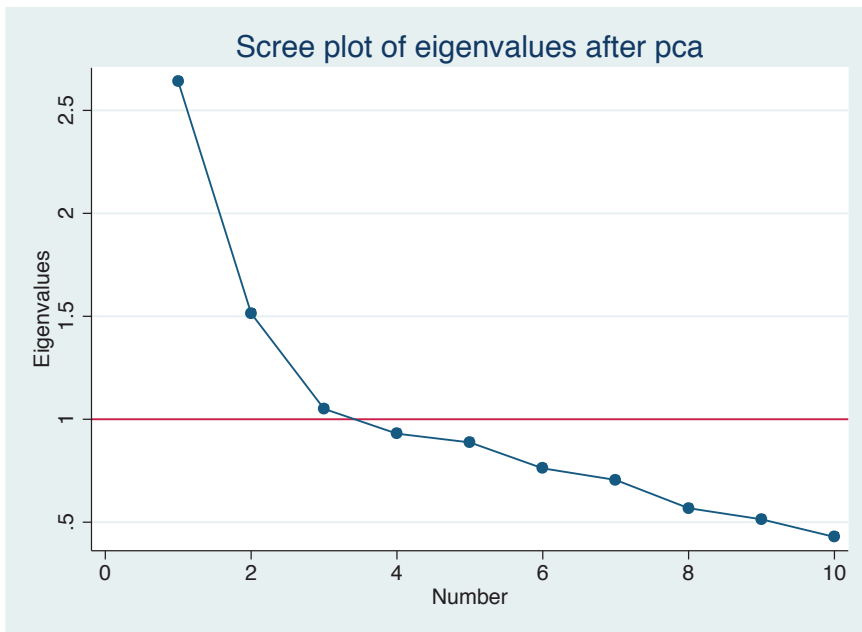


Table 1. Determinants of the adoption of sustainable farming practices - Hypotheses, testable propositions and expected sign

Individual characteristics (H1)	Structural characteristics (H2)	Technology characteristics (H3)	Commercial characteristics (H4)
H11: Level of education (+)	H21: UAA (+/-)	H31: Share of glass greenhouse (+)	H41: Sort production (+)
H12: Off farm activity (+/-)	H22: AWU / UAA (+)	H32: Heating system (+)	H42: Cash payment (+)
H13: Owner (+)	H23: Degree of specialization (+/-)	H33: Roof sprinkler (+)	
H14: Risk perception (+)			
H14: Environmental sensibility (+)			

Table 2: Description of variables

Variable	Unit	Definition	
IPM practices			
counter	counter	Number of IPM practices implemented	
footbath	Yes / No	Existence of footbaths at each entrance of the greenhouse	
contaminated	Yes / No	Elimination of first contaminated plants	
weeding	Yes / No	Weeding in and outside the greenhouse	
harvest	Yes / No	Harvest and cropping equipment cleaning	
resistant	Yes / No	Resistant varieties	
spray	Yes / No	Greenhouse walls washing and spraying entrance of the greenhouse	
trap	Yes / No	Yellow sticky traps	
auxiliaries	Yes / No	Use of biological auxiliaries	
curtain	Yes / No	Curtain for doors	
blue	Yes / No	Blue trap	
pheromone	Yes / No	Pheromone recipient	
Individual characteristics			
Off farm activity	Yes / No	The farmers has an off-farm activity	
Education	1	Yes / No	Primary level
	2	Yes / No	Secondary level
	3	Yes / No	Superior level
Owner	Yes / No	The farmer owns his farm	
Pest and disease perception	Lickert scale	A Lickert measure the risk perception for 7 pest and 10 disease	
Environmental sensibility	Yes / No	There is one production during the season	
Structural characteristics			
AWU/ UAA	-	Total of agricultural workforce on agricultural utilized area	
UAA	acre	Utilized Agricultural Area	
UAA ²		Quadratic form of the Utilized Agricultural Area	
Degree of specialization	%	Share on tomato area on total area	
Technical characteristics			
Share of glass greenhouse	%	Share of glass greenhouse on total greenhouse area	
Heating system	Yes / No	The farmers uses a heating system	
Roof sprinkler	Yes / No	The farmer uses a roof sprinkler	
Commercial characteristics			
Sort	Yes / No	The farmer sorts his production before selling it	
Cash	Yes / No	The farmer is paid by cash	

Table 3: Correlation of IPM practices implemented

	Harvest	Footbath	Weeding	Contaminated	Resistant	Spray	Water	Trap	Auxiliaries	Curtain
Harvest	1.0000									
Footbath	0.2516	1.0000								
Weeding	0.3551	0.0147	1.0000							
Contaminated	0.3632	-0.0318	0.3817	1.0000						
Resistant	-0.0052	-0.0662	0.0149	0.1833	1.0000					
Spray	0.3083	0.1498	0.1491	0.1673	-0.0132	1.0000				
Water	0.3031	-0.0392	0.2205	0.4804	0.0839	0.1271	1.0000			
Trap	0.1256	-0.0348	0.0850	0.2792	0.0961	0.1009	0.2054	1.0000		
Auxiliaries	0.0873	0.2113	0.0786	0.1041	-0.0373	0.0481	0.0307	0.1093	1.0000	
Curtain	0.1791	-0.1706	0.2397	0.4915	0.2482	0.0505	0.3425	0.2660	0.0398	1.0000

Table 4. Descriptive statistics of quantitative variables

	Pest perception	Disease perception	AWU / AUA	Greenhouse area	Share of glass greenhouse	Degree of specialization	Counter of IPM practices
Pest perception	1.0000						
Disease perception	0.5884	1.0000					
AWU / AUA	-0.0166	0.0827	1.0000				
Greenhouse area	-0.1997	-0.1440	-0.1920	1.0000			
Share of glass greenhouse	-0.0506	0.0822	0.6775	-0.0650	1.0000		
Degree of specialization	-0.0586	-0.1075	-0.0521	0.0217	0.0655	1.0000	
Counter of IPM practices	-0.0212	-0.0436	-0.0206	0.2541	-0.0087	-0.0691	1.0000

Table 5. Statistic descriptive of qualitative variables

		Repartition	Mean	Equality of mean	Std Deviation	Equality of variance
		Counter of IPM practices				
Individual characteristics						
Off farm activity	No	140	6.06429	ns	1.767861	ns
	Yes	46	5.67391		2.022697	
Owner	No	32	6.15625	ns	1.439296	**
	Yes	154	5.92857		1.910094	
Education	Primary	116	5.69828	reference	1.674462	reference
	Secondary	24	5.66667	ns	2.119612	**
	Superior	46	6.80435	***	1.857352	*
Environmental sensibility	No	50	5.42	***	2.011092	**
	Yes	136	6.16912		1.732287	
Technical characteristics						
Heating system	No	14	5.78571	ns	1.847184	ns
	Yes	172	5.98256		1.840016	
Roof sprinkler	No	161	5.78882	***	1.818	*
	Yes	25	7.12		1.536229	
Commercial characteristics						
Sort	No	36	5.33333	**	2.042408	*
	Yes	150	6.12		1.756751	
Cash	No	135	5.95556	ns	1.633907	***
	Yes	51	6		2.306513	

Keys: Differences are significantly different at the 10% (*), 5% (**) and 1% (***) thresholds.

Table 6. Econometric model

	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z
<i>Individual characteristics</i>				
Off farm activity	.0659857	.052054	1.27	0.205
Education	<i>Reference: Primary level</i>			
Secondary	-.0136327	.0722483	-0.19	0.850
Higher	.1296101***	.0463646	2.80	0.005
Owner	.0180118	.0542165	0.33	0.740
Pest perception	.025893	.0244484	1.06	0.290
Disease perception	-.0140412	.0249748	-0.56	0.574
Environmental sensibility	.122233*	.067243	1.82	0.069
<i>Structural characteristics</i>				
AWU / UAA	-.011982	.0379951	-0.32	0.752
UAA	.0041639**	.0020632	2.02	0.044
UAA2	-.0000116	8.84e-06	-1.31	0.191
Degree of specialization	.0018176**	.0007605	2.39	0.017
<i>Technical characteristics</i>				
Share of plastic greenhouse	.0008618*	.0005157	1.67	0.095
Heating system	.0072429	.0920434	0.08	0.937
Roof sprinkler	.1366466**	.056126	2.43	0.015
<i>Commercial characteristics</i>				
Sort	.1035798*	.0616043	1.68	0.093
Cash	.0071859	.0544173	0.13	0.895
Constant	1.278915***	.1792539	7.13	0.000
Number of observations	186			
Pseudo R2	3.14%			
Predicted count	20.16%			

Keys: Estimates significant at the 10% (*), 5% (**) and 1% (***) thresholds.

References

- Altieri M.A. (2000). Ecological impacts of industrial agriculture and the possibilities for truly sustainable farming.
- Asfaw S., Mithöfer D., Weibel H. (2010). What impact are EU supermarket standards having on developing countries export of high value horticultural products? Evidence from Kenya. *Food agribusiness marketing* 22 (3-4): 262-276.
- Aubert M., Enjolras G. (2014). Between the approved and the actual dose. A diagnosis of pesticide overdosing in French vineyards. *Review of Agricultural and Environmental Studies*: 327-350.
- Baumgart-Getz A., Stalker Prokopy L., Floress K. (2012). Why farmers adopt best management practice in the United States: A meta-analysis of the adoption literature. *Journal of environmental management* 96: 17-25.
- Belknap J., Saupe W.E. (1988). Farm family resources and the adoption of no-plow tillage in Southwestern Wisconsin. *North Central Journal of Agricultural Economics* 10 (1): 13-23.
- Bultena G.L., Hoiberg E.O. (1983). Factors affecting farmers' adoption of conservation tillage. *Journal of soil and water conservation* 38: 281-284.
- Burton M., Rigby D., Young T. (2003). Modelling the adoption of organic horticultural technology in the UK using duration analysis. *The Australian journal of agricultural and resource economics* 47 (1): 29-54.
- Byerlee D., Hesse de Polanco E. (1986). Farmers' stepwise adoption of technical packages: Evidence from the Mexican Altiplano. *American journal of agricultural economics* 68: 519-527.
- Cameron A., Trivedi P. (1990). Regression-based tests for overdispersion in the Poisson model. *Journal of econometrics* 46: 347-364.
- Cameron A., Trivedi P. (2010). *Microeconometrics using stata*. United States of America: Stata Press.
- Caswell M., Fuglie K.O., Ingram C., Jans S., Kaskal C. (2001). Adoption of agricultural production practices: Lessons learned from the U.S. department of agricultural area studies project, research report prepared for the economic research service resource economics division.
- Chaves B., Riley J. (2001). Determination of factors influencing Integrated Pest Management adoption in coffee berry borer in Colombian farms. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 87: 159-177.

- Chemnitz C. (2007). The compliance decision with food quality standards on primary producer level. A case study of the EUREPGAP Standard in the Moroccan tomato sector. Berlin.
- Clay D., Reardon T., Kangasniemi J. (1998). Sustainable intensification in the highland tropics: Rwandan farmers' investments in land conservation and soil fertility. *Economic development and cultural change* 46 (2): 351-377.
- Daberkow S.G., McBride W.D. (2003). Farm and operator characteristics affecting the awareness and adoption of precision agriculture technologies in the US. *Precision Agriculture* 4: 163-177.
- Deng J.A., Qu H., Huang R., Yang Y., Zhen X., Wang H. (2003). Survey of food poisoning by organophosphorus pesticide at the employee refectory. *Practical Preventive Medicine* 10 (5): 766-767.
- Dörr A.C., Grote U. (2009). Impact of certification on fruit producers in the Sao Francisco Valley in Brazil. *Economics and applied informatics*: 5-16.
- Ervin C.A., Ervin C.E. (1982). Factors affecting the use of soil conservation practices: Hypotheses, evidence and policy implications. *Land economics* 58: 277-292.
- Feder G., Just R.E., Zilberman D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. *Economic development and cultural change* 33 (2): 255-298.
- Fernandez-Cornejo J. (1996). The microeconomic impact of IPM adoption: theory and application. *Agricultural and resources economics review*: 149-160.
- Fernandez-Cornejo J., Beach E.D., Huang W.-Y. (1994). The adoption of IPM techniques by vegetable growers in Florida, Michigan and Texas. *Journal of agricultural and applied economics* 26 (1): 158-172.
- Galt R.E. (2008). Toward an Integrated understanding of pesticide use Intensity in Costa Rican vegetable farming. *Human Ecology* 36: 655-677.
- Gould B.W., Saupe W.E., Klemme R.M. (1989). Conservation tillage: The role of farm and operator characteristics and the perception of soil erosion. *Land economics* 65 (2): 167-182.
- Greene W. (2006). *Econometric Analysis*. New York: Pearson Prentice Hall.
- Haavelmo T. (1944). The probability approach in econometrics. *Econometrica* 12 (3): 1-115.
- Henson S., Loader R. (2001). Barriers to agricultural exports from developing countries: the role of sanitary and phytosanitary requirements. *World Development* 29 (1): 86-102.

- Houmy K. (1994). Importance des conditions climatiques dans l'application des produits phytosanitaires. *Revue ANAFIDE* 96 (6): 34-40.
- Huffman W.E., Mercier S. (1991). Joint adoption of microcomputer technologies: An analysis of farmers decisions. *Review of Economics and Statistics* 73: 541-546.
- Isgny I., Bilgic A., Foster D.L., Batte M.T. (2008). Using count data models to determine the factors affecting farmers' quantity decisions of precision farming technology adoption. *Counter and Electronics in Agriculture* 62: 231-242.
- Jaffee S., Meer K.V., Henson S., Haan C.D., Sewadej M., Ignacio L. (2005). Food safety and agricultural health standards: Challenges and opportunities for developing countries.
- Kersting S., Wollni M. (2011). Public-private partnerships and GLOBALGAP standard adoption: evidence from small-scale fruit and vegetable farmers in Thailand. *EAAE congress*.
- Knowler D., Bradshaw B. (2007). Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food policy* 32: 25-48.
- Kogan M. (1998). Integrated Pest Management: Historical, Perspectives and Contemporary Developments. *Annual Review of Entomology*.
- Korsching P.F., Stofferahn C.W., Nowak P.J., Wagener D. (1983). Adoption characteristics and adoption patterns of minimum tillage: Implications for soil conservation programs. *Journal of soil and water conservation* 38: 428-430.
- Li X. (2002). Analysis of food poisoning due to taking vegetable contaminated with organophosphorus pesticide. *China Tropical Medecine* 2 (4).
- Lohr L., Park T.A. (2000). Choice of insect management portofolios by organic farmers: lessons and comparative analysis. *Ecological Analysis* 43: 87-99.
- Lynne G.D., Casey C.F., Hodge A., Rahmani M. (1995). Conservation technology adoption decisions and the theory of planned behaviour. *Journal of Economic Psycholohy* 16 (4): 581-598.
- Maddala G.S. (1983). Limited-Dependent and Qualitative Variables in Econometrics. Cambridge.
- Mc Laughlin A., Mineau P. (1995). The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 55: 201-212.
- McDonald D.G., Glynn C.J. (1994). Difficulties in measuring adoption of apple IPM : A case study. *Agriculture Ecosystems & Environment* 48: 219-230.
- McNamara K.T., Wetzstein M.E., Douce G.K. (1991). Factors affecting peanut producer adoption of integrated pest management. *Agricultural & applied economics association* 13: 129-139.

- Mumford J.D., Norton G.A. (1984). Economics of decision making in pest management. *Ann. Rev. Entomol* 29: 157-174.
- Napier L.T., Brown D.E. (1993). Factors affecting attitudes toward ground-waterpollution among Ohio farmers. *Journal of soil and water conservation* 48 (5): 432-449.
- Norris P.E., Batie S.S. (1987). Virginia's farmers' soil conservation decisions: An application of Tobit analysis. *Southern journal of agricultural economics* 19: 79-90.
- Okello J.J. (2005). Compliance with international food safety standards: The case of green bean production in Kenyan family farm. Michigan: department of agricultural economics.
- Ozler S., Taymaz E., Yilmaz K. (2009). History matters for the export decision: Plant-level evidence from Turkish manufacturing industry. *World Development* 37 (2): 479-488.
- Pamucku T. (2003). Trade liberalization and innovation decisions of firms: Lessons from Post-1980 Turkey. *World Development* 31 (8): 1443-1458.
- Pretty J.N. (1995). Participatory learning for sustainable agriculture. *World Development* 23 (8): 1247-1263.
- Puente M., Darnall N., Forkner R.E. (2011). Assessing integrated pest management adoption: measurement problems and policy implications. *Environmental assessment* 48: 1013-1023.
- Rauniyar G.P., Goode F.M. (1992). Technology adoption on small farms. *World Development* 20: 275-282.
- Robertson M.J., Zehnder G.W., Hamming M.D. (2005). Adoption of Integrated Pest Management practices in South Carolina cotton growers. *Journal of Extension* 43.
- Rogers E. (1962). Diffusion of innovations. New York. (*Free Press of Glencoe*).
- Roschewitz I., Thies C., Tschardt T. (2005). Are landscape complexity and farm specialization related to land-use intensity of annual crop fields ? *Agricultural Ecosystems and Environment* 105: 87-99.
- Saez-Castillo A.J., Conde-Sanchez A. (2013). A hyper-Poisson regression model for overdispersed and underdispersed count data. *Computational Statistics and Data Analysis* 61: 148-157.
- Saltiel J., Bauder J., Palakovich S. (1994). Adoption of sustainable agricultural practices: Diffusion, farm structure, and profitability. *Rural sociology* 59 (2): 333-349.

Schultz W., Van der Veen M. (1977). Economic constraints on agricultural technology adoption in developing countries. U.S. Agency for international development, Washington.

Schultz T.W. (1981). Investing in people: The economics of population quality. *U.o.C. Press (Ed.)*.

Sharma A., Bailey A., Fraser I. (2011). Technology adoption and pest control: strategies among UK cereal farmers: Evidence from parametric and nonparametric count data models. *Journal of agricultural economics* 62: 73-92.

Shennan C., Cecchetti C.L., Goldman G.B., Zalon F.G. (2001). Profiles of California farmers by degree of IPM use as indicated by self-descriptions in a phone survey. *Agriculture Ecosystems & Environment* 84: 267-275.

Somda J., Nianogo A.J., Nassa S., Sanou S. (2002). Soil fertility management and socio-economic factors in crop-livestock systems in Burkina Faso: A case study of composting technology. *Ecological economics* 43: 175-183.

Souza Monteiro D.M., Caswell J.A. (2009). Traceability adoption at the farm level: An empirical analysis of the Portuguese pear industry. *Food policy* 34: 94-101.

Taylor D.L., Miller W.L. (1978). The adoption process and environmental innovations: A case study of a government project. *Rural sociology* 43: 634-648.

Traoré N., Landry R., Amara N. (1998). On-farm adoption of conservation practices: The role of farm and farmer characteristics. *Land economics* 74 (1): 114-127.

Van der Berg H., Jiggins J. (2007). Investing in farmers - The impacts of farmer field schools in relation to integrated pest management. *World Development* 35 (4): 663-686.

Ver Hoef J.M., Boveng P.L. (2007). Quasi-Poisson vs Negative Binomial regression: How should we model overdispersed count data? *Statistical Reports* 88 (11): 2766-2772.

Vorley B., Fox T. (2004). Global Food Chain: Constraints and opportunities for smallholders. In: *Helsinki Workshop, O.D.P.A.a.P.-P.G.T. Team (Ed.)*.

Weil P.M. (1970). The introduction of the Ox plow in Central Gambia. Baltimore: Johns Hopkins University Press. (*African Food Production System: Cases and Theory*).

Westra J., Olson K. (1997). Farmers' decision processes and adoption of conservation tillage. In: f. Department of applied economics college of agricultural, and environmental sciences - University of Minesota (Ed.).

Wooldridge J.M. (2002). Econometric analysis of cross-section and panel data. Cambridge: MIT Press.

Xhoxhi O., Pedersen S.M., Lind K.M., Yazar A. (2014). The determinants of intermediaries' power over farmers' margin related activities: Evidence from Adana, Turkey. *World Development* 64: 815-827.

Yasarakinci N. (2009). IPM in Turkey.

Zhou J., Elen J.H., Liang J. (2011). Implementation of food safety and quality standards: A case study of vegetable processing industry in Zhejiang, China. *The social science journal* 48: 543-552.

Asfaw S., Mithöfer D., Weibel H. (2010). What impact are EU supermarket standards having on developing countries export of high value horticultural products? Evidence from Kenya. *Food agribusiness marketing* 22 (3-4): 262-276.

Clay D., Reardon T., Kangasniemi J. (1998). Sustainable intensification in the highland tropics: Rwandan farmers' investments in land conservation and soil fertility. *Economic development and cultural change* 46 (2): 351-377.

Codron J.-M., Adanacioglu H., Aubert M., Bouhsina Z., El Mekki A.A., Rousset S., Tozanli S., Yercan M. (2012). Pesticide safety risk management in high value chain: The case of Turkey and Morocco.

Codron J.-M., Bouhsina Z., Fort F., Coudel E., Puech A. (2004). Supermarkets in low-income mediterranean countries: impact on horticulture systems. *Development Policy Review* 22 (5).

Disdier A.-C., Fontagné L., Mimouni M. (2006). Les normes en tant que barrières non tarifaires. In: *Quel cadre pour les politiques agricoles, demain, en Europe et dans les pays en développement ?*, 27-29 novembre 2006. Paris: Notre Europe et FARM.

Dörr A.C., Grote U. (2009). Impact of certification on fruit producers in the Sao Francisco Valley in Brazil. *Economics and applied informatics*: 5-16.

Fernandez-Cornejo J. (1996). The microeconomic impact of IPM adoption: theory and application. *Agricultural and resources economics review*: 149-160.

Fernandez-Cornejo J., Beach E.D., Huang W.-Y. (1994). The adoption of IPM techniques by vegetable growers in Florida, Michigan and Texas. *Journal of agricultural and applied economics* 26 (1): 158-172.

Galt R.E. (2008). Toward an Integrated understanding of pesticide use Intensity in Costa Rican vegetable farming. *Human Ecology* 36: 655-677.

Kersting S., Wollni M. (2011). Public-private partnerships and GLOBALGAP standard adoption: evidence from small-scale fruit and vegetable farmers in Thailand. *EAAE congress*.

Lemeilleur S. (2008). Pratiques contractuelles des intermédiaires de marché face au développement des supermarchés dans les pays émergents: le cas des commissionnaires dans le secteur des fruits et légumes frais en Turquie. . Montpellier, Supagro Montpellier.

Lemeilleur S., Codron J.-M. (2011). Marketing cooperative vs. commission agent : The Turkish dilemma on the modern fresh fruit and vegetable market. *Food policy* 36: 272-279.

McNamara K.T., Wetzstein M.E., Douce G.K. (1991). Factors affecting peanut producer adoption of integrated pest management. *Agricultural & applied economics association* 13: 129-139.

Me S. (2003). La distribution moderne en Turquie. *Alimentaire*.

Ozler S., Taymaz E., Yilmaz K. (2009). History matters for the export decision: Plant-level evidence from Turkish manufacturing industry. *World Development* 37 (2): 479-488.

Reardon T., Barrette C.B., Berdegue J.F. (2009). Agrifood transformation and small farmers in Developing Countries. *World Development* 37 (11): 1717-1727.

Saunier-Nebioglu M. (2000). Consommation alimentaire en Turquie. *In: Alimentation et nourritures autour de la Méditerranée, Karthala (Ed.)*.

Souza Monteiro D.M., Caswell J.A. (2009). Traceability adoption at the farm level: An empirical analysis of the Portuguese pear industry. *Food policy* 34: 94-101.

Traoré N., Landry R., Amara N. (1998). On-farm adoption of conservation practices: The role of farm and farmer characteristics. *Land economics* 74 (1): 114-127.

Zhou J., Elen J.H., Liang J. (2011). Implementation of food safety and quality standards: A case study of vegetable processing industry in Zhejiang, China. *The social science journal* 48: 543-552.

4.4. Aubert M. et Enjolras G. (2016). Do short food supply chain go hand in hand with environment-friendly practices? An analysis of French farms. International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology, 12(2): 189-213.

Do short food supply chains go hand in hand with environment-friendly practices? An analysis of French farms

Magali Aubert

UMR 1110 MOISA, INRA-Montpellier Supagro,
2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2, France
Email: aubert@supagro.inra.fr

Geoffroy Enjolras*

FRE 3748 CERAG, Univ. Grenoble Alpes,
Domaine universitaire, B.P. 47, 38040 Grenoble Cedex 9, France
Email: geoffroy.enjolras@iae-grenoble.fr

*Corresponding author

Abstract: This article deals with the presumed relationship between environment-friendly practices, such as organic farming, and the adoption of short food supply chains at farm level. These two patterns of production and distribution appear to be linked because they meet the consumers' expectations in terms of quality and proximity. Calling on the literature, we formulate hypotheses regarding the combined adoption of organic farming and short food supply chains. An econometric model with simultaneous equations measures the close link between the environmental quality of production and vertical integration. The data are drawn from the 2010 census of French farms which provides a full overview of practices implemented by producers. Particular attention is paid to wine-growing and arboriculture which correspond to farms most concerned by organic farming. The results show that when a farmer practises organic farming, the farm becomes integrated and conversely when a farm is integrated, the farmer is likely to adopt organic farming.

Keywords: organic farming; short food supply chains; census of French farms; France.

Reference to this paper should be made as follows: Aubert, M. and Enjolras, G. (2016) 'Do short food supply chains go hand in hand with environment-friendly practices? An analysis of French farms', *Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology*, Vol. 12, No. 2, pp.189–213.

Biographical notes: Magali Aubert is a research engineer at INRA Montpellier, France. She is involved in the MOISA (Markets, Organisations and Actors' Strategies) research centre. Her research is mainly focused on the dynamics of French farms trajectories. She has developed skills for the processing of large databases (surveys and census of farms). She is specialised in econometric tools, and more precisely qualitative models and time series that she has developed over time.

Geoffroy Enjolras is Full Professor of Finance at the CERAG (Center for Studies and Applied Research in Management) research centre and the Graduate Business School (IAE) of Grenoble-Alpes University, France. His

research is focused on risk management issues, especially regarding natural disasters, agricultural and environmental economics. He is involved in many national and international research projects which address the issues of natural risks hedging, the reform of the Common Agricultural Policy and environmentally-friendly farming.

This paper is a revised and expanded version of a paper entitled 'Do short food supply chains go hand in hand with environment-friendly practices?' presented at the 'International Association of Agricultural Economists (ICAE) Conference', Milan, Italy, 9–14 August 2015.

1 Introduction

The quality of agricultural production is a key concern for both producers and consumers. Since the early 1980s, an environmental awareness has emerged in response to intensive farming practices, such as the use of chemical inputs (Heckman, 2006). This renewed interest is characterised by the emergence and development of alternative food networks (AFNs). AFNs differ from traditional production and distribution channels while claiming to meet both producers' and consumers' requirements (Venn et al., 2006). Their development has been encouraged at the European level through the second pillar of the Common Agricultural Policy (Goodman et al., 2012) and at national level in France by the Ministry of Agriculture as part of the agricultural modernisation policy.

There is a broad range of AFNs encompassing both organic farming (OF) and short food supply chains (Venn et al., 2006). Each of these forms of AFN aims at providing responses to limitations encountered within the conventional food sector. For instance, organic farming offers a means of restoring consumer confidence that was shaken by food scandals, leading to the development of new quality standards by both the public authorities and the private sector (Giraud-Héraud et al., 2006). These green standards ensure consumers that production complies with environment constraints (Tuomisto et al., 2012) or even goes beyond governmental regulations regarding the environment (Sharma and Vredenburg, 1998). In return, they also provide producers a competitive advantage, which should lead to higher performance (López-Gamero, 2009).

At the same time, the development of short food supply chains (SFSCs) has been encouraged because they are characterised by a relation of proximity, with no more than one intermediary involved in the exchange between the producer and the consumer (Renting et al., 2003). Moreover, such distribution channels go hand in hand with rural development (Kneafsey et al., 2013). SFSCs characterise the active involvement of farmers in the food market beyond production. In economic terms, thanks to the absence of intermediaries, producers capture more of the added value generated by their production (Broderick et al., 2011; Aubert and Enjolras, 2013) while consumers benefit from lower prices compared to purchases made through a long supply chain. Beyond the economic gains provided by SFSCs, consumers expect a higher level of quality in this kind of production. The current trend translates into greater value placed on production sold directly to the consumer who is expecting a higher level quality and greater proximity in return.

The evolution of both quality requirements and marketing channels does not seem to be unrelated (Ilbery et al., 2005; Kottila and Rönni, 2008). However, these two topics

have mainly been studied separately in the literature: SFSCs are examined using the Transaction Cost theory (Grote and Grote, 2009; Burton et al., 2003; McNamara et al., 1991) while commitment to environmental quality (organic farming) is considered through the Resource-Based View theory (Sylvander and Schieb-Bienfait, 2006; Moustier and Thi Tan Loc, 2013). Few studies consider both the link between SFSCs and environment-friendly practices, instead focussing primarily on regional case studies in Austria (Penker, 2006), England (Ilbery and Maye, 2005) and France (Maréchal and Spanu, 2010). Even if Maréchal and Spanu (2010) mention a possible bilateral causality, all these studies consider only the unilateral causality which considers that SFSCs lead to more green practices.

Consequently, this study seeks to appreciate the joint determinants of these strategies, which concern both producers and consumers. More precisely, our goal is to measure the effective simultaneity of these two choices that can explain the recent evolutions in favour of SFSCs and OF. The in-depth analysis relies on the latest French agricultural census conducted in 2010, which provides an exhaustive view of French agriculture with all farms being surveyed. Within this census, we focus on farms specialising in permanent crops since these farms are most prominently involved in short food supply chains (Kneafsey et al., 2013). More precisely, we differentiate wine-growing from arboriculture because of their specificities: wine-growing is a perennial production while this is not the case for arboriculture.

Our article is structured as follows. In the first section, we develop the theoretical framework of our analysis while in the second section we present the analytical framework. In the third section, we present a descriptive analysis and the results of the econometric model before concluding.

2 Theoretical and analytical framework

Our analysis relies on the principle that producers make simultaneous choices in terms of vertical integration (adoption of SFSCs) and the implementation of environment-friendly production practices (adoption of OF). Because few studies have been conducted on this subject, it appears necessary to consider the factors identified in the literature which can influence, either separately or together, the adoption of vertical integration and production practices.

In order to overcome this limitation and mirroring the existing literature, we assume that production practices are more dependent on farm and farmers' characteristics while vertical integration depends more on transaction characteristics and the need to reduce uncertainty. We therefore explain the quality implemented by farmers using the Resource-Based View theory while calling on the Transaction Cost theory to understand vertical integration.

2.1 Determinants of environment-friendly practices

The adoption of environment-friendly agricultural practices has been widely studied in the literature using the Resource-Based View (Penrose, 1959) and its extensions. Among them, the Natural-Resource-Based View (Hart, 1995; Hart and Dowell, 2001) considers that sustainable practices driven by environmental considerations provide firms a

competitive advantage. The most relevant determinants of the decision to adopt environment-friendly practices are therefore clearly identified even if their impact on adoption may vary from one study to another.

Irrespective of the context or production considered, the literature unanimously highlights the importance of taking available resources into account. All studies converge towards a positive impact between the size of the farm and the implementation of environment-friendly practices (Dörr and Grote, 2009; Burton et al., 2003; McNamara et al., 1991; Aubert et al., 2013; Aubert and Enjolras, 2013).

Independent of the physical size of the farm, the relative importance of workers in the adoption of environmental-friendly practices is widely highlighted (Galt, 2008; Aubert and Enjolras, 2013). Workers can come from the farmer's family or be external employees. All workers have to be considered because the weight of family workers is relatively more important on small farms.

Another element that is supposed to influence practices implemented by producers is the degree of specialisation of the farm. The degree of specialisation is measured by the share of the revenue that depends on the main crop. The more a farm is specialised, the more it is likely to implement practices that are environment-friendly (Dörr and Grote, 2009; Aubert et al., 2013).

H₁: The more resources available, the more the farm is likely to implement environment-friendly practices

Beyond available resources, the Resources-Based View theory highlights the importance of skills. With regard to the farmer's characteristics, almost all studies dealing with SFSCs highlight the importance of the farmer's level of education and his age. The level of education can be considered in two ways, the first being the general level of education and the second being the agricultural level of education. The general result is that more educated farmers are more likely to implement such practices (McNamara et al., 1991; Fernandez-Cornejo and Ferraioli, 1999; Dörr and Grote, 2009; Aubert et al., 2013; Aubert and Enjolras, 2013). Additionally, it appears that more experienced farmers, i.e. older ones, are less likely to adopt environment-friendly practices (Fernandez-Cornejo, 1996; Dörr and Grote, 2009; Aubert et al., 2013).

H₂: The more skills available, the more the farm is likely to implement environment-friendly practices

Moreover, we consider the eventuality that the farmer has another activity and thus another source of income. In that case, farmers may be less likely to implement environment-friendly practices due to a lack of available time (McNamara et al., 1991; Fernandez et al., 1994; Fernandez-Cornejo, 1996; Aubert and Enjolras, 2013; Aubert et al., 2013). Indeed, such practices translate into more time spent on farms to observe the production.

In addition to the resources and skills available on farms, the commercial strategy is highlighted as having an impact on the implementation of environmental-friendly practices (Venn et al., 2006). Selling through SFSCs helps reduce quality uncertainty and increases the need to indicate product quality using labels. Environmental attributes are difficult to measure for consumers, thus making them non-observable. Hence, this commercial strategy sends a signal of quality that limits uncertainty for consumers (Prigent-Simonin and Hérault-Fournier, 2005; Moustier and Thi Tan Loc, 2013).

H₃: Farms selling through short supply chains are more likely to implement environment-friendly practices

2.2 Determinants of vertical integration

Vertical integration involves integrating different stages of a single process. These stages can be either productive or commercial. The Transaction Costs theory (TCT) underlines the fact that vertical integration depends on frequency, uncertainty and specificity of assets (Williamson, 1987). Because our study is conducted at farm level and the TCT is by nature available at transaction level, we adopt the hypothesis that uncertainty and specificity of assets are the same for all transactions at farm level, since frequency cannot be defined at farm level.

The aim of this analysis is to understand why farmers choose to sell their production themselves instead of selling it through intermediaries. This vertical integrated strategy means that the farmer is willing to perform an additional commercial activity which is very different from production. The farmer is then responsible for all stages of the supply chain from production to selling, which means that only large farms are able to become integrated (Moustier and Thi Tan Loc, 2013).

H₄: The size of the farm is positively linked to the degree of integration

We assume that the degree of uncertainty has a positive impact on the strategy of selling directly to the consumer. The more a farm faces uncertainty, the less its income is subject to uncertainty and the greater its degree of vertical integration. To assess uncertainty, we assume that this parameter is constant within a given farm and reflects only the uncertain environment of the farm. Because this uncertainty is difficult to measure, several indicators capable of reducing it can be considered.

The first indicator is the degree of specialisation. More precisely, we can differentiate intra- and inter-diversification. For instance, a farm may specialise in wine-growing and, within this specialisation, cultivate different types of grape, a practice referred to as intra-diversification. The same farm could also cultivate additional crops such as fruits, which is called inter-diversification. Computing inter-diversification relies on the indicator defined by Aubert (2013), which is a counter of all types of productions based on the specialisation items. A specialised farm is generally exposed to higher crop income volatility (Purdy et al., 1997; Enjolras et al., 2014). Because of the increase in volatility, the uncertainty faced by the farmer is higher and is reflected in a higher degree of integration.

Conversely, subscribing to multi-peril crop insurance or contributing to a mutual fund reduces the uncertainty associated with crop yields (Enjolras and Sentis, 2011). Their adoption may reduce the financial uncertainty of the farm and lead to less vertical integration.

H₅: The more the farm faces uncertainty, the more it is likely to be vertically integrated

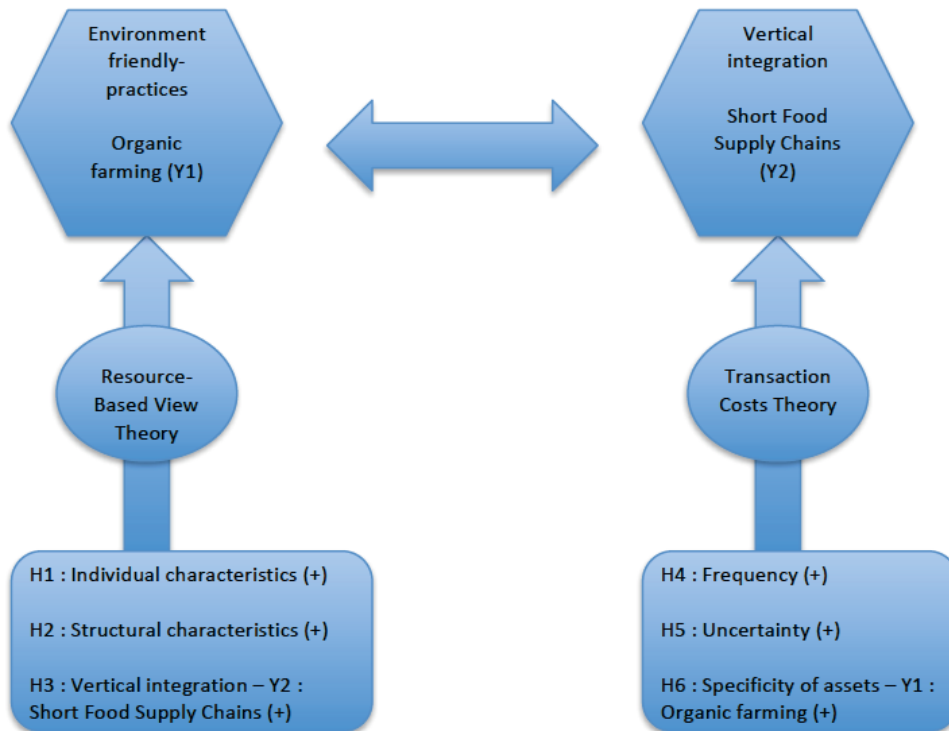
Echoing Moustier and Thi Tan Loc (2013), we consider the specificity of assets through the implementation of environment-friendly practices, e.g. the adoption of the “organic farming” label. Labelled farms should respect precise specifications aimed at reducing asymmetric information effects regarding product quality (Akerlof, 1970). Producers

involved in SFSCs are “building trust” when they adopt labels (Vincq et al., 2010). This point explains why integrated farms are more often boast the “organic farming” label than others (Aubert, 2013; Redlingshofer, 2008).

H₆: The more assets are specific, the more the farm is integrated

These research hypotheses are summarised within Figure 1. There are tested within the empirical framework presented hereafter.

Figure 1 Hypotheses related to adoption of OF label and vertical integration (see online version for colours)



3 Empirical framework

3.1 Dataset

To take the individual and structural characteristics of the farms and the strategies adopted by farmers into account simultaneously, we use data from the exhaustive census of French farms (Tables 1 and 2). By doing so, we can evaluate the determinants of both the implementation of organic farming and the adoption of an integrated marketing channel.

Table 1 List of main variables – determinants of environment-friendly practices

<i>Variable</i>	<i>Unit</i>	<i>Definition</i>	<i>Expected influence</i>
<i>H1: Resources</i>			
Area	Hectare	Cultivated area	+
Employees / cultivated area	Number	Number of salaried employees per hectare	
% permanent employees	%	% of permanent salaried employees in total workforce	+
% employees / total employment	%	% of salaried employees in total workforce	
Degree of specialisation in wine-growing	%	% of the standard gross output derived from wine-growing	+
Degree of specialisation in arboriculture	%	% of the standard gross output derived from arboriculture	
<i>H2: Skills</i>			
Agricultural education	Yes/No	The farmer has no agricultural education	
	Yes/No	The farmer has a primary level of agricultural education	
	Yes/No	The farmer has a secondary level of agricultural education	
	Yes/No	The farmer has a higher level of agricultural education	+
General education	Yes/No	The farmer has no general education	
	Yes/No	The farmer has a primary level of general education	
	Yes/No	The farmer has a secondary level of general education	
	Yes/No	The farmer has a higher level of general education	
Age	Year	Farmer's age	-
Time worked on farm	Yes/No	The farmer spends less than 25% of his working time on the farm	
	Yes/No	The farmer spends between 25% and 50% of his working time on the farm	+
	Yes/No	The farmer spends between 50% and 75% of his working time on the farm	
	Yes/No	The farmer spends more than 75% of his working time on the farm	
<i>H3: Adoption of the "organic farming" label</i>			
Integration	Yes/No	The farm sells through short food supply chains and this activity represents more than 50% of its turnover	
Hybrid-form	Yes/No	The farm sells through short food supply chains and this activity represents less than 50% of its turnover	-
Non-integrated form	Yes/No	The farm does not sell through short food supply chains	

Table 2 List of main variables – determinants of vertical integration

<i>Variable</i>	<i>Unit</i>	<i>Definition</i>	<i>Expected influence</i>
Area	Hectare	Cultivated area	+
<i>H4: Size effect</i>			
<i>H5: Uncertainty</i>			
Degree of specialisation in wine-growing	%	% of the standard gross output issued from wine-growing	+
Degree of specialisation in arboriculture	%	% of the standard gross output issued from arboriculture	+
Inter-diversification	Counter	Number of different productions	-
Intra-diversification in wine-growing	Counter	Number of different productions within wine-growing	-
Intra-diversification in arboriculture	Counter	Number of different productions within arboriculture	-
Multi-peril crop insurance	Yes/No	The farmer subscribes to a multi-peril crop insurance	-
Participation in a mutual fund	Yes/No	The farmer is involved in a mutual fund devoted to hedging sanitary or environmental risks	-
<i>H6: Specificity</i>			
Organic farming	Yes/No	The farm has adopted an organic farming label or is going to within 5 years	+

Every ten years in France, an exhaustive census of all farms is performed. This survey specifies the structural characteristics of each farm and the individual characteristics of the farm holder. It also details the main features of each cultivated plot and of the employed workforce (education and work time).

The survey was conducted in 2010 and includes 514,186 farms encompassing all agricultural sectors, sizes and specialisations,¹ regardless of their production, location and legal status. The richness of this database allows us to assess the strategies adopted by producers correctly.

Our study focuses on farms specialising in wine-growing and arboriculture because they are relatively more likely to sell their produce directly to consumers (Aubert, 2013). The database accounts for 60,174 and 11,714 farms respectively.

Because our study focuses both on environmental quality and the distribution channels adopted by producers, we present a definition of these concepts below.

3.2 Environment-friendly practices

In this paper we focus specifically on environmental quality, which can be measured both through the quality declared to consumers and through the quality implemented in practice by producers. One contribution of our study is to put these two measures into perspective in order to validate their consistency. Barzel (1982) highlights the fact that the difficulty farmers face when communicating about quality leads to increased integration. The use of labels provides an answer to this concern (Darby and Karni, 1973). Some of them are reliable as they are validated by a third party while others are commercial and provide a relatively stable quality (Gonzalez et al., 2007). These two kinds of label refer to different ways of signalling and enforcing quality. Since our database lets us assess both of them, comparing their consistency is a way to confirm that the quality declared to consumers corresponds to the quality implemented by producers.

One of the most acknowledged quality signs is “organic farming” (OF) which is assumed to be associated with environment-friendly practices. The data at our disposal identify farmers who have adopted the OF label, considering both farmers who are currently committed to OF and farmers who plan to adopt it within 5 years. We aggregate these two configurations because we assume that the adoption of such a label is based on stable characteristics over a long period.

The salient question is to verify in practice whether OF is effectively associated with effective protection of the environment. Several indicators can be used to ensure farms comply with quality standards. Both Galt (2008) and Aubert and Enjolras (2013) underlined the importance of using a recent sprayer to reduce the quantity of chemical inputs used. Furthermore, Fernandez-Cornejo (1996) and Galt (2008) insisted on the importance of performing an internal control of treatments applied to plots. Following this rationale, we first take account of the age of the sprayer and whether or not it is controlled. We then differentiate farms depending on whether they perform an internal control or if they delegate this control to a third party. We also consider the share of farmed area which is not treated using phytosanitary products.

We can therefore examine the relationship between declared and effective quality by comparing the OF label to the efforts effectively made by producers to implement environmentally-sound practices. For each economic and technical orientation (ETO), we

computed Chi² and correlation tests according to the nature of the variable considered. The results globally confirm that OF is more likely to be associated with environment-friendly practices (Table 3).

Table 3 Correspondence between quality declared to consumers and quality implemented in practice by producers

	<i>Organic Farming</i>			<i>Correlation test Chi² test</i>
	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>All farms</i>	
Age of the sprayer	10.23	8.60	10.06	***
% of the area without phytosanitary treatments	11.13%	16.59%	11.72%	***
% of farms benefitting from external control	80.28%	91.64%	81.35%	***
% of farms whose sprayers are controlled	28.95%	33.26%	30.41%	***

Notes: Correlation tests: H_0 = There is no difference between OF and non-OF. ***, ** and * indicate that this hypothesis is accepted at the 1%, 5% and 10% levels respectively.

Chi² tests: ***, ** and * denote a significant relation at the 1%, 5% and 10% respectively between being an OF and other qualitative variables.

Organic farmers use more recent sprayers, which are on average 8.6 years old while sprayers used by other farmers are on average 10 years old. Moreover, organic farmers do not perform phytosanitary treatments on 16.59% of their cultivated area while this percentage represents less than 11.13% for other farmers. The link identified between observed quality and implemented quality is also confirmed with regard to sprayer controls as they are performed by 33.26% of organic farmers and 28.95% of other farmers. Among these, we observe that 91.64% and 80.28% of organic farmers and other farmers respectively call on external control.

All these elements highlight the fact that quality declared to consumers goes hand in hand with practices effectively implemented by producers. Consequently, OF appears to be a good indicator of quality declared to consumers.

3.3 *Vertical integration*

Vertical integration cannot be simply defined as it refers to a multitude of cases. Thanks to the database, we are able to measure it by using an ordered variable, which assesses the three degrees of integration that are usually considered: the integrated, hybrid and non-integrated forms (Williamson, 1971 and 1987).

By definition, farms that are not vertically integrated do not perform any integrated transaction. These producers, who have no contact with their consumers, can therefore be easily identified in the database. Indeed, these farms declare that their turnover does not depend on SFSCs.

Once non-integrated farms are identified, differentiating integrated farms means the distribution channel must be considered. Echoing Moustier (2013), short supply chains can be a means of detecting integration. We adopt the hypothesis that selling all or part of production through SFSCs differentiates non-integrated farms from other farms. More

precisely, we consider both direct and indirect selling to be short channels.² In this context, distinguishing hybrid and integrated forms requires the economic impact of short channels on farm income to be considered. Farms will be qualified as integrated if they sell a part of their production corresponding at least to 50% of their turnover through short channels. In that case, we assume that almost all transactions are conducted in short channels between the producer and the consumer. Hybrid forms then correspond to farms that sell part of their production via short channels but whose turnover does not depend primarily on this activity.

3.4 *The model: simultaneous equations*

Our study focuses both on environment-friendly practices and vertical integration of the supply chain. Because these two behaviours are long-term management strategies within alternative food networks, they are assumed to be chosen simultaneously. Therefore, farmers who adopt the OF label are more likely to sell their production through a short circuit and conversely, farmers who sell their production through this channel are more likely to adopt such a label. This means that the way farmers implement quality has an impact on the integration of the supply chain and vice versa.

This model can be estimated thanks to the size of our sample. We can then go beyond existing studies (Penker, 2006; Ilbery and Maye, 2005; Maréchal and Spanu, 2010) in which the analyses faced a lack of data.

Given the joint adoption of environment-friendly practices and vertical integration, we estimate an econometric model based on simultaneous equations. Because of the possible feedback effect, considering each equation independently would ignore the fact that farmers who sell through SFSCs may be more likely to adopt the OF label and conversely, farmers who adopt this label may be more likely to sell through SFSCs.

Maréchal and Spanu (2010) showed that different kinds of relationship exist between the adoption of OF label and selling through SFSCs. While some farmers first adopt the label before selling through short channels, others decide to go the opposite way while others adopt both strategies simultaneously. Based on a survey of farmers, our model examines the possible simultaneity of these two strategies considering that each strategy can have an impact on the other. Such a consideration is translated into the equations given below:

$$\begin{aligned} \text{Organic Farming} = & \beta_0 + \beta_1 \times \text{Structural Characteristics} \\ & + \beta_2 \times \text{Individual Characteristics} \\ & + \beta_3 \times \text{Vertical integration} + \varepsilon \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vertical integration} = & \gamma_0 + \gamma_1 \times \text{Size} + \gamma_2 \times \text{Uncertainty} \\ & + \gamma_3 \times \text{Organic Farming} + \mu \end{aligned}$$

where β_0 and γ_0 represent the constant of the first and second models respectively; β_1 , β_2 , β_3 are the coefficients associated with each group of variables that explain the adoption of the organic farming label; γ_1 , γ_2 , γ_3 are the coefficients associated with each group of variables that explain vertical integration; ε and μ are the residues of the first and second models respectively.

As our database corresponds to a census conducted for a given year, we are able to observe these two strategies but not to identify the date of their implementation. Because these strategies are conducted in the long run, we assume that an “organic farming” label is adopted at the same time as the decision to implement environment-friendly practices.

Considering a model with simultaneous equations, we assume that the adoption of the farmer’s strategies depends on unobserved quantitative variables. For instance, the farmer chooses to adopt the “organic farming” label if he considers that this practice will provide him with increased utility. For this strategy, the unobserved quantitative model and the observed qualitative model described below are as follows:

$$Y^* = X' \beta + \varrho$$

$$Y = 1 \text{ if } Y^* > 0 ; 0 \text{ otherwise}$$

where β is the vector of coefficient associated with factors affecting the latent variable and thus the dichotomous choice observed; ϱ is the error term of the equation

The relevance of the simultaneous model is validated since the correlation of the error terms is significantly different from 0 (Berndt, 1991).

4 Results

In this section, we present the results of summary statistics, complemented by econometric modelling based on simultaneous equations.

4.1 Summary statistics

The adoption of organic farming (OF) differs according to the specialisation considered. The label has been adopted by 8.78% of farms specialising in wine-growing and 13.02% of farms specialising in arboriculture. Because of this difference, we consider each of these specialisations separately.

Farmers who have adopted the OF label are younger and more educated both in terms of agricultural and general education (Tables 4 and 5). Otherwise, they claim to work more on their farms: more than 75% of organic farmers spend more than 3/4 of their work time on their farm while this percentage is less than 60% for other farmers. These results appear to be independent of farm specialisation.

Table 4 Individual characteristics of farmers specialising in wine-growing

		Organic Farming								
		Population			Percentage (line)			Percentage (column)		
		No	Yes	All farms	No	Yes	All farms	No	Yes	All farms
	No	26,766	1,777	28,543	93.77%	6.23%	100.00%	48.76%	33.64%	47.43%
Agricultural education	Primary	15,321	1,209	16,530	92.69%	7.31%	100.00%	27.91%	22.88%	27.47%
	Secondary	6,690	907	7,597	88.06%	11.94%	100.00%	12.19%	17.17%	12.63%
	Higher	6,114	1,390	7,504	81.48%	18.52%	100.00%	11.14%	26.31%	12.47%

Table 4 Individual characteristics of farmers specialising in wine-growing (continued)

		<i>Organic Farming</i>								
		<i>Population</i>			<i>Percentage (line)</i>			<i>Percentage (column)</i>		
		<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>All farms</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>All farms</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>All farms</i>
General education	No	4,604	241	4,845	95.03%	4.97%	100.00%	8.39%	4.56%	8.05%
	Primary	24,827	1,318	26,145	94.96%	5.04%	100.00%	45.23%	24.95%	43.45%
	Secondary	11,283	1,362	12,645	89.23%	10.77%	100.00%	20.56%	25.78%	21.01%
	Higher	14,177	2,362	16,539	85.72%	14.28%	100.00%	25.83%	44.71%	27.49%
Time worked on farm	< 25%	21,885	995	22,880	95.65%	4.35%	100.00%	39.87%	18.83%	38.02%
	25–50%	2,986	277	3,263	91.51%	8.49%	100.00%	5.44%	5.24%	5.42%
	50–75%	1,788	186	1,974	90.58%	9.42%	100.00%	3.26%	3.52%	3.28%
	> 75%	28,232	3,825	32,057	88.07%	11.93%	100.00%	51.43%	72.40%	53.27%
All farms		54,891	5,283	60,174	91.22%	8.78%	100.00%	91.22%	8.78%	100.00%

<i>Organic Farming</i>			
	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>All farms</i>
Age (average)	51.68	47.19	51.29

Source: SSP – Exhaustive census of French farms (2010)

Table 5 Individual characteristics of farmers specialising in arboriculture

		<i>Organic Farming</i>								
		<i>Population</i>			<i>Percentage (lines)</i>			<i>Percentage (columns)</i>		
		<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>All farms</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>All farms</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>All farms</i>
Agricultural education	No	5,311	510	5,821	91.24%	8.76%	100.00%	52.12%	33.44%	49.69%
	Primary	2,745	411	3,156	86.98%	13.02%	100.00%	26.94%	26.95%	26.94%
	Secondary	1,082	265	1,347	80.33%	19.67%	100.00%	10.62%	17.38%	11.50%
	Higher	1,051	339	1,390	75.61%	24.39%	100.00%	10.32%	22.23%	11.87%
General education	No	1,134	86	1,220	92.95%	7.05%	100.00%	11.13%	5.64%	10.41%
	Primary	4,566	440	5,006	91.21%	8.79%	100.00%	44.81%	28.85%	42.74%
	Secondary	2,157	405	2,562	84.19%	15.81%	100.00%	21.17%	26.56%	21.87%
	Higher	2,332	594	2,926	79.70%	20.30%	100.00%	22.89%	38.95%	24.98%
Time worked on farm	< 25%	3,480	289	3,769	92.95%	7.05%	100.00%	34.15%	18.95%	32.18%
	25%-50%	667	96	763	91.21%	8.79%	100.00%	6.55%	6.30%	6.51%
	50%-75%	420	69	489	84.19%	15.81%	100.00%	4.12%	4.52%	4.17%
	> 75%	5,622	1,071	6,693	79.70%	20.30%	100.00%	55.18%	70.23%	57.14%
All farms		10,189	1,525	11,714	86.98%	13.02%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

<i>Organic Farming</i>			
	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>All farms</i>
Age (average)	53.36	48.00	52.66

Source: SSP – Exhaustive census of French farms (2010)

Organic farmers also present similar specificities independent of their specialisation (Tables 6 and 7). A salient result is that OF farms correspond to larger farms on which labour is less intensive. In addition, we observe that the labour force is more predominantly made up of employees rather than family members, and more precisely by permanent employees.

Table 6 Structural characteristics of farms specialising in wine-growing

	<i>Organic Farming</i>		
	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>All farms</i>
Cultivated area	16.49	24.67	17.21
Employees/cultivated area	0.41	0.24	0.39
% permanent employees	15.38	27.75	16.47
% employees/total employment	0.13	0.23	0.13
Degree of specialisation in wine-growing	97.06	96.75	97.03
Degree of specialisation in arboriculture	0.65	1.19	0.70
Inter-diversification	1.32	1.44	1.33
Intra-diversification in wine-growing	1.25	1.40	1.27
Intra-diversification in arboriculture	0.08	0.20	0.09

Source: SSP – Exhaustive census of French farms 2010

Table 7 Structural characteristics of farms specialising in arboriculture

	<i>Organic Farming</i>		
	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>All farms</i>
Cultivated area	19.87	28.31	20.97
Employees/cultivated area	0.30	0.21	0.29
% permanent employees	10.26	16.76	11.11
% employees/total employment	0.09	0.14	0.10
Degree of specialisation in wine-growing	7.16	9.24	7.43
Degree of specialisation in arboriculture	87.00	84.07	86.62
Inter-diversification	1.76	1.95	1.79
Intra-diversification in wine-growing	0.28	0.36	0.29
Intra-diversification in arboriculture	1.81	2.22	1.86

Source: SSP – Exhaustive census of French farms 2010

Farms specialising in wine-growing which adopt OF present a higher degree of diversification both in terms of intra- and inter-diversification. OF therefore goes hand in hand with a need to provide a more diversified production and to offer a larger wine production range. Farms specialising in arboriculture do not exhibit such similarities.

Considering integration leads to a substantial differentiation between specialisations. While organic farmers specialising in wine-growing are more likely to be integrated, those specialising in arboriculture are more likely to correspond to the hybrid form. Irrespective of their specialisation, all organic farmers considered are less likely to be non-integrated (Tables 8 and 9).

Table 8 Adoption of OF label and integration on farms specialising in wine-growing

		Organic Farming											
		Population				Percentage (lines)				Percentage (columns)			
		No	Yes	All	No	Yes	All	No	Yes	All	No	Yes	All
Integration	Integrated	238	50	288	82.64%	17.36%	100.00%	0.43%	0.95%	0.48%			
	Hybrid	14,270	2,804	17,074	83.58%	16.42%	100.00%	26.00%	53.08%	28.37%			
	Non-integrated	40,383	2,429	42,812	94.33%	5.67%	100.00%	73.57%	45.98%	71.15%			
	All	54,891	5,283	60,174	91.22%	8.78%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%			

Source: SSP – Exhaustive census of French farms 2010

Table 9 Adoption of OF label and integration on farms specialising in arboriculture

		Organic Farming																	
		Population						Percentage (lines)						Percentage (columns)					
		No	Yes	All	No	Yes	All	No	Yes	All	No	Yes	All						
Integration	Integrated	1,878	365	2,243	83.73%	16.27%	100.00%	18.43%	23.93%	19.15%									
	Hybrid	1,596	415	2,011	79.36%	20.64%	100.00%	15.66%	27.21%	17.17%									
	Non-integrated	6,715	745	7,460	90.01%	9.99%	100.00%	65.90%	48.85%	63.68%									
	All	10,189	1,525	11,714	86.98%	13.02%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%									

Source: SSP – Exhaustive census of French farms 2010

Table 10 Characteristics of farms specialising in wine-growing according to their degree of integration

		<i>Integration</i>			
		<i>Integrated</i>	<i>Hybrid</i>	<i>Non-integrated</i>	<i>All farms</i>
Cultivated area		27.28	23.35	14.69	17.21
Degree of specialisation in wine-growing		87.41	97.33	96.98	97.03
Degree of specialisation in arboriculture		5.79	0.65	0.69	0.70
Inter-diversification		2.10	1.34	1.32	1.33
Intra-diversification in wine-growing		1.74	1.31	1.25	1.27
Intra-diversification in arboriculture		0.61	0.10	0.08	0.09
		<i>Integration</i>			
		<i>Integrated</i>	<i>Hybrid</i>	<i>Non-integrated</i>	<i>All farms</i>
Multi-peril crop insurance	Yes	0.47%	28.34%	71.20%	100.00%
	No	0.55%	28.58%	70.87%	100.00%
Participation in a mutual fund	Yes	0.47%	28.17%	71.36%	100.00%
	No	0.93%	36.89%	62.18%	100.00%
All farms		0.48%	29.37%	71.15%	100.00%

Source: SSP – Exhaustive census of French farms 2010

Table 11 Characteristics of farms specialising in arboriculture according to their degree of integration

		<i>Integration</i>			
		<i>Integrated</i>	<i>Hybrid</i>	<i>Non-integrated</i>	<i>All farms</i>
Cultivated area		12.89	27.52	21.64	20.97
Degree of specialisation in wine-growing		3.60	10.58	7.72	7.43
Degree of specialisation in arboriculture		89.92	81.19	87.08	86.62
Inter-diversification		1.72	2.15	1.71	1.79
Intra-diversification in wine-growing		0.18	0.44	0.29	0.29
Intra-diversification in arboriculture		2.34	2.45	1.56	1.86
		<i>Integration</i>			
		<i>Integrated</i>	<i>Hybrid</i>	<i>Non-integrated</i>	<i>All farms</i>
Multi-peril crop insurance	Yes	19.81%	16.81%	63.38%	100.00%
	No	13.27%	20.37%	66.36%	100.00%
Participation in a mutual fund	Yes	19.53%	16.68%	63.79%	100.00%
	No	14.09%	23.65%	62.25%	100.00%
All farms		19.15%	17.17%	63.68%	100.00%

Source: SSP – Exhaustive census of French farms 2010

When considering the determinants of integration, we observe that there are several differences between specialisations (Tables 10 and 11). Integrated farms specialising in wine-growing are larger than hybrid and non-integrated concerns, while integrated farms

specialising in arboriculture are the smallest. Similarly, while the former are less specialised in their dominant crop, the opposite is true for the latter. Nevertheless, a common element to both specialisations is their degree of diversification: integrated farms are clearly more diversified than other ones.

In the wine-growing sector, crop insurance and mutual funds are not adopted at all by integrated farmers. The reason may be the cost of the inefficiency of these products in this configuration. The less a wine-grower is integrated, the more he selects financial risk management instruments. The trend is similar for farms specialising in arboriculture, even if integrated farmers are more interested in risk management tools.

4.2 Econometric models

The results of the econometric models are provided in Table 12.

Table 12 Econometric models

		<i>Farms specialising in wine-growing</i>	<i>Farms specialising in arboriculture</i>
<i>Determinants of Organic Farming</i>			
Intercept		4.602***	2.456***
Integration		2.143***	1.152***
Cultivated area		-0.005***	0.002***
Employees / cultivated area		-0.182***	-0.111***
% employees / total employment		0.041***	0.147***
Specialisation in wine-growing		0.001	
Specialisation in arboriculture			-0.003***
Activity	Farmer	<i>Reference</i>	
	Farmer in another farm	-0.014	0.018
	Employee	-0.106***	0.0005
	Retired	-0.326***	-0.246***
Time on farm	< 25%	<i>Reference</i>	
	25–50%	0.165***	0.176***
	50–75%	0.181***	0.175***
	> 75%	0.172***	0.146***
Agricultural education	No	<i>Reference</i>	
	Primary	0.008	0.064***
	Secondary	0.152	0.119***
	Higher	0.017	0.134***
General education	No	<i>Reference</i>	
	Primary	0.032	0.069
	Secondary	0.215***	0.202***
	Higher	0.226***	0.268***

Table 12 Econometric models (continued)

Farmer's age	-0.001***	-0.004***
Inter-diversification	0.006	-0.104***
Intra-diversification in wine-growing	0.054***	
Intra-diversification in arboriculture		-0.061***
<i>Determinants of Vertical Integration</i>		
Intercept	-2.881***	-1.720***
Organic farming	2.145***	1.536***
Cultivated area	0.005***	-0.004***
Specialisation in wine-growing	0.001	
Specialisation in arboriculture		0.004***
Inter-diversification	-0.053***	0.138***
Intra-diversification in wine-growing	0.001	
Intra-diversification in arboriculture		0.096***
Multi-peril crop insurance	-0.021***	0.076***
Participation in a mutual fund	0.023	-0.105***
Number of observations	60.174	11.714
Concordance rates for Organic Farming	72.52%	73.44%
Concordance rates for Vertical Integration	83.17%	78.36%
Rho test	< 0.0001	< 0.0001

Source: SSP – Exhaustive census of French farms 2010

Notes: Estimates significant at the 10 % (*), 5 % (**) and 1 % (***) thresholds.

4.2.1 Selling through short food supply chains and producing with an OF label: a farm strategy

The results first confirm the existence of a positive and significant interdependency between the adoption of short food supply chains and the production with an OF label.

Whatever the ETO, vertical integration appears to be an essential element in differentiating farms regarding the adoption of organic farming. The more the farm is integrated, selling through short supply chains, the more it is likely to implement environment-friendly practices, which validates H₃. By doing so, the farm seeks to enhance the quality and the value-added of its production which can be considered a specific asset.

We also notice a very strong and positive link between the practice of organic farming and vertical integration, which validates H₆. Because they comply with strong environmental constraints, farmers involved in organic farms are encouraged to sell their produce themselves using short supply chains. They can then benefit directly from a high quality image.

4.2.2 *Adopting environment-friendly practices: the Organic Farming label*

The results also highlight that, in accordance with the literature, resources and skills as well as the degree of integration have a positive influence on the adoption of organic farming.

We confirm the importance of labour as a strategic resource for implementing environment-friendly practices. Farms that adopt the organic farming (OF) label have fewer salaried employees per hectare but these employees are more permanent, which indicates extensive production. When fulfilling the OF label requirements, farmers must design their agricultural practices by paying more attention to the monitoring of the production, which cannot be done by “mechanical” means but with more permanent employees.

We also observe that the more a farm is diversified in its wine-growing production, the more it is likely to adopt organic farming while the opposite effect is observed for arboriculture. Moreover, for farms specialising in wine-growing production, the more the standard gross margin depends on this specific activity, the more the farmer is likely to adopt the “organic farming” label.

The smallest farms are more likely to adopt organic farming when their economic and technical orientation (ETO) is wine-growing while the opposite is true for farms whose ETO is arboriculture. These two results point to structural differences between these two sectors, the former being less extensive than the latter. H_1 is therefore partially validated.

Focusing on individual characteristics, organic farming is adopted by farmers who are more educated, younger and more present on their farm than other farmers. This result, which confirms H_2 , is in line with the need for careful monitoring of production which cannot use traditional production patterns such as the application of phytosanitary products.

4.2.3 *Implementing vertical integration: selling through short food supply chains*

Based on the Transaction Costs theory, three main hypotheses have been formulated regarding the determinants of vertical integration. The results confirm that the size of the farm is strongly linked to the degree of integration, even if we observe a sectorial effect. The most integrated farms whose ETO is wine-growing correspond to the biggest ones, while the contrary applies to farms whose ETO is arboriculture. H_4 is thus partially validated. This result may be in line with the fact that the former perform more regular transactions (grapes and above all bottles) compared to the latter whose production is more seasonal.

Considering uncertainty and its supposed positive impact on vertical integration, we observe differentiated behaviour between farmers according to their main production. The more wine-growing farms are diversified and insured, the less likely they are to sell their production through short channels, which validates H_5 . This result is the opposite for arboriculture. In this sector, farms that sell through short supply chains are probably willing to meet consumer requirements in terms of product diversity because they offer consumers a wider variety of products.

4.2.4 Robustness tests of the model: confirming the interdependency of strategies

Several complementary indicators let appreciate the robustness of the model and the relevance of both the simultaneous equations model and variables considered to explain the implementation of environment-friendly practices and the adoption of OF label.

We must first mention the relevance of considering a model with simultaneous equations instead of separate estimations for each strategy. Indeed, the rho tests indicate a correlation between error terms. We can then confirm that there is mutual causality between strategies adopted by farmers: farmers who adopt organic farming are more likely to be integrated and conversely, farmers whose farm is integrated are more likely to adopt environment-friendly practices.

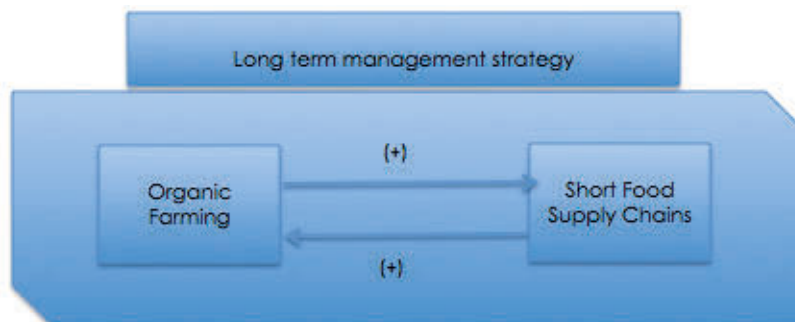
Moreover, for each model, a concordance rate is computed which translates the extent to which all explanatory variables considered permit to understand the choice observed. Considering the adoption of OF label, this rate is greater than 72%. It is greater than 78% when considering the implementation of short food supply chains.

5 Conclusion

In recent years, consumers have been looking for more quality produce. This expectation has been satisfied by producers through adoption of environment-friendly practices in production processes and development of short commercial channels. Conceptually speaking, improving the quality of produce through environment-friendly practices and integrated supply chains appear to be closely linked. This is particularly true when considering the growth of organic farming which requires the adoption of and compliance with technical specifications. These increasing requirements are important issues for producers and adaptation depends on both individual and structural characteristics.

The census of French farms performed in 2010 provided a comprehensive overview of strategies implemented by producers with regard to their specialisation. Since farms specialising in wine-growing and arboriculture are more concerned with the adoption of organic farming and short food supply chains, we focused our study on these farms. Using an econometric model with simultaneous equations, we were able to demonstrate that farmers who adopt organic farming label are more likely to sell their produce through short food supply chains. Conversely, farmers who sell their production using this channel are more likely to implement environment-friendly practices (Figure 2).

Figure 2 Adoption of OF label and vertical integration (see online version for colours)



This article provides an additional contribution in the field of organisations and the natural environment, especially in the literature about Natural Resource Based View. One of the most significant advances is to highlight the fact that proximity can be associated with quality, irrespective of the production considered. These results prove that environment-friendly practices related with green label, are not only related with greenwashing or green market opportunities, but they can represent a systematic green strategy, including both production and distribution sides. By improving at the same time the quality of their production and their commercial strategy, farms adopt a proactive behaviour, in line with the evolution of their environment, especially the consumers' requirements.

These results and their interdependency tend to demonstrate that the quality of agricultural products and processes can be enhanced in several ways in practice, either through the commercial channel or the adoption of environmental labels. Because there exist a strong link between these two practices, public policies may be targeted on both aspects in order to promote more efficiently green strategies. Following our results, the main levers for action will be found preferably among younger producers who are furthermore better educated and claim to work more on their farm. In addition, farms employing more labour seem to be more able to change their commercial channels towards short food supply chains.

Two limitations on our study can be identified. The first is the lack of historical data to assess the stability of choices observed for producers. Moreover, future studies should also consider the long-term performance of farms that decide to change their economic model towards green practices. A panel approach might have provided more information about the dynamic nature of the causality. The second is that our study focuses only on permanent crops. A future work would be to conduct a similar study on other kinds of production. The objective would be to test the link between the quality of production and the vertical integration of supply chains, thus extending the scope of our results to non-perennial plants.

Acknowledgements

The authors are grateful to two anonymous reviewers for their helpful comments. They also gratefully acknowledge the financial support from the French National Research Agency (Project ANR-11-ALID-0006ILLIAD). They also thank the Office of Statistics and Forecasting (SSP - Service de la Statistique et de la Prospective) which made available the data through the Secure Data Access Centre (CASD - Centre d'Accès Sécurisé Distant).

References

- Akerlof, G.A. (1970) 'The market of "lemons": quality uncertainty and the market mechanism', *Quarterly Journal of economics*, Vol. LXXXIV, pp.488–500.
- Aubert, M. (2013) 'Déterminants de la commercialization en circuit court: Quelles exploitations, sur quelles exploitations?' Paper presented at the *INRA-SFER-CIRAD Conference*, 12–13 December 2013, Angers, France.
- Aubert, M. and Enjolras, G. (2013) 'Quelles incitations pour la vente au détail? Une analyse économique et financière des exploitations agricoles françaises', Paper presented at the *INRA-SFER-CIRAD Conference*, 12–13 December 2013, Angers, France.

- Aubert, M., Codron, J.-M., Rousset, S. and Yercan, M. (2013) 'The adoption of IPM practices by small scale producers: the case of greenhouse tomato growers in Turkey'. Paper presented at the *INRA-SFER-CIRAD Conference*, 12–13 December 2013, Angers, France.
- Barzel, Y. (1982) 'Measurement cost and the organization of markets', *Journal of Law and Economics*, Vol. XXV, pp. 27–50.
- Berndt, E.R. (1991) *The Practice of Econometrics Classic and Contemporary*, Addison Wesley.
- Broderick, S., Wright, V. and Kristiansen, P. (2011) 'Cross-case analysis of producer-driven marketing channels in Australia', *British Food Journal*, Vol. 113, No. 10, pp.1217–1228.
- Burton, M., Rigby, D. and Young, T. (2003) 'Modelling the adoption of organic horticultural technology in the UK using duration analysis', *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 47, No. 1, pp.29–54.
- Darby, N.R. and Karni, E. (1973) 'Free competition and the optimal amount of fraud', *Journal of Law and Economics*, Vol. 16, pp.67–88.
- Dörr, A.C. and Grote, U. (2009) 'Impact of certification on fruit producers in the Sao Francisco Valley in Brazil', *Economics and Applied Informatics*, Vol. 2, pp.5–16.
- Enjolras, G. and Sentis, P. (2011) 'Crop insurance policies and purchases in France', *Agricultural Economics*, Vol. 42, No. 4, pp.475–486.
- Enjolras, G., Capitanio, F., Aubert, M. and Adinolfi, F. (2014) 'Direct payments, crop insurance and the volatility of farm income: some evidence in France and in Italy', *New Medit*, Vol. 13, No. 1, pp.31–40.
- Fernandez-Cornejo, J. (1996) 'The microeconomic impact of IPM adoption: theory and application', *Agricultural and Resources Economics Review*, Vol. 25, No. 2, pp.149–160.
- Fernandez-Cornejo, J. and Ferraioli, J. (1999) 'The environmental effects of adopting IPM techniques: the case of peach producers', *Journal of Agricultural and Applied Economics*, Vol. 31, pp.551–564.
- Fernandez-Cornejo, J., Douglas Beach, E. and Wen-Yuan H. (1994) 'The adoption of IPM techniques by vegetable growers in Florida, Michigan and Texas', *Journal of Agricultural and Applied Economics*, Vol. 26, No. 1, pp.158–172.
- Galt, R.E. (2008) 'Toward an integrated understanding of pesticide use intensity in Costa Rican vegetable farming', *Human Ecology*, Vol. 36, pp.655–677.
- Giraud-Héraud, E., Rouached, L. and Soler, L.G. (2006) 'Private labels and public quality standards: How can consumer trust be restored after the mad cow crisis?' *Quantitative Marketing and Economics*, Vol. 4, pp.31–55.
- Gonzalez-Diaz, M. and Raynaud, E. (2007) 'La gouvernance de la qualité des produits', *Economie Rurale*, Vol. 299, pp.42–57.
- Goodman, D., DuPuis, E.M. and Goodman, M.K. (2012) *Alternative Food Networks: Knowledge, Practice and Politics*, Routledge, Abingdon, Oxon, England.
- Hart, S.L. (1995) 'A natural-resource-based view of the firm', *The Academy of Management Review*, Vol. 20, No. 4, pp.986–1014.
- Hart, S.L. and Dowell, G. (2011) 'A natural-resource-based view of the firm: fifteen years after', *Journal of Management*, Vol. 37, No. 5, pp.1464–1479.
- Heckman, J. (2006) 'A history of organic farming: Transitions from Sir Albert Howard's War in the Soil to USDA National Organic Program', *Renewable Agriculture and Food Systems*, Vol. 21, No. 3, pp.143–150.
- Ilbery, B. and Maye, D. (2005) 'Alternative (shorter) food supply chains and specialist livestock products in the Scottish-English borders', *Environment and Planning A*, Vol. 37, No. 5, pp.823–844.
- Ilbery, B., Morris, C., Buller, H., Maye, D. and Kneafsey, M. (2005) 'Product, process and place: an examination of food marketing and labelling schemes in Europe and North America', *European Urban and Regional Studies*, Vol. 12, No. 2, pp.116–132.

- Kneafsey, M., Venn, L., Schmutz, U., Balázs, B., Trenchard, L., Eyden-Wood, T., Bos, E., Sutton, G. and Blackett, M. (2013) 'Short food supply chains and local food systems in the EU. A state of play of their socio-economic characteristics', *JRC Report 25911*, 6/2013.
- Kottila, M.R. and Rönni, P. (2008) 'Collaboration and trust in two organic food chains', *British Food Journal*, Vol. 110, Nos. 4/5, pp.376–394.
- López-Gamero, M.D., Molina-Azorín, J.F. and Claver-Cortés, E. (2009) 'The whole relationship between environmental variables and firm performance: competitive advantage and firm resources as mediator variables', *Journal of Environmental Management*, Vol. 90, No. 10, pp.3110–3121.
- McNamara, M.E.W. and Keith Douce, G. (1991) 'Factors affecting peanut producer adoption of integrated pest management', *Review of Agricultural Economics*, Vol. 13, pp.129–139.
- Maréchal, G. and Spanu, A. (2010) 'Les circuits courts favorisent-ils l'adoption de pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement ?' *Courrier de l'environnement de l'INRA*, Vol. 59, pp.33–45.
- Moustier, P. and Nguyen, T.T.L. (2013) 'Le circuit court, mode de certification sanitaire des légumes au Vietnam', Paper presented at the *INRA-SFER-CIRAD Conference*, 12–13 December 2013, Angers, France.
- Penker, M. (2006) 'Mapping and measuring the ecological embeddedness of food supply chains', *Geoforum*, Vol. 37, pp.368–379.
- Penrose, E.T. (1959) *The Theory of the Growth of the Firm*, Wiley & Sons, New York.
- Prigent-Simonin, A.H. and Hérault-Fournier, C. (2005) 'The role of trust in the perception of the quality of local food products: with particular reference to direct relationships between producer and consumer', *Anthropology of Food*, May 2005.
- Purdy, B.M., Langemeier, M.R. and Featherstone, A.M. (1997) 'Financial performance, risk, and specialization', *Journal of Agricultural and Applied Economics*, Vol. 29, pp.149–161.
- Redlingshofer, B. (2008) 'L'impact des circuits courts sur l'environnement', in Maréchal, G. (Ed.): *Les circuits courts alimentaires, bien manger dans les territoires*, Editions Educagri, Paris, pp.175–187.
- Renting, H., Marsden, T. and Banks, J. (2003) 'Understanding alternative food networks: exploring the role of short food supply chains in rural development', *Environment and Planning A*, Vol. 35, pp.393–411.
- Sharma, S. and Vredenburg, H. (1998) 'Proactive corporate environmental strategy and the development of competitively valuable organizational capabilities', *Strategic Management Journal*, Vol. 19, No. 8, pp.729–753.
- Sylvander, B. and Schieb-Bienfait, N. (2006) 'The strategic turn of Organic Farming in Europe: from a resource based to an entrepreneurial approach of Organic Marketing Initiatives', in Marsden, T. and Murdoch, J. (Eds): *Between the Local and the Global, Confronting Complexity in the Contemporary Food Sector*, Emerald Group Publishing Limited, pp.323–358.
- Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riordan, P. and Macdonald, D.W. (2012) 'Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research', *Journal of Environmental Management*, Vol. 112, pp.309–320.
- Venn, L., Kneafsey, M., Holloway, L., Cox, R., Dowler, E. and Tuomainen, H. (2006) 'Researching European "alternative" food networks: some methodological considerations', *Area*, Vol. 38, No. 3, pp.248–258.
- Vincq, J-L., Mondy, B. and Fontorbes, J. (2010) 'La construction de la qualité fiable dans les réseaux alimentaires de proximité', *Economie Rurale*, Vols. 318/319, pp.5–19.
- Williamson, O.E. (1971) 'The vertical integration of production: market failure considerations', *American Economic Review*, Vol. 61, pp.112–23.
- Williamson, O.E. (1987) *The Economic Institutions of Capitalism*, The Free Press, Collier Macmillan Publishers, New York.

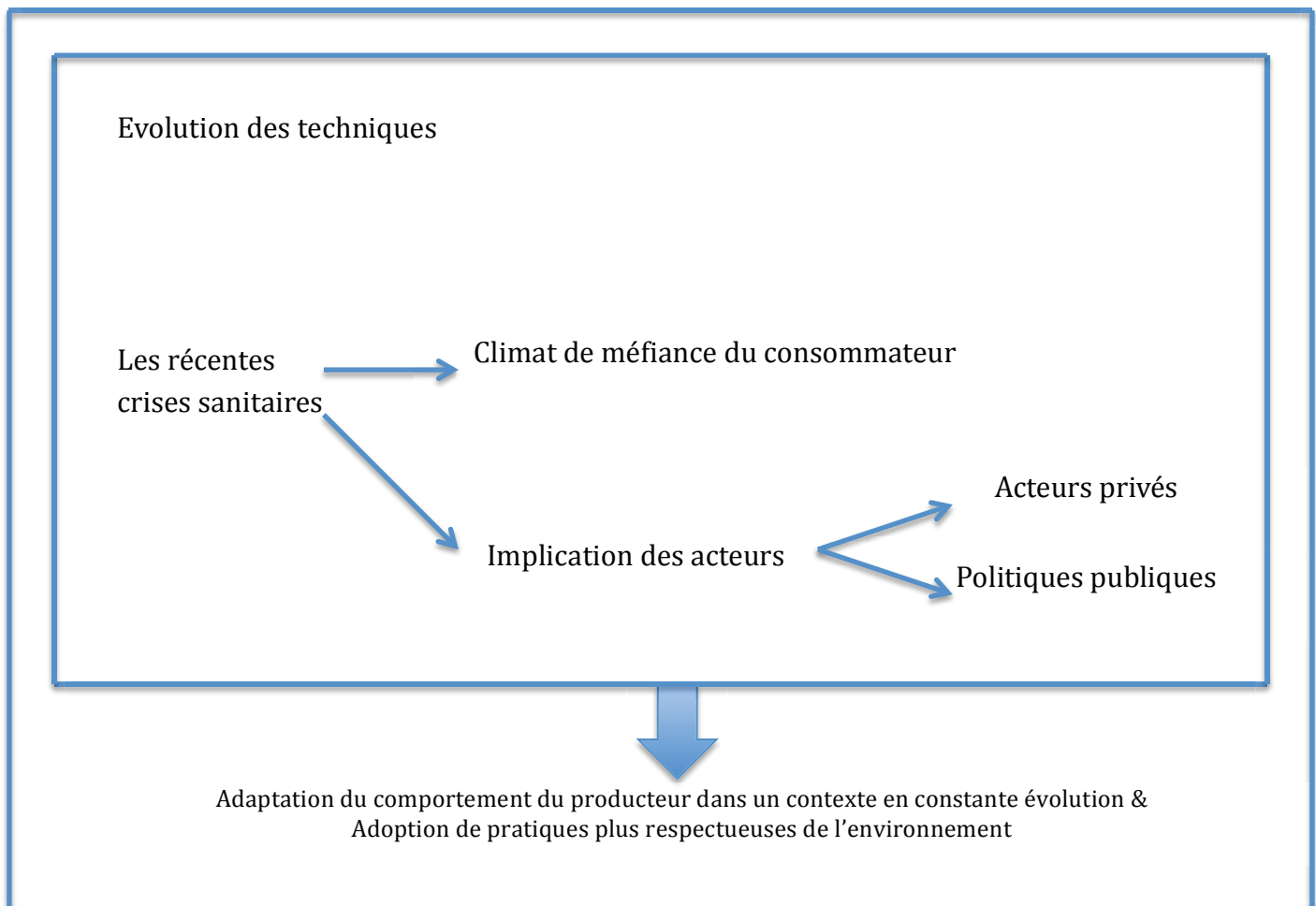
Notes

- 1 Farms specialise in a produce when $2/3$ of their standard gross output is derived from this production.
- 2 The French Ministry of Agriculture defines indirect selling as a situation in which there is no more than one intermediary between the producer and the consumer.

Conclusion

La réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires renvoie à des enjeux de développement durable qui concernent pleinement les trois piliers économique, environnemental et sociétal. Afin de répondre à ce défi, les pouvoirs publics et les acteurs privés se mobilisent. Les premiers définissent le cadre réglementaire qui établit les normes à respecter. Les seconds instaurent des certifications qui visent à garantir la qualité sanitaire des produits à travers notamment des cahiers des charges auxquels doivent se conformer les producteurs. C'est dans un contexte en perpétuelle évolution que les producteurs doivent s'adapter (Figure 17). Les exigences des consommateurs et les exigences du marché sont alors autant de défis auxquels ils doivent faire face.

Figure 17. Adaptation du comportement des producteurs dans un contexte en constante évolution

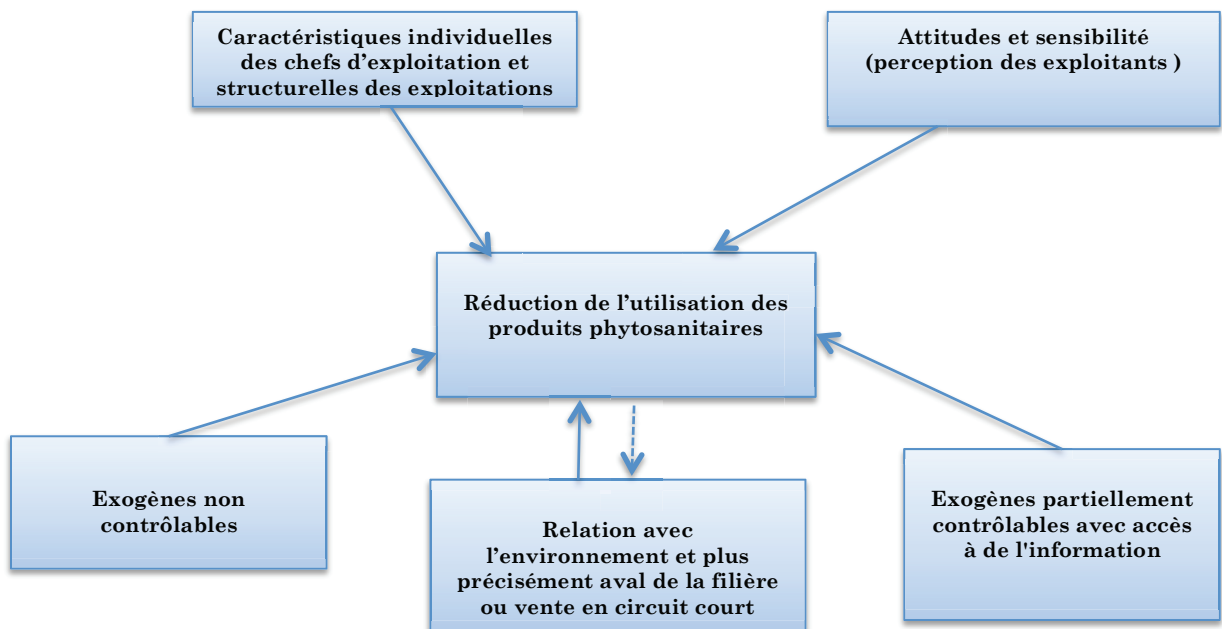


La question de la réduction des produits phytosanitaires a été largement abordée dans la littérature et les déterminants identifiés de la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement sont relatifs non seulement aux caractéristiques individuelles du chef d'exploitation et aux caractéristiques structurelles de son exploitation, mais aussi à l'environnement dans lequel ils évoluent. En tant que premier maillon de la filière, l'exploitant agricole interagit avec les autres acteurs en répondant notamment aux exigences réglementaires mais aussi aux exigences de marché. Il est ainsi le premier garant de la qualité sanitaire des produits introduits sur les marchés.

Nous avons donc positionné le présent travail de recherche comme un approfondissement du corpus littéraire existant, essentiellement de nature empirique, portant sur les déterminants de l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement. En considérant comme « *variable de contrôle* » l'ensemble de ces facteurs, notre attention a pu se porter sur des dimensions, à ce jour et à notre connaissance, insuffisamment explorées.

Les études empiriques considérées à travers le corpus empirique constitué ont toutes porté sur le comportement de l'exploitant en considérant des mesures quantitatives et qualitatives de pratiques plus respectueuses de l'environnement. Ces facteurs sont représentés de façon synthétique en Figure 18. Dans la mesure du possible et compte-tenu des données dont nous disposons au travers des différentes sources, l'ensemble de ces facteurs a été pris en compte.

Figure 18. Déterminants de l'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires



Source : Représentation personnelle

Notre apport à la compréhension de la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires ne visait pas à démontrer ou redémontrer des éléments qui nous apparaissent comme validés par les études empiriques en considérant des produits ou des contextes différents. L'objectif était plutôt de considérer les travaux répertoriés dans la revue de littérature au regard du triptyque qui fonde l'économétrie à savoir : les données, les modèles et les théories afin d'en identifier les pistes d'approfondissement.

Notre attention s'est dès lors portée sur des éléments non encore explorés par la littérature et plus précisément, trois questions de recherche ont été formulées :

- Quelle dynamique individuelle est observée en termes d'utilisation des produits phytosanitaires ?
- Le niveau d'analyse (exploitation) est-il pertinent pour traiter la question de la réduction des produits phytosanitaires ? Plus précisément, les pratiques de production sont-elles cohérentes d'un produit phytosanitaire à l'autre et d'une parcelle à l'autre ?
- Peut-on considérer la stratégie productive, définie à travers l'adoption du label Agriculture Biologique, comme indépendante de la stratégie commerciale, définie à travers la vente en circuit court ? Quelle relation peut-on définir entre ces deux stratégies ? Une simple relation de causalité ou une codétermination ?

Les études menées dans le cadre de ce travail de thèse ont apporté des éléments de réponse à ces interrogations en considérant deux contextes différents : d'une part la filière viticole en France et d'autre part la filière des tomates sous serre en Turquie.

Dans le premier cas, les exigences auxquelles doivent répondre les producteurs de vin français sont définies à minima par l'Union Européenne. La filière viticole a été plus précisément considérée puisqu'elle est l'une des plus intensives en produits phytosanitaires en France. En effet, alors que cette production représente moins de 4 % de la surface agricole exploitée, elle concentre près de 14 % de la consommation de pesticides. De fait, elle est un terrain d'étude privilégié.

Dans le second cas, les producteurs turcs de tomates sous serre doivent répondre à des exigences croissantes du fait de leur pré-adhésion à l'Union Européenne. La mise en conformité de leur législation avec la réglementation européenne en fait un terrain d'étude privilégié qui permet d'observer la dynamique des exploitations dans un contexte en transition.

La première originalité de notre travail de recherche est de considérer différentes sources de données, issues de sources officielles dans le cas français et collectées « sur le terrain » dans le cas turc. Plus précisément dans le cas français, différentes bases de données ont été considérées :

- Le Recensement Agricole (RA) réalisé en 2010 recense l'ensemble des exploitations françaises et caractérise non seulement le chef d'exploitation, sa famille et ses employés mais aussi son exploitation.
- Le Réseau d'Information Comptable Agricole (RICA) sur la période 2002-2007 porte une attention particulière aux exploitations dites professionnelles qui représentent à elles-seules

plus de 95 % du potentiel de la production nationale. La caractérisation des actifs présents sur l'exploitation est couplée avec une analyse structurelle et financière de leur exploitation.

- L'enquête relative aux Pratiques culturales réalisée en 2006 considère les pratiques productives des exploitants au niveau de leur parcelle.
- Les données Météo France permettent de contrôler le comportement des exploitants au regard des conditions climatiques observées sur leur commune.
- Les données « e-phy » identifient pour chaque molécule chimique et chaque utilisation de cette molécule la dose réglementaire maximale autorisée.

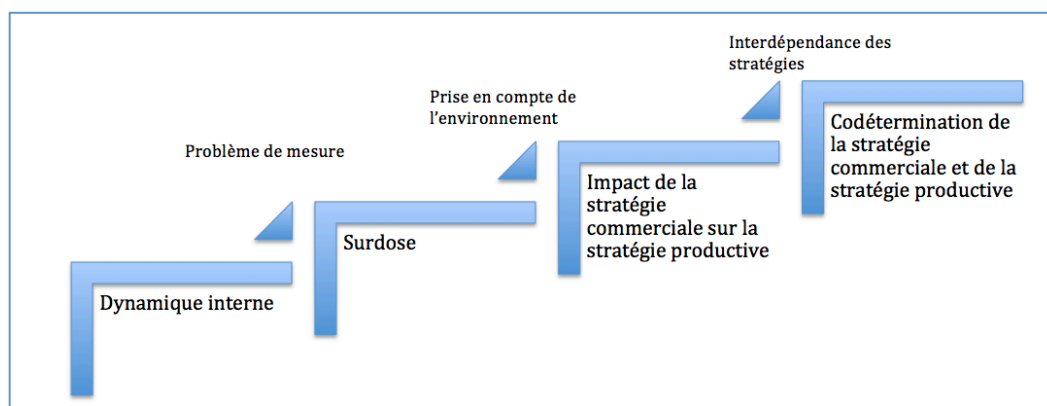
Chacun des articles réalisés dans le cadre de ce travail de recherche a mobilisé une ou plusieurs de ces bases de données et a reposé sur une quantification et une modélisation économétrique originales qui nous semblent avoir apporté un regard complémentaire à celui observé dans le corpus empirique. Si **les bases de données mobilisées apportent une originalité dans la façon de considérer l'utilisation des produits phytosanitaires**, la quantification faite de ces pratiques et la modélisation économétrique mise en œuvre apportent une innovation par rapport au corpus théorique existant.

L'utilisation de produits phytosanitaires a pu être mesurée de façon directe à travers les dépenses relatives de ces produits, en euros par hectare, ou encore la mise en conformité des doses appliquées avec les doses réglementaires. Elle peut être mesurée de façon **indirecte** à travers d'une part l'observation de pratiques IPM mises en œuvre dans le cadre d'un pays émergent qui cherche à se mettre en conformité avec la réglementation européenne et d'autre part l'adoption de la certification AB en considérant dans ce dernier cas la codétermination de la stratégie productive avec la stratégie commerciale.

Au-delà cette originalité de mesure, **les études réalisées ont reposé sur des modélisations économétriques variées et complémentaires**. Alors que certaines ont permis d'apprécier la dynamique des stratégies productives des exploitants à travers des modèles de panel, d'autres ont permis de mettre en évidence une dualité de comportement. Les modélisations économétriques à équations simultanées ont par ailleurs pu éclairer sur la codétermination des stratégies productives et commerciales des exploitants.

Il est à noter par ailleurs que chacune des études réalisées est une nouvelle façon d'appréhender l'utilisation des produits phytosanitaires et que chaque étude non seulement enrichit la précédente mais permet aussi de construire la question de recherche de la suivante. La progression de la réflexion menée peut être représentée par la Figure 19.

Figure 19. Articulation des questions de recherche



Source : Représentation personnelle

Le premier article réalisé a porté sur l'analyse dynamique de l'utilisation des produits phytosanitaires par les viticulteurs français. Sur la base du RICA, le principal résultat est que les pratiques productives - exprimées ici en termes de dépenses en produits phytosanitaires, en euros par hectare - des exploitants sont stables dans le temps. De plus, les producteurs qui dépensaient le moins en produits phytosanitaires par le passé continuent à avoir les pratiques les plus respectueuses de l'environnement. Les résultats sont originaux à plusieurs points de vue et notamment du fait de deux aspects relativement absents de la littérature : d'une part, la dynamique du comportement des exploitants et d'autre part, la mise en perspective de ce comportement avec la structure financière de leur exploitation. En effet, il a été démontré dans ce cadre que les exploitants qui réduisent l'intensité de leur utilisation de produits phytosanitaires voient leur rendement diminuer mais leur chiffre d'affaires augmenter alors même que la surface exploitée reste constante. La portée de ces enseignements est d'autant plus riche que les données mobilisées sont représentatives d'une population qui représente plus de 95 % du potentiel productif français. Si le comportement des exploitants apparaît stable au cours du temps en termes de dépenses en produits phytosanitaires, deux questions se posent : celle de l'homogénéité des pratiques au sein même d'une même exploitation d'une part et celle de la mesure physique de l'utilisation des produits phytosanitaires d'autre part. En effet, les dépenses financières ne permettent pas d'apprécier simultanément les produits utilisés et les doses appliquées. De ce fait, cette mesure, agrégée, ne permet pas de rendre compte de la diversité des produits dont peuvent disposer les exploitants. Une mesure en termes de pratiques semble davantage pertinente pour pallier cette limite.

Le second article présente ainsi un double enjeu : mesurer les pratiques des producteurs au niveau le plus fin et valider la cohérence de ces pratiques d'un traitement à l'autre. A cette fin, différentes sources de données ont été mobilisées : les données issues de l'enquête relative aux pratiques culturales, les données « e-phy », les données du RICA et les données Météo France. En effet, chacune apporte une information spécifique à prendre en compte. Les données issues de

l'enquête relative aux pratiques permettent d'observer le comportement des producteurs pour chacun des traitements qu'ils réalisent sur leur exploitation. Les données « e-phy » permettent de mettre en perspective les doses déclarées par les exploitants avec les doses réglementaires autorisées. Le croisement avec les données météorologiques enrichit l'analyse en couplant le comportement des exploitants avec les conditions climatiques rencontrées. Enfin, les données du RICA permettent de positionner les exploitations, présentes après l'appariement des différents fichiers, dans le paysage français. Il est à noter que la base constituée présente des caractéristiques comparables à celles des exploitations viticoles professionnelles françaises, ce qui renforce la portée de nos résultats. Les résultats ont mis en évidence un comportement dual des exploitants en termes de pratiques dans la mesure où 55 % des producteurs ne surdosent jamais leurs traitements phytosanitaires et que 24 % les surdosent de façon systématique. Ce résultat est d'autant plus riche en enseignements qu'aucune étude n'avait démontré cette dualité alors même que toutes considèrent le comportement des exploitants à un niveau agrégé.

Le troisième et le quatrième article réalisés dans le cadre de ce travail doctoral se sont efforcés de considérer le lien entre la stratégie productive et la stratégie commerciale des exploitants. Le troisième article considère les données collectées auprès de 186 producteurs de tomate sous serre turcs. Dans ce cadre, les données présentent comme originalité d'apprécier de façon très fine non seulement les pratiques et techniques mises en œuvre par les producteurs mais aussi et surtout leur perception des risques. Seules des données issues d'enquêtes permettent d'apprécier des éléments subjectifs relatifs aux craintes perçues par les producteurs face aux différents ravageurs et aux différentes maladies. Le principal résultat de cette étude est de montrer que la stratégie commerciale conditionne la stratégie productive, mesurée à travers le nombre de pratiques IPM mises en œuvre.

La quatrième étude considère également l'articulation de la stratégie productive avec la stratégie commerciale mais de façon bilatérale : la stratégie commerciale est supposée avoir des répercussions sur la stratégie productive et réciproquement la stratégie productive est supposée avoir des répercussions sur la stratégie commerciale des exploitants. Plus précisément, l'utilisation des produits phytosanitaires est considérée à travers l'adoption du label Agriculture Biologique tandis que la stratégie commerciale est considérée à travers la vente en circuit court. Les données mobilisées sont celles du Recensement Agricole et une attention particulière a été portée aux viticulteurs et arboriculteurs français. Le principal résultat de cette étude, qui porte sur l'ensemble des exploitations françaises, est de démontrer que chacune de ces stratégies engendre un effet positif sur l'autre. Un exploitant qui adopte le label AB est plus enclin à vendre en circuit court et réciproquement un exploitant qui vend en circuit court est également plus enclin à adopter le label AB.

Les résultats issus des deux derniers articles tendent à mettre en évidence une certaine interdépendance entre stratégie commerciale et stratégie productive où la nature de cette interdépendance est conditionnée par le circuit de commercialisation.

La vente en circuit court est un mode de commercialisation spécifique où la proximité établie entre le producteur et le consommateur permet d'établir un dialogue entre ces acteurs de « petite unité ». Cette proximité se traduit alors, au niveau du producteur, par une codétermination de la stratégie commerciale avec la stratégie productive. En effet, les exigences des consommateurs sont entendues et mises en cohérence avec les pratiques des producteurs. Réciproquement, le producteur peut valoriser, par le dialogue, les efforts faits en termes de pratiques.

Dans le cas d'une commercialisation indirecte, le producteur est un des fournisseurs de l'aval. La relation établie entre un producteur et l'aval se traduit alors non plus par une codétermination des stratégies mais par une influence directe et unilatérale des exigences de l'aval sur les pratiques productives des producteurs.

L'apport de notre travail de recherche se fonde sur une analyse de la revue de littérature au travers les trois piliers qui fondent l'économétrie : les données, les modèles et les théories. En considérant tour à tour chacune des études qui fondent cette revue, il a été possible d'identifier non seulement les mesures faites des pratiques IPM mais aussi les facteurs déterminants de l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement : les caractéristiques individuelles des chefs d'exploitation, les caractéristiques structurelles de leur exploitation et l'environnement dans lequel ils évoluent. Au-delà de ces facteurs convergents, cette analyse du corpus a mis en évidence certains aspects qui n'avaient pas encore été abordés et qui méritaient de l'être pour approfondir la compréhension, au niveau de l'exploitation, de l'utilisation des produits phytosanitaires. Les travaux réalisés dans des contextes particuliers ont permis de montrer : la stabilité du comportement des producteurs en termes de pratiques plus respectueuses de l'environnement, la dualité des exploitants en termes de pratiques productives et la codétermination de leur stratégie commerciale et productive.

La principale limite à ce travail doctoral tient à la difficulté de disposer de données qui soient tout à la fois recueillies à un niveau fin, c'est-à-dire qui soit identifiées en-deçà du niveau exploitation, représentatives d'une population, précises sur la définition des pratiques mises en œuvre par les exploitants et suivies sur le long terme. Si chacune des bases de données mobilisées permet d'apprécier une de ces dimensions, aucune ne permet de les apprécier de façon simultanée. Pour ce faire, il faudrait constituer un panel d'exploitations sur la base de données nationales exhaustives et représentatives de l'ensemble des exploitations. Ce panel permettrait d'approfondir les études réalisées en affinant notamment la notion de codétermination de la stratégie commerciale avec la stratégie productive.

Au-delà des données mobilisées, différentes limites peuvent être formulées. Ces limites peuvent porter tout à la fois sur la mesure de l'utilisation des produits phytosanitaires ou sur la prise en compte du circuit de commercialisation.

Dans le cas des deux premiers articles, l'organisation du producteur avec les acteurs mériterait d'être approfondie : savoir si le producteur livre toute ou partie de sa production à une coopérative ou encore apprécier les exigences de chacun de ses clients permettrait de voir dans quelle mesure cette organisation conditionne l'utilisation des produits phytosanitaires.

Dans le cas du troisième article sur le cas turc, une analyse dynamique des exploitations nous permettrait de comprendre dans quelle mesure les pratiques des producteurs évoluent au fur et à mesure que se renforcent les exigences sanitaires, tant en termes de stratégie productive que de stratégie commerciale.

Enfin, dans le cadre du dernier article, il serait intéressant de mesurer les exigences de l'aval en considérant non pas la vente en circuit court mais les exigences des différents distributeurs auxquels peuvent s'adresser les producteurs, qu'ils soient nationaux, européens ou internationaux.

Les travaux conduits au cours de ce travail doctoral ouvrent la voie à des recherches complémentaires en lien plus étroit avec les exigences de l'aval des filières étudiées d'une part et les exigences des pouvoirs publics d'autre part.

Les exploitants sont le premier maillon d'une chaîne où tous les acteurs doivent veiller à garantir la qualité des produits mis sur le marché. De ce fait, il est indispensable de mesurer les liens qui unissent le producteur avec chacun de ces acteurs. Prendre en compte les différents débouchés des exploitants et les mettre en perspective avec les opportunités et les exigences de marché apparaît être une question de recherche importante. Celle-ci permettra de comprendre plus finement la stratégie productive des exploitants dans cet environnement complexe où ils doivent arbitrer entre les différents débouchés qui s'offrent à eux.

Les exploitants doivent également s'adapter à un contexte réglementaire en constante évolution. L'adéquation des pratiques avec les recommandations publiques présente une autre voie de recherche à explorer. Tout l'enjeu est d'apprécier la capacité d'adaptation des producteurs et de mesurer l'impact de nouvelles politiques de façon différenciée sur la base des caractéristiques des exploitants.

La réduction des produits phytosanitaires est un enjeu collectif. Considérer l'hétérogénéité des exploitants, les positionner dans leur environnement et mesurer les interdépendances qu'ils entretiennent avec chacun des acteurs apparaissent être des pistes de recherche importantes. En effet, comme le souligne Potier : « *nous sommes tous une partie de la solution* ».

Liste des figures

Figure 1. Histoire naturelle de Pline	12
Figure 2. Pulvérisation de DDT pour lutter contre la malaria	31
Figure 3. Vente de DDT	31
Figure 4. Autorisation de mise en marché et répartition de l'Union Européenne en trois zones	34
Figure 5. Phases d'intégration de la protection	39
Figure 6. Catégorisation des pratiques IPM	41
Figure 7. Dynamique du processus de quantification	52
Figure 8. Articulation entre quantification et modélisation mathématique	53
Figure 9. Positionnement des différentes sciences en sciences économiques et sociales	58
Figure 10. Structuration du processus économétrique	60
Figure 11. Structure du processus économétrique	61
Figure 12. Dynamique turque en termes de mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement	96
Figure 13. Carte des régions turques productrices de tomates	100
Figure 14. Méthodologie d'appariement des données	108
Figure 15. Effets des ravageurs thrips et mouche blanche sur les tomates	113
Figure 16. Quelques pratiques IPM	114
Figure 17. Adaptation du comportement des producteurs dans un contexte en constante évolution	235
Figure 18. Déterminants de l'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires	236
Figure 19. Articulation des questions de recherche	239

Liste des tables

Table 1. Synthèse de la revue de littérature	71
Table 2. Méthode sous-jacente à la définition des compteurs IPM	78
Table 3. Synthèse des déterminants de l'adoption d'innovations environnementales	90
Table 4. Descriptif des données mobilisées	103
Table 5. Comparaison des caractéristiques des exploitations présentes dans la base issue de l'appariement avec celles des exploitations viticoles professionnelles françaises	109

Bibliographie

ADEME. (2012). Les circuits courts alimentaires de proximité.

Ado I., Russell D. (1998). Le rôle de l'économétrie. GREQAM, Marseille.

Adsadpur H. (2011). Socio-economic factors affecting the development of biological technologies stem borer pest in rice fields of Mazandaran. *Agricultural Economic and Development* 19 (76): 231-252.

Alcaras J.-R. (2011). Les théories économiques de la décision à l'épreuve de la quantification : Quand symboliser n'est pas forcément quantifier ! *Nouvelles Perspectives en Sciences Sociales* 6 (2): 161-194.

Alim'Agri. (2010). Organisation économique - Circuits courts.

Alpas H., Asci S., Koc A. (2010). Food quality systems in Turkey : Perspectives in terms of food defence. In: *Threats to food and water chain infrastructure, NATO (Ed.): Springer, 25-50.*

Altieri M.A. (2000). Ecological impacts of industrial agriculture and the possibilities for truly sustainable farming.

Asfaw S., Mithöfer D., Weibel H. (2010). What impact are EU supermarket standards having on developing countries export of high value horticultural products? Evidence from Kenya. *Food agribusiness marketing* 22 (3-4): 262-276.

Asghari S., Hadi F. (2009). The study of extension effects on adoption of biological control in sobeyan farmer at Moghan (Ardebil province, Iran). In: *1st National Nex Technology in Agriculture and Natural Resources, Rasht, 982-996.*

Aubert M. (2013). Les cotisants solidaires : des agriculteurs non reconnus. *DEMETER (Ed.)*.

Aubert M., Bouhsina Z., Codron J.-M., Rousset S. (2013). Pesticides safety risk, food chain organization, and the adoption of sustainable farming practices. The case of Moroccan early tomatoes. In: *134th EAAE Seminar, Labels on sustainability: An issue for consumers, producers, policy makers, and NGOs, March 21-22. INRA, Paris, France.*

Aubert M., Enjolras G. (2015). Les circuits courts au coeur des enjeux de la durabilité en agriculture : Le cas des exploitations arboricoles françaises. In: *SFER - INRA CIRAD, Rennes, France.*

Aubert M., Perrier-Cornet P. (2009). Quelle classification des agriculteurs dans les fichiers administratifs et statistiques : Les cotisants solidaires de la MSA sont-ils des agriculteurs ? In: *SFER INRA CIRAD, Montpellier.*

Aubertot J.M., Barbier J.M., Alaphilippe A. (2005). Pesticides, agriculture et environnement : Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. In: *Rapport d'expertise scientifique collective INRA et Cemagref*.

Baldi I., Cordier S., Coumouli X., Elbaz A., Gamet-Payraastre L., Le Bailly P., Multigner L., Rahmani R., Spinosi J., Van Maele-Fabry G. (2013). Pesticides - Effets sur la santé. Paris: INSERM. (*Expertise collective - Synthèse et recommandations*).

Barrera V., Northon G.W., Alwang J.R., Mauceri M. (2005). Adoption of Integrated Pest Management Technologies : A case study of potato farmers in Carchi, Ecuador. In: *American Agricultural Economics Association, Annual Meeting*.

Belknap J., Saupe W.E. (1988). Farm family resources and the adoption of no-plow tillage in Southwestern Wisconsin. *North Central Journal of Agricultural Economics* 10 (1): 13-23.

Berndt E. (1991). The practice of econometrics classic and contemporary.

Binswanger H., Dayantha J., Balaranaia T., Sillers D. (1980). The impacts of risk aversion on agricultural decisions in semi-arid India. In: *Development Economics Department*, W. Bank (Ed.). Washington DC.

Boehlje M.D., Eidman V.R., Wiley J. (1984). Farm management. *Agricultural systems* 18: 61-67.

Bonabana-Wabbi J. (2002). Assessing factors affecting adoption of agricultural technologies : The case of Integrated Pesti Management (IPM) in Kumi district, Eastern Uganda, Virginia Polytechnic Institute and State University.

Bonnaud L., Bouhsina Z., Codron J.-M. (2012). Le rôle du marché dans le contrôle des traitements phytosanitaires : L'exemple du secteur de la tomate. *Terrains & Travaux* 20: 87-103.

Bowler I., Clark G., Corckett A., Ilbery B., Shaw A. (1996). The development of alternative farm enterprises: A study of family labour farms in the northern Pennines of England. *Journal of rural studies* 12 (3): 285-295.

Broderick S., Wright V., Kristiansen P. (2011). Cross-case analysis of producer-driven marketing channels in Australia. *British Food Journal* 113 (10): 1217-1228.

Bryon-Portet C. (2010). Sciences humaines, sciences exactes - Antinomie ou complémentarité ? *Communication* 28 (1).

Bultena G.L., Hoiberg E.O. (1983). Factors affecting farmers' adoption of conservation tillage. *Journal of soil and water conservation* 38: 281-284.

Bürger J., De Mo F., Gerowitt B. (2012). Influence of cropping system factors on pesticide use intensity - A multivariate analysis of on-farm data in North East Germany. *European journal of agronomy* 40: 54-63.

Burton M., Rigby D., Young T. (2003). Modelling the adoption of organic horticultural technology in the UK using duration analysis. *The Australian journal of agricultural and resource economics* 47 (1): 29-54.

Butault J.P., Delame N., Jacquet F., Zarder G. (2011). L'utilisation des pesticides en France : état des lieux et perspectives de réduction. In: *Notes et études socio-économiques, C.d.é.e.d. prospective (Ed.)*, 7-26.

Byerlee D., Hesse de Polanco E. (1986). Farmers' stepwise adoption of technical packages: Evidence from the Mexican Altiplano. *American journal of agricultural economics* 68: 519-527.

Caillé A. (2010). Petit playoder pour une incertitude modérée et une mesure mesurée. *Revue du MAUSS "Réflexions croisées sur la mesure et l'incertitude"* 1 (35): 83-109.

Callon M., Muniesa F. (2009). La performativité des sciences économiques. In: *Traité de Sociologie Economique, S.P.e.V. F (Ed.)*. Paris: PUF.

Capt D., Wavresky P. (2014). Determinants of direct-to-consumer sales on French farms. *Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement* 95 (3): 351-377.

Carlson J.E., Dillman D.A. (1983). Influence of kinship arrangements on farmer innovativeness. *Rural sociology* 48: 183-200.

Carpentier A. (2010). Economie de la production agricole et régularisation de l'utilisation des pesticides. Une synthèse critique de la littérature. In: *SFER- CEMAGREF La réduction des pesticides agricoles enjeux, modalités et conséquences, 03 Mars 2010*. Lyon.

Carson R.L. (1963). *Printemps silencieux*. Paris.

Castellan G. (1943). Etude géographique sur le doriphore en France et principalement dans la région lyonnaise. *Les Études rhodaniennes* 18 (1): 1-59.

Caswell J.A., Bredahl M.E., Hooker N.H. (1998). How quality management metasystems are affecting the food industry ? *Review of Agricultural Economics* 20 (2): 547-557.

Caswell M., Fuglie K.O., Ingram C., Jans S., Kaskal C. (2001). Adoption of agricultural production practices : Lessons learned from the U.S. department of agricultural area studies project, research report prepared for the economic research service resource economics division.

Chaves B., Riley J. (2001). Determination of factors influencing Integrated Pest Management adoption in coffee berry borer in Colombian farms. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 87: 159-177.

Chemnitz C. (2007). The compliance decision with food quality standards on primary producer level. A case study of the EUREPGAP Standard in the Moroccan tomato sector. Berlin.

Ciolos D. (2012). Agricultures locales et circuits courts : pour une dimension locale renforcée de la Politique Agricole Commune. In: *Agriculture locale et circuits de distribution courts*, Bruxelles.

Clay D., Reardon T., Kangasniemi J. (1998). Sustainable intensification in the highland tropics: Rwandan farmers' investments in land conservation and soil fertility. *Economic development and cultural change* 46 (2): 351-377.

Codron J.-M., Adanacioglu H., Aubert M., Bouhsina Z., El Mekki A.A., Rousset S., Tozanli S., Yercan M. (2012). Pesticide safety risk management in high value chain: The case of Turkey and Morocco.

Codron J.-M., Adanacioglu H., Aubert M., Bouhsina Z., El Mekki A.A., Rousset S., Tozanli S., Yercan M. (2014). The role of market forces and food safety institutions in the adoption of sustainable farming practices : The case of the fresh tomato export sector in Morocco and Turkey. *Food policy* 49: 268-280.

Codron J.-M., Engler A., Adasme C., Bonnaud L., Bouhsina Z., Cofre-Bravo G. (2017). Food safety management through the lens of hybrids: The case of fresh fruit and vegetable shippers
. In: *Management and Governance of Networks*: Springer International Publishing, 295-322.

Codron J.-M., Giraud Heralud E., Soler L. (2005a). Minimum Quality Standards, Premium Private Labels, and European Meat and Fresh Produce Retailing. *Food policy* 30 (3): 270-283.

Codron J.-M., Giraud Heralud E., Soler L. (2005b). Nouvelles stratégies de la grande distribution dans le secteur alimentaire. *Revue Française du Marketing* 203.

Codron J.-M., Habib R. (2003). Bilan et perspectives de la filière arboricole fruitière : Expertise ATEPE. *Les Dossiers de l'Environnement de l'INRA* 23: 27-64.

Codron J.-M., Sterns J., Vernin X. (2002). Grande distribution et agriculture raisonnée dans la filière fruits et légumes frais. Paris.

Commission Européenne. (2006). Règlement (CE) No 1974/2006 de la commission. *Journal officiel de l'Union européenne*.

Coriat B., Weinstein O. (1995). Les nouvelles théories de l'Entreprise, ed Hachette. Paris. (*Le livre de poche*).

Crampes C., Encanoua D. (2007). Microéconomie de l'innovation. *In: Economica, P.M.e.H.e. Durand (Ed.)*, 405-430.

Daberkow S.G., McBride W.D. (2003). Farm and operator characteristics affecting the awareness and adoption of precision agriculture technologies in the US. *Precision Agriculture* 4: 163-177.

de Sainte Marie C. (2010). La production fruitière intégrée en France. Leçons d'une histoire dont nous ne sommes pas les héros. *In: Le temps des Syal, E. Quae (Ed.)*. France, 153-170.

Deblock C. (2012). Innovation et développement chez Schumpeter. *Revue Interventions Economiques* 46.

Deng J.A., Qu H., Huang R., Yang Y., Zhen X., Wang H. (2003). Survey of food poisoning by organophosphorus pesticide at the employee refectory. *Practical Preventive Medicine* 10 (5): 766-767.

Desrosier E. (2005). L'argent ne fait pas le bonheur. *Le Devoir*.

Desrosières A. (2007). Comparer l'incomparable. Essai sur les usages sociaux des probabilités et des statistiques. *In: La Société du Probable. Les mathématiques sociales après Augustin Cournot, J.-P. Touffut (Ed.)*. Paris: Albin Michel, 163-200.

Desrosières A. (2008). Pour une sociologie historique de la quantification. Paris.

Diederer P., Meijl H., Wolters A., Bijak K. (2003). Innovation Adoption in Agriculture: Innovators, Early Adopters and Laggards. *Cahiers d'économie et sociologie rurales* 67.

Diener E., Suh E.M. (2000). Happiness and Economics. Princeton.

Divisia F. (1953). La société d'économétrie a atteint sa majorité. *Econometrica* 21 (1).

Dörr A.C., Grote U. (2009). Impact of certification on fruit producers in the Sao Francisco Valley in Brazil. *Economics and applied informatics*: 5-16.

Dosi G. (1988). Sources, Procedures, and Microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature* 26 (3): 1120-1171.

Dufour A., Lanciano E. (2012). Les circuits courts de commercialisation : Un retour de l'acteur paysan ? *Revue française de socio-économie* 9: 153-169.

Ervin C.A., Ervin C.E. (1982). Factors affecting the use of soil conservation practices : Hypotheses, evidence and policy implications. *Land economics* 58: 277-292.

European Commission. (2008). Evaluation des mesures concernant les organisations de producteurs du secteur des fruits et légumes. C. Européenne (Ed.).

Evans N., Ilbery B. (1993). The pluriactivity, part-time farming, and farm diversification debate. *Environment and Planning A* 25: 945-959.

Favereau O. (2010). L'incertitude sans mesure. *Revue du MAUSS "Réflexions croisées sur la mesure et l'incertitude"* 1 (35): 83-109.

Feder G., Just R.E., Zilberman D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries : A survey. *Economic development and cultural change* 33 (2): 255-298.

Feder G., Umali D. (1993). The Adoption of Agricultural Innovations : A Review. *Technological Forecasting and Social Change* 43: 215-239.

Feinerman E., Herriges J.A., Holtkamp D. (1992). Crop insurance as a mechanism for reducing pesticide usage: A representative farm analysis. *Agricultural & applied economics association* 14 (2): 169-186.

Fernandez-Cornejo J. (1996). The microeconomic impact of IPM adoption: theory and application. *Agricultural and resources economics review*: 149-160.

Fernandez-Cornejo J. (1998). Environmental and economic consequences of technology adoption: IPM in viticulture. *Agricultural economics* 18: 145-155.

Fernandez-Cornejo J., Beach E.D., Huang W.-Y. (1994). The adoption of IPM techniques by vegetable growers in Florida, Michigan and Texas. *Journal of agricultural and applied economics* 26 (1): 158-172.

Fernandez-Cornejo J., Ferraioli J. (1999). The environmental effects of adopting IPM techniques: The case of peach producers. *Journal of agricultural and applied economics* 31: 551-564.

Fernandez-Cornejo J., Jans S., Smith M. (1998). Issues in the Economics of Pesticide Use in Agriculture: A Review of the Empirical Evidence. *Review of Agricultural Economics*, 20 (2): 462-288.

Ferron P. (1999). Protection intégrée des cultures: Evolution du concept et de son application. *Cahiers Agricultures* 8: 389-396.

Flandin P. (1983). Matériels et techniques de traitement. Bilan des moyens actuels. Evolution en vue. *Motorisation et techniques agricoles*.

Flichy P. (2003). L'innovation technique. (*La Découverte*).

- Freeman C. (1982). *The economics of industrial innovation*. London.
- Frisch R. (1933). Editorial. *Econometrica* 1.
- Galt R.E. (2008). Toward an Integrated understanding of pesticide use Intensity in Costa Rican vegetable farming. *Human Ecology* 36: 655-677.
- Gasfsi M. (2006). Exploitation agricole et agriculture durable. *Cahiers Agricultures* 15 (6): 491-497.
- Gasson R., Errington A., Hutson J., Marsden T., Winter M. (1988). The farm as a family business: A review. *Journal of agricultural economics* 39 (1): 1-41.
- Gatignol C., Etienne J. (2010). Rapport sur pesticides et santé. *Fait au nom de l'Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques* Assemblée Nationale n°2463; Sénat n°421: 262.
- Gendrier J. De la lutte intégrée à la production intégrée. In: D.C.-C. IV (Ed.), *Pratiques Agricoles Actuelles*.
- Gould B.W., Saupe W.E., Klemme R.M. (1989). Conservation tillage: The role of farm and operator characteristics and the perception of soil erosion. *Land economics* 65 (2): 167-182.
- Greene B.A. (1973). Rate of adoption of new farm practices in the Central Plains of Thailand. In: *Cornell International Bulletin, C.U. Press (Ed.)*.
- Greene W. (2006). *Econometric Analysis*. New York: Pearson Prentice Hall.
- Guilbaud G.-T. (1985). *Leçons d'à-peu-près*. Paris: Diderot 2ème édition.
- Hendry D.F. (1980). Econometrics - Alchemy or Science ? *Economica* 47: 387-406.
- Henson S., Loader R. (2001). Barriers to agricultural exports from developing countries : the role of sanitary and phytosanitary requirements. *World Development* 29 (1): 86-102.
- Hoefer. (1855). *Nouvelle bibliographie générale : depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours*. Paris.
- Holly A. (1997). De l'argumentaire en économétrie. *Revue Européenne des Sciences Sociales* 35 (107): 159-168.
- Horowitz J., Lichtenberg E. (1993). Insurance, moral hazard, and chemical use in agriculture. *American journal of agricultural economics* 75 (4): 926-935.
- Houmy K. (1994). Importance des conditions climatiques dans l'appliance des produits phytosanitaires. *Revue ANAFIDE* 96 (6): 34-40.

Ilbery B., Maye D. (2005). Alternative (shorter) food supply chains and specialist livestock products on the Scottish-English borders. *Environment and Planning A* 37: 823-844.

Isgny I., Bilgic A., Foster D.L., Batte M.T. (2008). Using count data models to determine the factors affecting farmers' quantity decisions of precision farming technology adoption. *Counter and Electronics in Agriculture* 62: 231-242.

Jaffee S., Meer K.V., Henson S., Haan C.D., Sewadej M., Ignacio L. (2005). Food safety and agricultural health standards : Challenges and opportunities for developing countries.

Jamison D.T., Lau L.J. (1982). Farmer education and farm efficiency. *J.H.U. Press (Ed.)*. Baltimore.

Janssen S., Van Ittersum M. (2007). Assessing farm innovations and responses to policies : A review of bio-economic farm models. *Agricultural systems* 94: 622-636.

Jany-Catrice F. (2012). Quand mesurer devient maladif. *Revue Projet* 6 (331): 6-13.

Jasinski J., Easley B., Gastier T., Kovach J. (2001). Scoring IPM adoption in Ohio : it really adds up. *Journal of Extension* 39.

Just R.E., Pope R.D. (1978). Stochastic Specification of Production Functions and Economic Implications. *Journal of econometrics* 7: 67-86.

Just R.E., Zilberman D., Rauser G.C. (1980). A putty-clay approach to the distributional effects of new technology under risk. In: *Operations Research in Agriculture and Water Resources, D.a.T. Yaron, C. (Ed.)*. New York: North Holland Publishing Company.

Kenny C. (1999). Does Growth Cause Happiness, or Does Happiness Cause Growth? *KYKLOS* 52.

Kersting S., Wollni M. (2011). Public-private partnerships and GLOBALGAP standard adoption: evidence from small-scale fruit and vegetable farmers in Thailand. *EAAE congress*.

Khanna M. (2001). Non mandatory approaches to environmental protection. *Journal Econ Survey* 15 (3): 391-424.

Kneafsey M., Venn L., Schmutz U., Balazs B., Trenchard L., Eyden-Wood T., Bos E., Sutton G., Blackett M. (2013). Short food supply chains and local food systems in the EU. A state of play of their socio-economic characteristics. In: *JRC Report, 25911 (Ed.)*.

Knowler D., Bradshaw B. (2007). Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food policy* 32: 25-48.

Koleva N.G., Schneider U.A., Tol R.S.J. (2009). The impact of weather variability and climate change on pesticide applications in the US : An empirical investigation. *FNU* 171, p. 33.

Korsching P.F., Stofferahn C.W., Nowak P.J., Wagener D. (1983). Adoption characteristics and adoption patterns of minimum tillage : Implications for soil conservation programs. *Journal of soil and water conservation* 38: 428-430.

Kotilla M.R., Rönni P. (2008). Collaboration and trust in two organic food chains'. *British Food Journal* 110 (4/5): 376-394.

Kovach J., Tette J.P. (1988). A survey of the use of IPM by New York apple producers. *Agricultural Ecosystems and Environment* 20.

Krieger R.I. (2010). Handbook of pesticide toxicology : principles.

Labrie G., Voynaud L. (2013). Guide des ravageurs de sol en grandes cultures. (*Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture*).

Langhade E. (2010). Circuits courts: Une relation de proximité. *Chambres d'Agriculture* 991.

Lascoumes P., Simard L. (2011). L'action publique au prisme de ses instruments. *Revue Française de Science Politique* 61: 5-22.

Le Bas C. (1995). Economie de l'innovation. Paris.

Leclerc G.L. (1749). Histoire Naturelle, générale et particulière, avec la description du cabinet du roi. Paris.

Lefebvre M., Langrell S.R.H., Gomez-y-Paloma S. (2014). Incentives and policies for integrated pest management in Europe : a review. *Agron. Sustain. Dev.*

Lemeilleur S., Codron J.-M. (2011). Marketing cooperative vs. commission agent : The Turkish dilemma on the modern fresh fruit and vegetable market. *Food policy* 36: 272-279.

Lemoine B. (2008). Entre fatalisme et héroïsme : La décision politique face au "problème" de la dette publique. *Politix* 2 (82): 119-145.

Li X. (2002). Analysis of food poisoning due to taking vegetable contaminated with organophosphorus pesticide. *China Tropical Medicine* 2 (4).

Lohr L., Park T.A. (2000). Choice of insect management portfolios by organic farmers : lessons and comparative analysis. *Ecological Analysis* 43: 87-99.

Maddala G.S. (1983). Limited-Dependent and Qualitative Variables in Econometrics. Cambridge.

Malone S., Herbert D.A.J., Pheasant S. (2004). Determining adoption of Integrated Pest Management practices by grains farmers in Virginia. *Journal of Extension* 42.

Maréchal G., Spanu A. (2010). Les circuits courts favorisent-ils l'adoption de pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement ? *Courrier de l'Environnement de l'INRA* 59: 33-45.

Marra M., Pannell D.J., Ghadim A.A. (2003). The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: Where are we on the learning curve ? *Agricultural systems* 75: 215-234.

Mc Laughlin A., Mineau P. (1995). The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 55: 201-212.

McCown R.L. (2001). Farming Systems Research and Farming Practice. In: A.P.S.R. Unit (Ed.), p. 11.

McDonald D.G., Glynn C.J. (1994). Difficulties in measuring adoption of apple IPM : A case study. *Agriculture Ecosystems & Environment* 48: 219-230.

McInerney J., Turner M. (1991). Patterns, performance and prospects in farm diversification. A.E. Unit (Ed.): University of Exeter.

McInerney J., Turner M., Hollingham M. (1989). Diversification in the use of farm resources. A.E. Unit (Ed.): University of Exeter.

McNally S. (2001). Farm diversification in England and Wales: What can we learn from the farm business survey ? *Journal of rural studies* 17 (2): 247-257.

McNamara K.T., Wetzstein M.E., Douce G.K. (1991). Factors affecting peanut producer adoption of integrated pest management. *Agricultural & applied economics association* 13: 129-139.

Ménard C. (1977). Trois formes de résistance aux statistiques. In: *Pour une histoire de la statistique*, C. Say, Walras (Ed.). Paris: Economica - INSEE.

Milaire H. (1991). Vers l'équilibre de la lutte raisonnée à la production intégrée. *L'Arboriculture Fruitière* 436: 24-33.

Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche. (2009a). Circuits Courts de Commercialisation. *Rapport du groupe de travail*.

Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche. (2009b). Renforcer le lien entre agriculteurs et consommateurs : Plan d'action pour développer les circuits courts.

Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche. (2015). Plan Ecophyto II.

Mishra A.K., Nimon R.W., El-Osta H.S. (2005). Is moral hazard good for the environment ? Revenue insurance and chemical input use. *Journal of environmental management* 74: 11-20.

Mouron P., Heijne B., Naef A., Strassemeyer J., Heyer F., Avilla J., Alaphilippe A., Hohn H., Hernandez J., Mack G., Gaillard G., Solé J., Sauphanor B., Patocchi A., Samietz J., Bravin E., Lavigne C., Bohanec M., Golla B., Scheer C., Aubert U., Bigler F. (2012). Sustainability assessment of crop protection systems: SustainOS methodology and its application for apple orchards. *Agricultural systems* 113: 1-15.

Mumford J.D., Norton G.A. (1984). Economics of decision making in pest management. *Ann. Rev. Entomol* 29: 157-174.

Mundler P., Jauneau J.C., Guermonprez B., Pluvinage J. (2009). The sustainability of small dairy farms in six regions of France. The role of resources and local institutions. In: *EAAE-IAAE Seminar "Small farms - Décline or Persistence", 25-27 of june 2009*. University of Kent, Canterbury, UK.

Muthuraman P., Sain G. (2002). Sociology of Integrated Pest Management in rice. *Resources management in plant protection during twenty first century*: 14-15.

Napier L.T., Brown D.E. (1993). Factors affecting attitudes toward ground-water pollution among Ohio farmers. *Journal of soil and water conservation* 48 (5): 432-449.

Nerlove M. (2003). *Essay in Panel Data Econometrics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Nicolino F., Veillerette F. (2007). *Pesticides : Révélations sur un scandale français*, 396.

Nicourt C., Cabaret J., Darduin U., Delanoe M. (2013). Le travail de l'élevage au risque de la vente en circuits courts. In: *SFER - INRA CIRAD*, Angers, France.

Norris P.E., Batie S.S. (1987). Virginia's farmers' soil conservation decisions: An application of Tobit analysis. *Southern journal of agricultural economics* 19: 79-90.

Nowak P. (1987). The adoption of agricultural conservation technologies: economic and diffusion explanations. *Rural sociology* 52 (2): 208-220.

Nowak P. (1992). Why farmers adopt production technology. *Journal of soil and water conservation* 47 (1): 14-16.

Okello J.J. (2005). Compliance with international food safety standards : The case of green bean production in Kenyan family farm. Michigan : department of agricultural economics.

Okoye C.U. (1998). Comparative analysis of factors in the adoption of traditional and recommended soil erosion control practices in Nigeria. *Soil & Tillage Research* 45: 251-263.

OMC. (1995). Accord SPS.

Paillontin G. (2000). Rapport au Ministre de l'Agriculture et de la Pêche : L'Agriculture Raisonnée. France.

Palis F.G., Morin S., Hossain M. (2002). Social capital and diffusion of Integrated Pest Management Technology : a case study in Central Luzon, Philippines. In: *Social Research Conference CIAT, septembre 11-14*. Cali, Columbia.

Penker M. (2006). Mapping and measuring the ecological embeddedness of food supply chains. *Geoforum* 37 (3): 368-379.

Pereira de Herrera A., Sain G. (1999). Adoption of maize conservation tillage in Azuero, Panama. In: Economics (Ed.).

Perrier-Cornet P., Aubert M., Economists E.A.o.A., Economists I.A.o.A. (2009). Is there a future for small farms in developed countries? Evidence from the French case. In: 111. *EAAE-IAAE seminar: "Small farms: Decline or Persistence?"*, Canterbury, 18 p.

Pline A.

Potier D. (2014). Pesticides et agro-écologie : Les champs du possible. In: *Rapport EcoPhyto Réduire et améliorer l'utilisation des phytos*. Paris.

Puente M., Darnall N., Forkner R.E. (2011). Assessing integrated pest management adoption: measurement problems and policy implications. *Environmental assessment* 48: 1013-1023.

Rahm R.M., Huffman W.E. (1984). The adoption of reduced tillage: The role of human capital and other variables. *American journal of agricultural economics* 66 (4): 405-413.

Rauniyar G.P., Goode F.M. (1992). Technology adoption on small farms. *World Development* 20: 275-282.

Renting H., Marsden T., Banks J. (2003). Understanding alternative food networks : Exploring the role of short food supply chains in rural development. *Environment and Planning A* 35: 393-411.

Roberts W. (1990). Limited research funds and cardiac medicine without cardiac surgery. *The american journal of cardiology* 65 (7).

Robertson M.J., Zehnder G.W., Hamming M.D. (2005). Adoption of Integrated Pest Management practices in South Carolina cotton growers. *Journal of Extension* 43.

- Rogers E. (1962). Diffusion of innovations. New York. (*Free Press of Glencoe*).
- Roschewitz I., Thies C., Tschardt T. (2005). Are landscape complexity and farm specialization related to land-use intensity of annual crop fields ? *Agricultural Ecosystems and Environment* 105: 87-99.
- Rosenzweig C., Iglesias A., Yang X.B., Epstein P.R., Chivian E. (2001). Climate change and extreme weather events : Implications for food production, plant diseases and pests. *Global Change and Human Health* 2 (2): 90-104.
- Russell E. (2001). War and nature : fighting humans and insects with chemicals from World War I to Silent Spring. Cambridge.
- Saltiel J., Bauder J., Palakovich S. (1994). Adoption of sustainable agricultural practices: Diffusion, farm structure, and profitability. *Rural sociology* 59 (2): 333-349.
- Sartre J.-P. (1943). L'Être et le Néant. Paris.
- Sattler C., Kächele H., Verch G. (2007). Assessing the intensity of pesticide use in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119: 199-304.
- Scharwtz M., Rodhain F. (2008). Des microbes ou des hommes: Qui va l'emporter ? France.
- Schiffers B. (2012). L'emploi des pesticides dans les cultures : entre tracteurs et détracteurs. Probio (Ed.). Gembloux Agro-Bio Tech.
- Schoomkier J. (1966). Invention and Economic Growth. *H.U. Press (Ed.)*. Cambridge.
- Schulter M. (1971). Differential rates of adoption of the new seed varieties in India : The problem of the small farm. In: *U.S. Agency for International Development*. New York: Cornell University.
- Schultz T.W. (1981). Investing in people : The economics of population quality. *U.o.C. Press (Ed.)*.
- Schumpeter J.A. (1935). Théorie de l'évolution économique. Paris.
- Schwartz M. (2007). La lutte biologique contre les insectes ravageurs de cultures, de Pasteur aux OGM. In: C. Garches (Ed.), Cercle de Documentation et d'Information.
- Sharma A., Bailey A., Fraser I. (2011). Technology adoption and pest control: strategies among UK cereal farmers: Evidence from parametric and nonparametric count data models. *Journal of agricultural economics* 62: 73-92.

Sharma R., Peshin R., Shankar U., Kaul V., Sharma S. (2015). Impact evaluation indicators of an Integrated Pest Management program in vegetable crops in the subtropical region of Jammu and Kashmir, India. *Crop Protection* 67: 191-199.

Shennan C., Cecchetti C.L., Goldman G.B., Zalon F.G. (2001). Profiles of California farmers by degree of IPM use as indicated by self-descriptions in a phone survey. *Agriculture Ecosystems & Environment* 84: 267-275.

Shiferaw B.A., Okello J., Reddy R.V. (2009). Adoption and adaptation of natural resource management innovations in smallholder agriculture: reflections on key lessons and best practices. *Environment Development and Sustainability* 11: 601-619.

Shoemaker C.A. (1979). Optimal timing of multiple applications of pesticides with residual toxicity. *Biometrics* 35: 803-812.

Silverberg G., Dosi G., Orsenigo L. (1988). Innovation, diversity and diffusion : A self-organisation model. *The Economic Journal* 98: 1032-1054.

Simon H.A. (1978). On how to decide what to do ? *Bell Journal of Economics* 9 (2): 494-507.

Simon H.A. (2004). Les sciences de l'artificiel. Paris. (*Essais*).

Somda J., Nianogo A.J., Nassa S., Sanou S. (2002). Soil fertility management and socio-economic factors in crop-livestock systems in Burkina Faso: A case study of composting technology. *Ecological economics* 43: 175-183.

Souza Monteiro D.M., Caswell J.A. (2009). Traceability adoption at the farm level: An empirical analysis of the Portuguese pear industry. *Food policy* 34: 94-101.

Sunding D., Zilberman D. (2000). The Agricultural Innovation Process: Research and Technology Adoption in a Changing Agricultural Sector. *H.o.A. Economics (Ed.)*.

Taylor D.L., Miller W.L. (1978). The adoption process and environmental innovations : A case study of a government project. *Rural sociology* 43: 634-648.

Thévenot L. (1983). L'économie du codage social. *Critiques de l'Economie Politique* 23-24: 188-222.

Thiry G. (2012). Au-delà du PIB : Un tournant historique. Enjeux méthodologiques, théoriques et épistémologiques de la quantification. Louvain, Université Catholique de Louvain.

Touzard J., Temple L., Faure G., Triomphe B. (2015). Innovation systems and knowledge communities in the agriculture and agrifood sector : A literature review. *Journal of Innovation Economics and Management* 2 (17): 117-142.

- Traoré N., Landry R., Amara N. (1998). On-farm adoption of conservation practices: The role of farm and farmer characteristics. *Land economics* 74 (1): 114-127.
- Tremblay D. (1997). Innovation, management stratégique et économie : Comment la théorie économique rend-elle compte de l'innovation dans l'entreprise ? In: *AIMS, 01-03 juin 1997*. Montréal.
- Trognon A. (2003). L'économétrie des panels en perspective. *Revue d'Economie Politique* 113 (6): 727-748.
- Van Der Panne G., Van Beers C., Kleinknecht A. (2003). Success and failure of innovation : A literature review. *International Journal of Innovation Management* 7 (3): 1-30.
- Vandeman A., Fernandez-Cornejo J., Jans S., Lin B.H. (1994). Adoption of Integrated Pest Management in US agriculture. *Agriculture Information Bulletin* (707).
- Vanpouille Y. (2008). Corps, conduite motrice et connaissance. Lyon, Université de Lyon.
- Vatin F. (2010). L'incertitude du monde social et la raison métrologique : Une approche pragmatiste. *Revue du MAUSS "Réflexions croisées sur la mesure et l'incertitude"* 1 (35): 83-109.
- Veenhoven R. (1997). Progrès dans la compréhension du bonheur. *Revue Québécoise de Psychologie* 18: 29-74.
- Vorley B., Fox T. (2004). Global Food Chain : Constraints and opportunities for smallholders. In: *Helsinki Workshop, O.D.P.A.a.P.-P.G.T. Team (Ed.)*.
- Wallace M.T., Moss J.E. (2002). Farmer Decision-Making with Conflicting Goals: A Recursive Strategic Programming Analysis. *Journal of agricultural economics* 53 (1): 82-100.
- Walras L. (1889). *Éléments d'économie politique pure*. Lausanne. (Corbaz).
- Warner K.E. (1974). The need for some innovative concepts of innovation: An examination of research on the diffusion of innovations. *Policy Sciences* 5: 433-451.
- Warriner G.K., Moul T.M. (1992). Kinship and personal communication network influences on the adoption of agricultural conservation technology. *Journal of rural studies* 8 (3): 279-291.
- Weil P.M. (1970). The introduction of the Ox plow in Central Gambia. Baltimore: Johns Hopkins University Press. (*African Food Production System : Cases and Theory*).
- Westra J., Olson K. (1997). Farmers' decision processes and adoption of conservation tillage. In: f. Department of applied economics college of agricultural, and environmental sciences - University of Minesota (Ed.).

Winter S. (1987). Natural selection and evolution. *In: The New Palgrave : A dictionary of economics*: London, MacMillan.

Winterberg R. (2007). Mesurer le bonheur : des indicateurs pertinents pour la France ? *Fondation pour l'innovation politique*.

Wooldridge J.M. (2002). *Econometric analysis of cross-section and panel data*. Cambridge: MIT Press.

Zhou J., Elen J.H., Liang J. (2011). Implementation of food safety and quality standards: A case study of vegetable processing industry in Zhejiang, China. *The social science journal* 48: 543-552.

Table des matières

Sommaire	7
Résumé	8
Abstract	9
Remerciements	10
Introduction	14
1. EVOLUTION DE LA PRISE EN COMPTE DU RISQUE SANITAIRE ET PHYTOSANITAIRE DE L'ANTIQUITE A NOS JOURS	22
1.1. HISTOIRE LONGUE DE LA DEFENSE DES CULTURES	22
1.1.1. QUAND INTERVENTIONS MANUELLES, PUBLIQUES ET DIVINES SE COMBINENT DEPUIS L'ANTIQUITE JUSQU'A L'EPOQUE MODERNE	22
1.1.2. IMPACTS DU DEVELOPPEMENT DES ECHANGES COMMERCIAUX AU XIX ^e SIECLE : PREMIERES REGULATIONS PAR LES AUTORITES ET PREMIERS PAS VERS LA LUTTE BIOLOGIQUE	24
1.1.3. LA SECONDE GUERRE MONDIALE : UN TREMPLIN POUR LE DEVELOPPEMENT DE LA CHIMIE ORGANIQUE	25
1.1.4. LES RECENTES CRISES SANITAIRES	26
1.2. DYNAMIQUE RECENTE DES ACTEURS	28
1.2.1. DYNAMIQUE DE L'INTERVENTION DES POLITIQUES PUBLIQUES	28
1.2.2. ROLE DES ACTEURS PRIVES	35
1.2.3. EVOLUTION DES PRATIQUES DE DEFENSE	38
2. QUANTIFIER L'UTILISATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES : REFLEXIONS THEORIQUE ET EMPIRIQUE	44
2.1. QUANTIFICATION <i>VERSUS</i> MESURE	44
2.1.1. LES ENJEUX LIES A LA QUANTIFICATION	44
2.1.2. IMPORTANCE DES CONVENTIONS POUR LA MESURE DE LA QUANTIFICATION	46
2.1.3. LIMITES DE LA QUANTIFICATION OU LA MESURE DE LA REALITE PERDUE EN ROUTE	47
2.1.3.1. Est-il possible de tout quantifier ?	47
2.1.3.2. Quelle(s) information(s) perd-on en quantifiant ?	48
2.1.3.3. Quelles sont les implications de la quantification, au-delà de son effet sur l'objet étudié ?	50
2.1.3.4. Quand refuser une quantification revient à quantifier quand même	50
2.1.3.5. Comment faire évoluer le processus de quantification dès lors que la mesure a supplanté la quantification ?	51
2.1.4. SYNTHÈSE : DYNAMIQUE DU PROCESSUS DE QUANTIFICATION	52
2.2. L'ÉCONOMETRIE : ENTRE QUANTIFICATION ET MODELISATION MATHÉMATIQUE	53
2.2.1. ARTICULATION ENTRE QUANTIFICATION ET MODELISATION MATHÉMATIQUE	53
2.2.2. L'ÉCONOMETRIE : ENTRE QUANTIFICATION EMPIRIQUE ET MODELISATION THÉORIQUE D'UN PHÉNOMÈNE ÉCONOMIQUE	54
2.2.2.1. L'économétrie : une science entre sciences exactes et sciences humaines	55
2.2.2.2. L'économétrie : une science empirico-formelle	56
2.2.2.3. L'économétrie : un processus articulé entre théorie et réalité	59
2.3. QUANTIFICATION, MESURE ET MODELISATION DE L'UTILISATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES	61
2.3.1. FONDEMENTS THÉORIQUES : QUAND REPOUDRE AUX EXIGENCES CROISSANTES DE RÉDUCTION DE L'UTILISATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES RENVOIE À UN ENJEU D'INNOVATION ENVIRONNEMENTALE	62
2.3.1.1. Schumpeter où le rôle prépondérant de l'entrepreneur	63
2.3.1.2. Innover ou maximiser sous contrainte	65
2.3.1.3. Les caractéristiques intrinsèques des entrepreneurs dans la décision d'adopter une innovation	67

2.3.1.4.	Adopter une innovation dépend de facteurs exogènes	69
2.3.2.	FONDEMENTS EMPIRIQUES : QUANTIFICATION, MESURE ET MODELISATION DE L'UTILISATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES	69
2.3.2.1.	Synthèse du corpus empirique relatif à l'utilisation des produits phytosanitaires	70
2.3.2.2.	Mesures directes de l'utilisation des produits phytosanitaires	74
2.3.2.3.	Mesure indirecte de l'utilisation des produits phytosanitaires : la certification	75
2.3.2.4.	Mesure indirecte de l'utilisation des produits phytosanitaires : l'adoption de pratiques IPM	77
2.3.3.	LES FACTEURS SUSCEPTIBLES DE CONDITIONNER LA MISE EN ŒUVRE D'INNOVATIONS ENVIRONNEMENTALES	79
2.3.3.1.	Les facteurs endogènes	79
2.3.3.1.1.	La surface exploitée	80
2.3.3.1.2.	Le mode de faire valoir	80
2.3.3.1.3.	La main-d'œuvre	81
2.3.3.1.4.	La dimension financière de l'exploitation	81
2.3.3.1.5.	Les ressources techniques	82
2.3.3.1.6.	La diversification de la production	82
2.3.3.1.7.	Le niveau de formation	82
2.3.3.1.8.	L'âge ou le niveau d'expérience	83
2.3.3.1.9.	Exercer une activité hors exploitation	84
2.3.3.1.10.	Perception de l'innovation	84
2.3.3.2.	Les facteurs exogènes	86
2.3.3.2.1.	Interdépendance avec l'aval de la filière	86
2.3.3.2.2.	Appartenance à un groupe	87
2.3.3.2.3.	Facteurs climatiques	89
2.3.3.2.4.	Autres facteurs	89
2.3.3.3.	Synthèse des déterminants de l'adoption d'innovations environnementales	89
3.	ORIGINALITE ET APPORTS DES TRAVAUX REALISES	93
3.1.	CONTEXTES	94
3.1.1.	PRODUCTION ISSUE DE L'UNION EUROPEENNE	94
3.1.2.	PRODUCTION TURQUE A DESTINATION DE L'UNION EUROPEENNE	95
3.1.2.1.	Réorganisation nationale et ouverture aux marchés de l'exportation - Du milieu des années 1980 au début des années 2000.	97
3.1.2.2.	Développement du contrôle au niveau national – 2000/2009.	98
3.1.2.3.	La traçabilité devient un leitmotiv.- depuis 2009	99
3.2.	DONNEES MOBILISEES	101
3.2.1.	LES DONNEES MOBILISEES DANS LE CAS FRANÇAIS	101
3.2.2.	LES DONNEES MOBILISEES DANS LE CAS TURC	102
3.2.3.	SYNTHESE DES DONNEES MOBILISEES	103
3.3.	ARTICULATION ET APPORTS DES ARTICLES	104
3.3.1.	L'ADOPTION D'INNOVATIONS EST CONDITIONNEE PAR DES FACTEURS ENDOGENES	104
3.3.1.1.	Le processus décisionnel d'adoption d'une innovation répond à un schéma de type "path dependency"	105
3.3.1.2.	Adopter une innovation est un processus décisionnel défini au niveau de l'exploitation	107
3.3.2.	L'ADOPTION D'INNOVATIONS EST CONDITIONNEE PAR L'ENVIRONNEMENT DANS LEQUEL EVOLUE L'EXPLOITANT	112
3.3.2.1.	La commercialisation : facteur clef de l'adoption d'innovations plus respectueuses de l'environnement	113
3.3.2.2.	Codétermination de la stratégie commerciale et de la stratégie productive	118

3.3.2.2.1. Circuit court et durabilité sociétale	121
3.3.2.2.2. Circuit court et durabilité économique	122
3.3.2.2.3. Circuit court et durabilité environnementale	123

4. ARTICLES **126**

4.1. AUBERT M. ET ENJOLRAS G. (2014). THE DETERMINANTS OF CHEMICAL INPUT USE IN AGRICULTURE: A DYNAMIC ANALYSIS OF THE WINE GRAPE-GROWING SECTOR IN FRANCE. JOURNAL OF WINE ECONOMICS, 9 (1): 75-99	127
4.2. AUBERT M. ET ENJOLRAS G. (2014). BETWEEN THE APPROVED AND THE DOSE ACTUAL DOSE. A DIAGNOSIS OF PESTICIDE OVERDOSING IN FRENCH VINEYARDS. REVIEW OF AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL STUDIES, 95(3): 327-350.	153
4.3. AUBERT M., CODRON J.-M., ROUSSET S. ET YERCAN, M. (2013). WHICH FACTORS LEAD TOMATO GROWERS TO IMPLEMENT INTEGRATED PEST MANAGEMENT? EVIDENCE FROM TURKEY. 11^{ÈME} JOURNÉES DE RECHERCHE EN SCIENCES SOCIALES – INRA – CIRAD – SFER, LYON (FRANCE).	178
4.4. AUBERT M. ET ENJOLRAS G. (2016). DO SHORT FOOD SUPPLY CHAIN GO HAND IN HAND WITH ENVIRONMENT-FRIENDLY PRACTICES? AN ANALYSIS OF FRENCH FARMS. INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL RESOURCES, GOVERNANCE AND ECOLOGY, 12(2): 189-213.	209
Conclusion	235
Liste des figures	243
Liste des tables	243
Bibliographie	244
Table des matières	260

VU et PERMIS D'IMPRIMER



A Montpellier, le

Le Président de l'Université de Montpellier

Philippe Augé