

***Proposition de communication - Colloque SFER Pesticides agricoles
« La réduction des pesticides agricoles, enjeux, modalités et conséquences »
Février 2010, Lyon, France***

**Vin et environnement :
Comment réduire les quantités de pesticides utilisés en viticulture ?**

BAZOCHE P.¹, CARTOLARO P.², DEL'HOMME B.³, DELIERE L.², GOUTOULY J.P.⁴,
LEGER B.^{2,5}, LEROY P.¹, NAUD O.⁵, SOLER L.G.¹, UGAGLIA A.³

¹INRA-ALISS UR 1303, Ivry sur Seine.

²UMR Santé Végétale INRA-ENITAB, ISVV - IFR103, Bordeaux.

³Université de Bordeaux, ISVV, ENITA de Bordeaux, UPR EGERIE, Bordeaux.

⁴INRA-UMR Ecophysiologie et Génomique Fonctionnelle de la Vigne, ISVV, Bordeaux.

⁵Cemagref - UMR ITAP, Montpellier.

Contact : Adeline UGAGLIA, Université de Bordeaux, ISVV, ENITA de Bordeaux, UPR EGERIE - 1, cours du Général de Gaulle - CS40201 33175 Gradignan cedex – (+33)5.57.35.07.75 – a-ugaglia@enitab.fr

Note : Ce travail fait la synthèse des résultats du programme fédérateur Agriculture et Développement Durable « Vin et environnement » qui a bénéficié du soutien de l'ANR (2005-2008).

Introduction

La viticulture est la seconde source de consommation de pesticides en France (20 % en volumes) après la céréaliculture. Cette situation tient moins à l'importance des surfaces cultivées (3,7 % de la SAU), qu'au nombre de traitements phytosanitaires réalisés par unité de surface. Cette dépendance de la culture vis-à-vis des pesticides est la conséquence de plusieurs facteurs :

- l'absence de solutions génétiques (les hybrides interspécifiques résistants sont interdits par la réglementation car insuffisants quant à la qualité du produit) ;
- l'absence de méthodes alternatives biologiques ou culturales susceptibles de permettre une réduction significative des bio-agresseurs les plus dommageables (à l'exclusion des insectes ravageurs) ;
- l'enjeu qualitatif, la production de vendanges saines étant généralement considérée comme une des conditions importantes pour obtenir la qualité de vin requise par le marché.

Pour ces diverses raisons, dans une majorité d'exploitations, les programmes de traitement sont conduits selon une stratégie d'assurance qui débouche sur des effets négatifs sur le plan environnemental ou contribue à la sélection de souches de bio-agresseurs résistantes aux pesticides.

Cette forte dépendance aux pesticides de la culture viticole s'est illustrée en 2006 par un nombre moyen de traitements de 13,6¹. Même si ces valeurs moyennes masquent une très forte variabilité des pratiques entre régions de production, mais également au sein de zones géographiques climatiquement homogènes, il est clair que, malgré la mise à disposition d'outils permettant d'aider les viticulteurs à évaluer l'opportunité d'une intervention (modèles bioclimatiques de prévision des risques, données issues de réseaux d'observation,...), la variabilité interannuelle du nombre d'applications est plus faible que la variabilité observée entre les exploitations. Cet élément permet de penser que les pratiques restent basées sur des traitements relativement systématiques, l'aversion au risque des producteurs et les contraintes d'organisation du travail agissant fortement sur les pratiques de protection.

¹ Enquête pratiques culturales SCEES, 2007.

De nombreuses démarches ont été engagées pour améliorer les performances environnementales du secteur, tant d'ailleurs pour réduire les effets nocifs sur l'environnement que pour des raisons commerciales ayant trait à l'image du produit aux yeux des consommateurs. Certaines relèvent des pouvoirs publics qui interviennent à travers le renforcement de la réglementation. Leur intervention s'effectue par le resserrement des contraintes de production ou la mise en place de mécanismes d'incitation. D'autres démarches, mises en place à l'initiative d'opérateurs privés, visent, par l'application de cahiers des charges plus exigeants, à valoriser une signature ou une marque. Il s'agit, selon les cas, de viticulteurs, de coopératives, de négociants ou de distributeurs, qui agissent alors dans le cadre de stratégies de différenciation visant des cibles particulières de consommateurs. Malgré les efforts réalisés à ces différents niveaux, l'adaptation des pratiques reste cependant insuffisante et les démarches préconisées par la recherche et les instituts techniques restent d'une extension modérée, alors même que l'opinion publique commence à être alertée par des campagnes de presse de plus en plus précises.

Le problème posé est complexe et révélateur des questions soulevées en matière de développement durable : d'un côté, le relèvement du niveau d'exigence par les pouvoirs publics ou des opérateurs privés peut améliorer les performances environnementales du secteur ; d'un autre côté, il peut induire des surcoûts susceptibles de réduire les gains de certaines catégories d'acteurs, et entraîner, à la fois, un renchérissement des produits et une exclusion du marché d'une partie des producteurs, déjà en difficulté dans le contexte de crise actuelle du secteur viticole. Dans ce contexte, trois questions nous semblent devoir être examinées pour identifier et évaluer les marges de manœuvre pour améliorer les performances environnementales des exploitations viticoles :

- Peut-on concevoir des stratégies de traitement susceptibles de réduire de façon significative les quantités de pesticides utilisés en viticulture, et cela de façon compatible avec les objectifs de production privilégiés de façon générale dans le secteur des vins d'AOC ?
- Dans quelle mesure l'adoption de telles pratiques plus respectueuses de l'environnement peut-elle modifier les équilibres technico-économiques au sein de l'exploitation, tant au niveau des coûts de production que du point de vue du niveau des risques économiques auxquels le viticulteur doit faire face ?
- Quels leviers d'action faut-il privilégier pour inciter à l'adoption de ces pratiques et quelle doit être la part d'intervention qui doit relever des pouvoirs publics et celle qui peut relever des stratégies des opérateurs privés ?

Les travaux conduits dans le cadre du projet ANR-ADD « Vin et environnement », avaient pour objectif de contribuer à répondre à ces questions. En nous appuyant sur les résultats obtenus dans ce projet², nous discutons ces questions dans les 3 sections de ce document. En conclusion, nous résumons les principaux résultats du projet et les situons dans un débat plus large sur l'adaptation de la segmentation du marché au regard de l'enjeu environnemental.

1. Quelles voies nouvelles pour raisonner les interventions techniques dans la conduite de la culture ?

D'une façon générale, les recherches actuelles visant à une réduction des pesticides utilisés en viticulture explorent 4 grandes voies d'action :

- le renforcement des défenses naturelles de la vigne par l'application de produits éliciteurs ;
- les solutions génétiques visant à la création de variétés plus résistantes ;
- l'innovation technologique au niveau des matériels de pulvérisation afin de mieux moduler les quantités appliquées selon les caractéristiques du couvert végétal ;
- la mise au point de nouvelles stratégies de traitement, s'appuyant sur des raisonnements innovants en matière de couverture des risques.

C'est cette dernière voie qui nous a intéressés dans ce projet. En effet, face aux stratégies de protection courantes, qui minimisent les risques par une application régulière de fongicides, on ne dispose pas

² Le détail des travaux correspondants, les bibliographies utilisées et les références des productions du projet (articles, documents de travail, communications...) sont donnés dans le document annexe.

aujourd'hui d'alternatives susceptibles d'apporter une bonne maîtrise des risques tout en réduisant significativement la charge d'intrants. Il nous paraissait donc utile d'évaluer l'intérêt de modèles de décision répondant à un tel objectif.

1.1. Conception et expérimentation du POD Mildium

Parmi le cortège des bio-agresseurs de la vigne, le mildiou (*Plasmopara viticola*) et l'oïdium (*Erysiphe necator*) sont les deux agents pathogènes engendrant le plus grand nombre de traitements en pesticides (environ 70% en moyenne). Plusieurs éléments expliquent cet état de fait : (i) les épidémies présentent un caractère fortement polycyclique et sont susceptibles d'engendrer les dégâts quantitatifs et qualitatifs très importants, (ii) le rendement est le plus souvent limité par la réglementation (AOC particulièrement) et l'objectif est donc de préserver un rendement contraint par des opérations culturales plutôt qu'une maximisation de ce rendement.

La démarche privilégiée ici est celle proposée par l'Unité INRA de Santé Végétale (Bordeaux). Elle est le fruit d'un travail initié dès 2001 dans le cadre de l'action intersectorielle INRA Protection Intégrée des Cultures et visant à élaborer puis valider de nouvelles règles de décision en protection de la vigne pour réduire les applications fongicides. Le nouvel outil proposé et expérimenté présente l'originalité de coupler le raisonnement des traitements contre les deux pathogènes majeurs de la vigne, le mildiou et l'oïdium, dans un même processus opérationnel de décision³. Il a donné lieu à un travail de validation et d'affinement par une mise à l'épreuve sur les domaines expérimentaux de l'INRA de Bordeaux en 2005 et 2006, puis en situations réelles d'exploitations en 2007, 2008 et 2009. Sa formalisation a été conduite en collaboration étroite avec l'équipe ITAP du CEMAGREF, responsable des choix méthodologiques en matière de modélisation.

La démarche choisie pour l'élaboration de cette procédure est inspirée du prototypage de systèmes de culture (Vereijken, 1997). Nous distinguons 4 étapes :

- la définition des objectifs assignés à la procédure et du cadre de contraintes dans lequel elle s'inscrit,
- la conception d'une procédure théorique par un groupe restreint d'experts en protection du vignoble,
- la formalisation de ce processus théorique,
- l'évaluation expérimentale au vignoble de ses performances, celle-ci devant permettre par itérations successives d'améliorer la robustesse de la procédure, sans remettre en cause le concept théorique.

(i) Objectifs

Les stratégies de traitement expérimentées visent à adapter le nombre et le positionnement des traitements aux épidémies observées à l'échelle parcellaire. Pour atteindre un nombre réduit de traitements, les objectifs privilégiés sont de :

- chercher à éviter toute perte de récolte et non l'absence de tout symptôme des maladies,
- chercher à maîtriser les épidémies « faibles » par un nombre restreint de traitements obligatoires et à identifier les épidémies « sévères » afin d'appliquer des traitements supplémentaires,
- coupler les stratégies de traitement du Mildiou et de l'Oïdium afin de limiter le nombre d'observations nécessaires aux prises de décisions. Les observations réalisées sont peu nombreuses mais nécessitent une précision supérieure.

Pour rendre la procédure de décision la plus opérationnelle possible, des contraintes liées à la mise en œuvre par les opérateurs ont été intégrées. Les pratiques actuelles reposent sur de nombreuses observations, coûteuses, mais dont l'objectif reste limité à l'évaluation des résultats de la protection.

³ Cette terminologie a été proposée à l'occasion de ce travail et de la thèse de B. Léger, et correspond en anglais à « décision workflow ». Elle met l'accent sur le côté temporel (associé à la notion de processus) de la décision.

Dans le cas du mildiou et de l'oïdium, très peu d'observations débouchent sur des décisions sauf pour la gestion des situations de crise. La stratégie est de réaliser un nombre restreint d'observations précises, positionnées à des stades clé du développement des maladies et dont les résultats sont intégrés à la procédure de décision. Lorsqu'elles sont nécessaires, les applications contre le mildiou et l'oïdium doivent être couplées au maximum afin de réduire le nombre de passages. Ainsi à chaque étape de la décision, une priorité est donnée à l'un des deux agents pathogènes et la protection contre l'autre est facultative selon le risque parcellaire évalué.

(ii) Procédure théorique

La procédure fournit une description détaillée de la séquence des décisions de traitement contre le mildiou et l'oïdium, tout au long de la saison végétative. Elle a été dénommée POD MILDIMUM (Processus Opérationnel de Décision – Mildium étant la contraction de Mildiou et Oïdium). Le concept général de Mildium est basé sur la notion de traitements obligatoires, c'est-à-dire réalisés quelles que soient les conditions, et de traitements optionnels réalisés en fonction du développement réel ou prévu des épidémies. L'objectif n'est donc pas simplement de limiter le nombre de traitements mais de rechercher un compromis entre réduction globale de la quantité d'intrants et sécurité des performances. Pour cela, Mildium décompose la saison végétative en 7 étapes de décision où l'on combine des indicateurs de risques à deux échelles spatiales (micro-régionale et parcellaire) pour stipuler les décisions d'application de fongicides anti-mildiou et anti-oïdium.

Le nombre de traitements « obligatoires » est restreint à 4 : 2 pour le mildiou et 2 pour l'oïdium. Ils ont pour objectif la maîtrise des épidémies « faibles », c'est-à-dire difficilement détectables par des observations mais qui peuvent néanmoins engendrer des dégâts significatifs sur la récolte. Par ailleurs, ils sont appliqués à des stades précis de la culture pour lesquels les conséquences d'une mauvaise estimation des risques seraient les plus dommageables pour la quantité ou la qualité de la récolte. Les traitements optionnels sont au nombre de 8 : 5 pour le mildiou et 3 pour l'oïdium. Ils sont appliqués en fonction de l'état de différents indicateurs et ont pour objectif de maîtriser les épidémies sévères, c'est-à-dire à fort potentiel de destruction.

Les principaux indicateurs utilisés sont basés sur l'observation à la parcelle des symptômes sur les feuilles ou sur les grappes. Le niveau de maladie affecté à la parcelle est une variable discrète à 2 ou 3 niveaux selon le bio-agresseur et la date d'observation. Les valeurs seuils de ces différents niveaux évoluent en fonction du stade de développement de la vigne, ce qui permet d'actualiser la prise en compte du risque en fonction des conséquences de la maladie sur le développement de la vigne et les pertes de récolte potentielles. Pour le mildiou, deux indicateurs complémentaires sont également pris en compte : d'une part, le risque de développement de la maladie sur une échelle géographique plus large que la parcelle (en s'appuyant sur les réseaux d'observations et des modèles climatiques de risque disponibles pour les viticulteurs), d'autre part, les événements pluvieux annoncés.

(iii) La modélisation du POD mildium

La modélisation, c'est-à-dire l'élaboration d'une expression mathématiquement rigoureuse, du POD a été une étape essentielle de gestion de connaissances pour cette recherche. Expérimenter dans de multiples lieux un processus de décision exige en effet précisément de rendre chaque étape de la décision intelligible sans ambiguïté par les expérimentateurs impliqués. Codifiée, chaque décision peut ainsi être enregistrée, comme on le fait pour toute donnée expérimentale.

Le POD est une méthode de contrôle de phénomènes qui évoluent dans le temps (croissance du végétal, évolution des maladies, climat). On peut représenter cet aspect temporel de la décision en référence à des événements passés ou prévus : pluies, changement de stade phénologique, dates d'observation, etc. Cette constatation a conduit à choisir un formalisme à base d'automates à événements pour la modélisation. Chaque étape du raisonnement est représentée par un état du système décisionnel. Ces états sont séparés par des transitions liées aux événements pertinents pour la

décision : réception des informations climatiques ou phénologiques, collecte des valeurs des indicateurs résultants des observations, échéance de fin de rémanence, etc.

Le modèle obtenu a été comparé par simulation avec les résultats des expérimentations. Notons qu'on ne simule pas la biologie de la parcelle de vigne, mais uniquement la décision sur la base des indicateurs et événements. Cette comparaison a permis de valider la qualité du modèle du POD, qui représente bien le comportement décisionnel souhaité par les concepteurs du POD. Elle permet aussi d'analyser la façon dont le POD est mis en œuvre en pratique. Ainsi, on a mis en évidence l'influence de l'organisation du travail sur les dates d'observations et de décision. D'autre part, le modèle a servi de référence pour l'établissement du cahier de protocole expérimental 2008. Le cheminement de la décision et les conditions de déclenchement d'une étape sont ainsi très précisément stipulés. Grâce à cela, l'analyse critique des décisions préconisées par le POD dans les différentes situations expérimentales rencontrées devrait fournir le matériau pour des adaptations et des évolutions du POD.

(iv) Expérimentation

L'échelle choisie pour l'évaluation expérimentale est la parcelle viticole. Cette échelle présente l'avantage de confronter une mise à l'épreuve au vignoble de Mildium dans des conditions proches de la pratique (développement des épidémies, application des traitements) mais, compte tenu de sa taille, ne permet pas la mise en place d'un dispositif randomisé dans chaque site. Mildium a ainsi été appliqué sur des parcelles homogènes, en production, d'une superficie variant de 0.25 à 1 ha. Les observations de terrain nécessaires aux prises de décisions ont été réalisées sur une zone de 1000 cepes et un échantillonnage de 100 cepes par parcelle.

Les différents indicateurs (observations, prévisions météorologiques, niveau de risque régional mildiou) ont été collectés par les expérimentateurs qui ont déterminé les décisions de traitement résultant du fonctionnement du processus. Ces décisions ont ensuite été transmises aux viticulteurs. Le viticulteur a procédé à la mise en œuvre de l'application en ajustant la date d'intervention en fonction des contraintes d'exploitation (disponibilité humaine et matérielle, contraintes réglementaires). Le POD Mildium a été évalué depuis 2005. En 2005 et 2006, les expérimentations ont été conduites uniquement sur les domaines expérimentaux de l'INRA puis, à partir de 2007, le réseau a été progressivement élargi grâce à la participation d'organismes de développement, de viticulteurs privés et de lycées agricoles.

1.2. Résultats

D'un point de vue agronomique, les expérimentations conduites depuis 2005 montrent la pertinence de la démarche et les bons résultats au stade expérimental de la procédure POD Mildium. En effet, la plupart des parcelles n'ont pas eu, suite à l'application du POD, de dommages préjudiciables à la qualité et quantité de la vendange, y compris dans certains cas de pressions parasitaires élevées, avec un nombre de traitements toujours inférieur aux pratiques habituelles. Néanmoins, les enseignements des années 2007 et 2008 amènent à soulever les points suivants:

- L'application du POD Mildium entraîne fréquemment des symptômes de maladies sur feuilles et/ou grappes (invasion du feuillage par l'oïdium en fin de saison par exemple). Ainsi, malgré une production conforme aux objectifs, les résultats ne sont pas toujours jugés visuellement satisfaisants par les viticulteurs.

- Dans le cas d'évènements impactant la quantité ou la qualité de la récolte (gel, coulure, maladie du bois,...), des dégâts même mineurs dus au mildiou ou à l'oïdium peuvent avoir un impact significatif.

- Les années 2007 et 2008, au cours desquelles la pression mildiou a été très forte sur certaines parcelles, ont permis d'identifier un point faible dans la procédure pour la gestion du début de saison. En effet, si un fort risque mildiou est avéré de façon très précoce dans un secteur, et que les ressources humaines sont limitées, il pourrait être envisagé de réaliser un premier traitement mildiou avant une observation de la parcelle et préventivement à une pluie contaminante. Cependant, dans une année ordinaire, il convient de mettre la priorité à l'observation des parcelles afin de réduire les traitements.

La validation du POD Mildium doit être poursuivie à plus large échelle dans un maximum de situations agroclimatiques afin d'évaluer la variabilité de ses performances agronomiques et de pouvoir identifier les adaptations nécessaires aux contextes locaux (cépages, climats) ou aux objectifs spécifiques (type de vins, niveau de qualité,...). Ce travail est réalisé à partir de 2009 dans le cadre d'un projet financé par le Ministère de l'Agriculture (Appel d'offre A2PV – projet SyDÉRÉT) et regroupant les équipes de recherche du projet ADD Vin et des organismes de développement (Institut Français du Vin, Chambres d'Agriculture). L'intégration de ces organismes de développement dès la phase expérimentale doit faciliter le transfert vers les utilisateurs finaux.

2. Quels sont les risques techniques et économiques associés à de nouvelles stratégies de traitement phytosanitaire ?

L'expérimentation du POD Mildium sur un nombre croissant d'exploitations tout au long du projet, ainsi que les résultats obtenus sur les parcelles suivies, confirment sa crédibilité comme stratégie alternative visant à réduire le nombre de traitements pesticides. L'évaluation économique de cette stratégie suppose néanmoins de cerner, d'une part les éventuels surcoûts associés à sa mise en œuvre, d'autre part, les niveaux des risques induits par une possible variabilité accrue des performances selon les années. Sur ces deux axes, il nous fallait proposer des avancées méthodologiques avant de discuter plus précisément des impacts de la stratégie Mildium.

2.1. Evaluation des coûts associés à des stratégies de traitement alternatives

Les résistances exprimées par les chefs d'exploitations viticoles vis-à-vis de modes de protection du vignoble plus respectueux de l'environnement semblent liées à une idée de surcoût généralement associée à l'adoption de ce type de pratiques. Les travaux conduits sur ce thème sont cependant peu nombreux, alors que la proposition de nouvelles pratiques à mettre en œuvre, telles que le POD Mildium, devrait s'accompagner de méthodes de gestion capables d'en apprécier l'opportunité économique.

Les résultats obtenus dans ce projet permettent de combler, au moins partiellement, cette insuffisance de méthodes et de données. Le travail conduit au cours des trois années du programme ADD « Vin et environnement » a ainsi consisté (a) à proposer une méthode de calcul du coût des stratégies phytosanitaires, (b) à appliquer cette méthode sur le terrain afin d'évaluer l'impact du POD Mildium sur les coûts de production des différentes exploitations du réseau d'expérimentation et enfin (c) à opérationnaliser la méthode en l'intégrant dans un logiciel de comptabilité pour l'automatisation du calcul du coût de différentes stratégies phytosanitaires.

2.1.1. Méthodologie de calcul des coûts

Dans une première étape, une méthode de calcul des coûts, inspirée de la méthode de comptabilité analytique ABC, a été mise au point pour calculer le coût des stratégies phytosanitaires des exploitations. Le travail a ensuite porté sur le test et la validation de l'opérationnalité de la « méthode des coûts par opération » pour calculer les coûts de la stratégie phytosanitaire « classique » des viticulteurs du réseau d'expérimentation (2006). Afin d'identifier la stratégie phytosanitaire mise en place, un guide de recueil des informations techniques et économiques a été mis au point en collaboration avec les différentes équipes et distribué aux viticulteurs. Ce guide a été utilisé par chaque exploitant quotidiennement pour enregistrer ses pratiques techniques ainsi que ses temps de travaux, ces derniers étant le point critique dans l'obtention de données nécessaires au calcul du coût des opérations de traitement phytosanitaire. Pour faciliter l'enregistrement des données et le traitement des résultats, une base de données a également été mise en place avec un outil web permettant de réaliser la saisie sur Internet et d'éditer les résultats. Pour chaque exploitation, le coût complet de l'itinéraire technique a été calculé avec un focus sur le coût des opérations phytosanitaires mises en œuvre sur l'exploitation.

Au cours des campagnes 2007 et 2008, le POD Mildium a été testé sur une parcelle de chaque exploitation. Les différents itinéraires de protection réalisés dans les exploitations ont été identifiés. Grâce à la méthode des coûts par opérations, nous avons donc pu calculer (i) le coût de la stratégie phytosanitaire mise en œuvre par le viticulteur (€/ha), (ii) le coût de la stratégie Mildium orchestrée par l'UMR SV dont toutes les informations (temps de travaux, produits, doses, matériels utilisés) ont été enregistrées à part sur chaque exploitation (ramené en €/ha). Le coût de chaque stratégie a été calculé par rapport aux facteurs de production mis en jeu. Le matériel n'a pas été considéré puisque l'expérimentation a été réalisée avec le matériel de l'exploitation. Une comparaison par différentiel de coût et une analyse des écarts ont été effectuées entre la stratégie dite « classique », mise en œuvre par le viticulteur sur la majeure partie de l'exploitation, et la stratégie Mildium, toutes choses égales par ailleurs dans la mesure où le reste de l'itinéraire technique et des facteurs de production est resté inchangé. Les facteurs de variabilité des coûts réels de protection du vignoble selon les exploitations ont ensuite été examinés. Plusieurs variables peuvent expliquer les différences dans le niveau de coût des différents traitements phytosanitaires sur une même exploitation : le nombre de traitements, le type et le prix des produits utilisés, le stade de croissance de la vigne au moment du traitement et donc la quantité de produit utilisée, les réductions de dose éventuelles en dehors des ajustements au stade de croissance de la vigne.

2.1.2. Résultats

Concernant la constitution des coûts de protection du vignoble (2006), on constate d'une façon générale que la plus grosse partie du coût des traitements phytosanitaires (plus de 50%) est liée au matériel, les produits ne représentant qu'1/5^e du coût en moyenne (40% maximum) selon les produits utilisés et le stade de développement de la vigne. Cela montre donc que les réductions de doses auront certainement peu d'impact sur les coûts des traitements. Il est également possible d'observer que selon le produit choisi, pour une même maladie ciblée et un même stade végétatif de traitement, le coût du traitement peut être multiplié par 3 à cause du prix du produit. Toutefois, l'alternance des matières actives reste à la base du raisonnement d'une campagne et on ne peut pas se baser uniquement sur le prix des produits pour les choisir.

Concernant plus précisément le POD Mildium (2007-2008), il ressort qu'il permet d'économiser l'application de produits phytosanitaires et de main d'œuvre grâce à un nombre inférieur de passages dans les parcelles⁴. On observe dans un premier temps que l'application du POD Mildium permet d'envisager une réduction des coûts, en ce sens qu'il permet d'économiser l'application de produits phytosanitaires et de main d'œuvre grâce à un nombre inférieur de passages pour appliquer les traitements. On observe, sur une année comme 2007 caractérisée par une forte présence de mildiou sur feuilles et sur grappes, une diminution des coûts des traitements sur les parcelles pilotées avec le POD Mildium. Les résultats obtenus ont été très variables en fonction :

- des pratiques de départ (plus le nombre de traitements est élevé dans la stratégie « classique » de l'exploitation, plus l'économie potentielle peut être importante) et donc de la région/appellation concernée ;
- des types de produits utilisés (les produits préconisés lors de la mise en œuvre du POD Mildium ne sont pas forcément les mêmes que ceux utilisés dans la stratégie classique de l'exploitation) ;
- des doses utilisées sur l'exploitation (traitements à dose réduite) par rapport au POD Mildium (pleine dose) ;
- de la capacité de négociation des exploitants concernant le prix obtenu pour les produits.

Les effets positifs du POD Mildium sur les coûts de production des exploitations sont cependant à interpréter en tenant compte de plusieurs facteurs pouvant conduire à nuancer ces résultats. Tout d'abord, le passage de la parcelle à l'exploitation peut entraîner des modifications, notamment en termes d'organisation du travail et des trajets entre les différents îlots ou parcelles, susceptibles de

⁴ Il est à noter qu'une étude informatique théorique de l'optimisation de trajets est conduite dans la thèse en cours de F Hernandez. Les contraintes sur les dates de traitement résultent d'un raisonnement de type Mildium pour chaque parcelle ou groupe de parcelles.

conduire à une variation des économies potentiellement réalisables grâce au POD Mildium. Par ailleurs, le matériel, utilisé à l'identique, est lui aussi susceptible d'évoluer avec la mise en œuvre d'une nouvelle stratégie de protection phytosanitaire sur l'ensemble du vignoble d'une exploitation. Enfin, les observations, jusqu'ici réalisées par les expérimentateurs, constituent le véritable enjeu de l'application du POD Mildium à l'échelle de l'exploitation et de sa diffusion à large échelle dans les différents vignobles français. Elles peuvent en effet engendrer des coûts supplémentaires ou en tous cas venir en concurrence avec d'autres opérations de l'itinéraire technique. Plusieurs éléments sont alors à prendre en considération pour évaluer leur impact économique, en particulier la forme sous laquelle elles seront réalisées et surtout l'opérateur qui en sera chargé (viticulteur lui-même ou un employé, observations réalisées par la Chambre d'agriculture (ou un autre organisme de développement) et facturées comme une prestation, observations réalisées par des conseillers privés, sous-traitance des traitements et des observations).

Sur ce plan, la recherche de modalités d'observations efficaces, par exemple à partir de la définition d'îlots de parcelles homogènes et de l'identification des acteurs pertinents, peut être une voie intéressante afin que les observations ne portent pas sur toutes les parcelles de l'exploitation. La détermination de la taille des îlots tant aux plans technique qu'économique est donc une perspective de travail pour l'expérimentation et l'application du POD Mildium à l'échelle de l'exploitation. Ce travail sera également réalisé à partir de 2009 dans le cadre du projet A2PV – projet SyDÉRÉ.T.

2.2. Evaluation des risques technico-économiques associés à une réduction de l'usage des pesticides

Pour construire des stratégies alternatives de traitement, le passage par des phases d'expérimentation est incontournable. Cependant, l'expérimentation butte sur des limites dès lors que l'on veut appréhender les risques associés à ces nouvelles stratégies. Il faut en effet pouvoir tendre vers des analyses fréquentielles et estimer des distributions de performances (quantité, qualité, économiques) selon les conditions de l'année et sous l'effet de stratégies de conduite déterminées. Le recours à la modélisation et à la simulation s'avère ici un support important, à la fois pour formaliser les stratégies à évaluer et pour en mesurer les impacts technico-économiques sur l'exploitation.

Sur ce plan, on butte cependant sur de réelles difficultés : d'une part, un manque de connaissances sur la dynamique des épidémies, d'autre part, la nécessité d'intégrer des connaissances relevant de champs disciplinaires variés (dynamique des maladies, conduite agronomique de la vigne, évaluation des dommages en quantité et en qualité du raisin et du vin...). En outre, il faut pouvoir relier les dimensions techniques et économiques, dans la mesure où l'adoption de nouvelles stratégies de traitement peut modifier les équilibres coûts/gains/risques au sein de l'exploitation.

Malgré ces difficultés, avancer dans le sens d'une modélisation articulant variables biotechniques et variables économiques nous paraissait important, d'une part, afin de mieux identifier quelles sont précisément les connaissances limitantes, d'autre part, pour préparer les cadres nécessaires à l'intégration des différents domaines de connaissance à mobiliser, enfin pour faire des premières évaluations permettant de situer, même de façon grossière, les ordres de grandeur des mécanismes en jeu.

La complexité du sujet, et l'état des connaissances disponibles à ce jour, nous ont conduits à privilégier, à ce stade, une modélisation qui se situe au niveau de la parcelle, mais qui tente de mettre en relation, de façon formalisée, des dimensions agronomiques, phytopathologiques et économiques.

2.2.1. Un modèle bioéconomique pour l'analyse des risques

Le modèle bioéconomique élaboré dans le cadre du projet est conçu pour évaluer à l'échelle d'une parcelle, et sur un ensemble de scénarios climatiques, les dégâts occasionnés sur la surface foliaire par les agents pathogènes, les dommages en quantité et en qualité sur la récolte et leurs conséquences économiques, en envisageant et comparant différentes stratégies de traitement.

Plus précisément, on modélise d'abord le développement et les dégâts d'une population d'agents pathogènes sur la surface foliaire de la parcelle. A partir d'une contamination initiale de la surface foliaire, cette surface contaminée devient elle-même contaminante (sporulation) après une phase de latence puis inactive au bout d'un certain temps. A chaque instant la surface foliaire totale de la vigne est décomposée en quatre compartiments disjoints : surface déjà contaminée, surface résistante (résistance ontogénique), surface protégée par les traitements et surface sensible, susceptible de nouvelles contaminations. Un traitement protège, selon son efficacité, une partie de la surface foliaire sensible et ce pendant sa durée d'action. Tant que le végétal continue sa pousse, de nouvelles surfaces sensibles apparaissent qui peuvent être infectées par les surfaces contaminantes. Ensuite, des fonctions statiques non linéaires estiment selon la sévérité de l'infection foliaire les dommages quantitatifs et qualitatifs sur la récolte.

Les données agronomiques sont issues du modèle STICS-Vigne qui fournit la croissance de la surface foliaire de la vigne ainsi que celle du rendement potentiel (sans maladie) pour chaque millésime et les dates d'occurrence des stades phénologiques clefs. Le modèle bio économique évalue alors les dégâts foliaires et les dommages sur la récolte liés à la présence du pathogène selon différentes stratégies de traitement. Mais il n'y a pas de rétroaction, durant la campagne viticole, entre l'évaluation de ces dégâts et de ces dommages avec le fonctionnement du modèle STICS-Vigne. Aucune compensation n'est donc envisagée.

Sur cette base, on cherche à comparer les effets de diverses stratégies de traitement dans des scénarios climatiques variés pour un grand nombre d'années, ce qui permet d'obtenir, par simulation, une évaluation fréquentielle des résultats et une analyse des risques induits. Dans ce type de modélisation, on ne cherche pas un réalisme biologique complet et la pertinence du modèle est appréciée par sa capacité à représenter des scénarios épidémiques reconnaissables par les experts.

En l'état actuel, plusieurs stratégies de traitement ont été comparées, depuis celles reposant sur des traitements systématiques tous les 14 jours jusqu'à des stratégies dans lesquelles les traitements sont conditionnés par le niveau des épidémies ou les conditions climatiques. Les stratégies « systématiques » consistent, à partir d'un stade phénologique de la vigne pour le démarrage des traitements, à effectuer des traitements à fréquence fixe jusqu'à un stade phénologique de la vigne pour la fin des traitements.

La stratégie Mildium, quant à elle, est simulée de façon simplifiée. Nous avons représenté ses différentes étapes d'observations et de décision en intégrant une durée minimale entre deux traitements. La difficulté majeure est que le « POD Midium » utilise des seuils de fréquence de dégâts foliaires par cep, voire des seuils de fréquence de dommages sur la récolte par cep pour l'oïdium, alors que le modèle bio économique n'évalue que des indicateurs de sévérité. La représentation du « POD Mildium » dans notre modèle nécessite donc de caler des seuils de sévérité (dégâts foliaires, voire dommages récolte), seuls indicateurs modélisés avec les seuils de fréquence par cep utilisés dans le POD. Ceci nécessite d'évaluer les liens entre incidence/cep, incidence/organe (feuilles ou raisins), sévérité/organe. L'autre point qui pose problème est que dans le POD Midium les décisions de traitement sont prises conjointement pour le mildiou et l'oïdium. Pour le moment, le modèle bio économique gère séparément les deux pathogènes. Une version du modèle gérant conjointement les deux pathogènes est en cours de réalisation.

Compte tenu des deux années successives (2007, 2008) de fortes pressions du mildiou sur les vignobles français, nous avons choisi de porter nos efforts, dans un premier temps, sur ce pathogène. La pauvreté des références bibliographiques pour informer les valeurs des paramètres phytopathologiques nécessaires à notre modèle pour le mildiou, nous a amenés à tenter de les évaluer à partir de résultats obtenus par des suivis de parcelles non traitées. L'Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV), en lien avec d'autres organismes de développement, a établi un réseau de parcelles non traitées sur lesquelles ils mesurent depuis plusieurs années, pour divers pathogènes (dont le mildiou et

l'oïdium), l'évolution des fréquences et des sévérités des contaminations (foliaires et raisin). Ces données ont permis de calibrer le modèle pour un petit nombre de situations.

Ce modèle est implémenté sous la plateforme de développement Scilab 4.1.2 et Scicos (© INRIA, ENPC) : Scicos pour la représentation du modèle complet ; Scilab pour l'interface de gestion des simulations. Les fichiers input et output sont gérés sous Excel (© Microsoft) notamment pour les différentes récapitulations et représentations graphiques.

2.2.2. Premiers résultats de simulations

Les résultats des simulations doivent être encore affinés et validés sur d'autres situations, mais ils montrent que l'on peut relativement bien estimer la dynamique de la maladie, et ce, d'autant plus que la marge d'incertitude que nous avons introduite (+/- 10%) reste faible vis-à-vis du système de notation dont les experts savent qu'il induit un effet « observateur » important. Toutefois les effets des fortes températures sur la latence doivent être revus, de même qu'il serait utile de préciser la courbe de sensibilité des raisins au pathogène. D'autre part, la même démarche reste à conduire pour l'oïdium, pathogène pour lequel les références bibliographiques sont plus nombreuses. Le calibrage pour l'oïdium devrait être moins complexe dans la mesure où, contrairement au mildiou, le mécanisme de contamination de l'oïdium est *a priori* « continu ». Ce qui en contrepartie implique que, contrairement au mildiou, une épidémie due à l'oïdium ne peut pas s'éteindre en cas de « conditions climatiques défavorables » et que les traitements sont là pour réduire « régulièrement » ses impacts.

A ce stade, les simulations confortent les résultats expérimentaux obtenus avec la stratégie Mildium et présentés plus haut. Elles tendent en effet à montrer (1) qu'il existe une plage de réduction de la couverture en pesticides et (2) que cette réduction peut être envisageable sans nécessairement induire un accroissement trop important des risques. La quantification précise de la plage de réduction admissible reste à faire, mais il est probable que si l'on accepte un niveau raisonnable de symptômes foliaires (comme dans la stratégie Mildium), les impacts quantitatifs/qualitatifs ne sont pas forcément trop importants. On ne peut cependant garantir à ce stade par les simulations un effet nul sur la variabilité des performances selon les années, dans la mesure où la capacité à obtenir le rendement d'appellation dépend fortement de la prévision du rendement potentiel par STICS qui semble surestimée certains années.

Par contre, une réduction plus forte du nombre de traitements ne peut probablement pas être envisagée sans une révision plus radicale des schémas de traitement (*via* la génétique ou l'innovation en matériel) sous peine de se traduire par des niveaux de risques incompatibles avec la pérennité des exploitations. En relation avec la notion d'IFT (Indice de Fréquence de Traitement), il est à noter que la question complémentaire de la réduction de dose n'a pas été abordée dans ce projet, ni en modélisation bio-économique, ni dans la conception du POD Mildium.

3. Quels leviers d'action pour inciter à l'adoption de nouvelles stratégies de traitement ?

Les travaux précédents tendent à montrer qu'il existe des marges de manœuvre pour réduire des quantités de pesticides utilisés en viticulture sans induire nécessairement un accroissement notable des risques ou une augmentation des coûts de production. Il n'en reste pas moins que les marges de manœuvre sont étroites. En témoignent les ajustements qui sont apparus nécessaires lors de la campagne 2008 sur la procédure Mildium. De même les simulations réalisées avec le modèle bioéconomique, calibrées sur un site particulier et qui de ce fait sont à considérer avec précaution, indiquent un possible accroissement de la variabilité des résultats obtenus par rapport à la stratégie de couverture maximale des risques, en particulier si les données de rendements issues de STICS sont un peu trop optimistes. Si l'on rajoute à cela la question des schémas d'organisation à faire évoluer dès lors que l'on raisonne l'adoption de ces pratiques au niveau de l'exploitation ou encore l'implication de sous-traitants pour l'observation des contaminations dans les parcelles, il paraît assez probable que les changements de pratiques imposeront des efforts significatifs au niveau des exploitations.

L'extension de telles démarches paraît de ce fait peu envisageable à grande échelle sans l'instauration de mécanismes incitant à leur adoption.

En matière de régulation environnementale, le mécanisme généralement proposé pour pousser les agents à adopter des pratiques moins consommatrices en pesticides est celui de la taxation des intrants. Dans le cas précis des vins d'AOC, ce mécanisme ne semble portant pas être en mesure d'induire les bonnes incitations pour une adaptation significative des pratiques. Deux arguments peuvent être ici mis en avant :

- Compte-tenu du faible coût actuel des pesticides et de leur contribution restreinte aux coûts totaux, il faudrait appliquer des niveaux de taxation très élevés et donc peu réalistes.

- Par ailleurs, dans un contexte de contrainte de rendement (comme c'est le cas dans les AOC), fondé sur le postulat d'une relation inverse entre qualité/quantité, on peut montrer que la taxation n'a pas les bonnes propriétés économiques permettant de réduire significativement les intrants utilisés. C'est ce que montre un travail théorique conduit dans le cadre de ce projet.

Dès lors que la taxation n'est pas envisageable pour induire les bonnes incitations au changement de pratiques, deux voies doivent être examinées : (i) l'imposition d'une contrainte d'accès au marché qui peut être mise en place par les pouvoirs publics ou les opérateurs de la filière, (ii) la valorisation des efforts réalisés par un différentiel de prix sur le marché final. C'est cette seconde voie que l'on discute dans cette section.

3.1. Engagements environnementaux et demande des opérateurs en aval de la filière

Si l'on s'intéresse à ce stade à la question des engagements volontaires mis en œuvre par les opérateurs des filières vin, on peut distinguer plusieurs signes de qualité environnementale différents. Tout d'abord, la viticulture biologique ou en biodynamie est le fait d'une fraction de viticulteurs de l'ordre de 5%. Positionnés sur des niveaux d'exigence moins contraignants, on peut identifier également 3 types de signaux environnementaux, que l'on peut considérer comme « intermédiaires » entre les produits conventionnels et les produits biologiques.

Bénéficiant d'un décret depuis 2004, l'agriculture raisonnée est une certification officielle française. Elle se caractérise par « *des démarches globales de gestion d'exploitation qui visent, au-delà de la réglementation, à renforcer les impacts positifs des pratiques agricoles sur l'environnement et à en réduire les effets négatifs sans remettre en cause la rentabilité économique des exploitations* ». C'est à l'intérieur de ce cadre que la viticulture raisonnée trouve sa place. En fait en France, on peut identifier deux sources de viticulture se réclamant aujourd'hui raisonnée. D'abord, le mouvement initié par des viticulteurs du Beaujolais autour de Terra Vitis au début des années 90, qui a fait évoluer son référentiel pour le calquer sur celui de l'agriculture raisonnée. Ensuite, celui du réseau FARRE, initiateur de la notion d'agriculture raisonnée. Ces deux réseaux aujourd'hui sont identifiés à travers leurs logos. Leurs adhérents ne peuvent utiliser directement ces logos sur l'étiquette de leurs vins, mais ils peuvent inscrire sur les étiquettes la mention "...issu d'exploitation qualifiée au titre de l'agriculture raisonnée" après la désignation de l'ingrédient concerné.

Parfois confondue avec la viticulture raisonnée, la production intégrée en viticulture est plus ancienne, issue de l'Organisation internationale de lutte biologique (OILB) en 1993. Elle se définit comme une « *Production économiquement viable de raisins de haute qualité, donnant priorité à des méthodes écologiquement saines, minimisant les effets non intentionnels indésirables et l'utilisation de produits phytopharmaceutiques en vue de préserver l'environnement et la santé humaine.* ». En France, c'est l'Institut français de la vigne (IFV) qui promeut le plus ce type de viticulture. Deux référentiels décrivent les conditions de cette production intégrée (un pour le raisin, un pour la vinification). Une méthode d'autodiagnostic est également utilisée, mais aucun signe officiel ne caractérise ce mode de production.

Enfin, depuis plus de dix ans en France, la grande distribution (les hypermarchés, mais aussi leurs magasins filiales GMS) ont recours à des marques privées, dites marques de distributeurs, au sein

desquelles certaines enseignes ont développé une signalétique (sous marque, logo, communication) comportant une dimension environnementale.

Pour cerner la perception des acteurs des filières quant aux démarches environnementales, une enquête a été réalisée auprès de différents types d'opérateurs : producteurs, coopératives, négociants, cavistes, grande distribution, interprofession. Plusieurs points ressortent de ce travail :

- Pour les acteurs des filières, la préoccupation environnementale est une tendance de fond qui va s'amplifier et se développer.
- Il existe une certaine confusion sur le marché quant aux contenus réels des divers signes de qualité. La connotation « environnementale » n'est pas perçue clairement et, entre les notions de durabilité, de nature, de santé, l'amalgame est fréquent. En outre, la multiplication de signes est jugée finalement plus perturbatrice qu'utile.
- Le manque de lisibilité des vins « environnementaux » explique le manque de demande plus explicite des consommateurs. D'où une attente, relayée par pratiquement tous les opérateurs, de mettre en place un label clairement identifié sur ce côté environnemental.

Dans quelle mesure cependant un tel label environnemental pourrait-il répondre aux attentes des consommateurs et induire une disposition à payer plus élevée des produits répondant à des cahiers des charges plus contraignants ? La section suivante permet d'éclairer ce débat.

3.2. Disposition à payer des engagements environnementaux par les consommateurs

Les éventuels coûts de changement liés à l'adoption de pratiques moins consommatrices en intrants, voire une croissance des risques liée à une variabilité interannuelle accrue des performances, peuvent-ils être absorbés par le marché et une disposition à payer plus élevée de la part des consommateurs ? Sous quelles conditions, les messages véhiculés sur l'étiquette (labels, engagements environnementaux de viticulteurs ou de négociants, cahiers des charges de distributeurs...) peuvent-ils fonder de stratégies de différenciation affectant les décisions d'achat des consommateurs ?

De nombreux travaux d'économie se sont attachés à évaluer la valorisation de caractéristiques environnementales par les consommateurs. Plusieurs méthodologies ont été mobilisées dans ce sens dans le secteur du vin. D'une façon générale, les études menées ne mettent pas en évidence une valorisation par défaut des caractéristiques environnementales et montrent que l'utilisation de l'éco-certification n'engendre pas systématiquement la valorisation du produit.

Les travaux conduits dans ce projet se distinguent des études déjà menées par la comparaison de plusieurs types de démarches environnementales (certification, charte, engagement). Il s'agissait pour nous d'intégrer à une analyse de la consommation l'évaluation d'une stratégie environnementale, et d'évaluer la valorisation par les consommateurs des différentes stratégies privées qui peuvent être mises en place par les acteurs de la filière. Nous avons intégré également une évaluation de l'impact d'une politique de communication sur les enjeux environnementaux.

3.2.1. Une méthode d'évaluation par l'économie expérimentale

Sur le plan méthodologique, une démarche « d'économie expérimentale » a été privilégiée. Une telle démarche consiste à mettre en place des expérimentations dans lesquelles on cherche à reconstituer en laboratoire une situation économique dans laquelle les consommateurs ont à faire des choix. On contrôle ainsi l'ensemble des variables intervenant dans la situation économique définie. Chaque expérience repose sur un protocole spécifiant les règles relatives à un mécanisme d'enchère précis, et les sujets sont invités à agir dans ce cadre qui permet une révélation effective de leur disposition à payer. Sur la base de ce dispositif, on peut alors mesurer :

- l'arbitrage prix – qualité sensorielle – qualité environnementale fait par chaque consommateur,
- la perception de la dimension environnementale selon le type de message qui est donné à chaque consommateur, en particulier selon qu'il s'agit d'un message général ou d'un message porté sur l'étiquette,

- l'impact de chaque type de signal porté sur l'étiquette,
- l'impact du « porteur » du signal, selon qu'il s'agit d'un producteur, d'un négociant ou d'un distributeur.

Compte tenu des éléments de problématique déjà évoqués, 6 vins ont été retenus pour cette expérimentation : un vin AOC Bordeaux et un vin AOC Bordeaux Supérieur conventionnels, un vin AOC Bordeaux issu de l'Agriculture Biologique et trois vins AOC Bordeaux répondant à des cahiers des charges et des niveaux d'engagements « intermédiaires », portés respectivement par un viticulteur, un négociant et un distributeur.

3.2.2. Principaux résultats

On constate tout d'abord que les consommateurs ont une probabilité d'acheter significativement plus élevée lors de l'évaluation avec étiquette que lors de l'évaluation à l'aveugle (quelque soit le groupe). Si on interprète la situation à l'aveugle comme l'expression d'une "qualité perçue" et la situation visuelle (avec étiquette) comme l'expression d'une "qualité attendue", on peut faire l'hypothèse que les consommateurs ont une confiance plus marquée pour ce qu'ils croient que pour ce qu'ils perçoivent, puisque leur probabilité d'acheter est plus élevée quand ils voient l'étiquette sans goûter le vin que lorsqu'ils goûtent le vin sans voir l'étiquette..

Les décisions de consommation peuvent être envisagées comme un processus de choix en deux étapes. La première étape consiste à décider d'acheter ou non un produit. La seconde étape consiste à déterminer le montant du prix d'achat.

Concernant la probabilité d'achat, on remarque que l'impact des différentes caractéristiques varie selon le groupe (informé / non informé). Ainsi, dans le groupe n'ayant reçu aucune information préalable à l'évaluation, seul le vin Bordeaux Supérieur a été significativement plus rejeté que le Bordeaux conventionnel. En revanche, dans le groupe disposant d'une information sur l'impact de l'utilisation des pesticides, la probabilité d'acheter un vin de Bordeaux diminue significativement lorsque ce vin dispose d'un engagement Terra Vitis ou Agriculture Biologique. L'information affirmant que l'utilisation de pesticides en viticulture ne représente pas de risque sanitaire pour les consommateurs, a donc un impact sur la décision d'acheter ou non le produit.

Lorsqu'on s'intéresse maintenant aux caractéristiques influençant le montant que les consommateurs sont disposés à payer (consentements à payer), on constate là encore que la signalisation de la qualité « Agriculture Biologique » n'a pas le même impact selon le groupe. En effet, le groupe informé, qui a significativement plus rejeté le vin « Agriculture Biologique », l'a également plus valorisé lorsqu'il a accepté de l'acheter. Une interprétation plausible de cet effet est qu'une information sur l'impact environnemental de l'utilisation des pesticides provoque une augmentation de la valorisation de la caractéristique « Agriculture Biologique » mais réduit le nombre d'acheteurs potentiels. Cela impliquerait donc que la différenciation du produit « Agriculture Biologique » ait été accrue par une communication généraliste sur les modes de production en agriculture.

Une généralisation de ce résultat conduirait à penser que la segmentation « environnementale » du marché pourrait être renforcée par une clarification des enjeux santé/environnement. Cette idée doit être modulée par le fait que la charte de Négociant ressort comme significativement plus valorisée que le Bordeaux Conventionnel quel que soit le groupe. Quoiqu'il en soit, la caractéristique environnementale n'est pas valorisée par défaut et le porteur du signal a un impact sur la valorisation réalisée par le consommateur.

Au total, il ressort qu'une communication accrue sur l'enjeu « pesticides » en viticulture pourrait induire des effets paradoxaux. D'un côté, dès lors que l'on garantit aux consommateurs l'absence de résidus dans l'ensemble des vins mis en marché (sécurité sanitaire), l'absence supposée d'effets possibles sur leur santé conduit une fraction d'entre eux à se détourner plus fortement des vins revendiquant un cahier des charges environnemental plus exigeant. Pour ces consommateurs la

disponibilité à payer des engagements environnementaux reste faible. D'un autre côté, pour les consommateurs sensibles à l'enjeu environnemental, on induit une disposition à payer plus élevée (à condition que le vin soit accepté sur le plan sensoriel) mais elle s'applique prioritairement au produit biologique et en profite pas aux produits correspondant à des engagements intermédiaires.

4. Conclusion

Les travaux conduits dans ce projet doivent donner lieu à des approfondissements. Ceux-ci seront conduits dans le cadre d'un nouveau projet financé par le Ministère de l'Agriculture (Appel d'offre A2PV – projet SyDÉRÉT) auquel participent les mêmes équipes de recherche ainsi que plusieurs instituts techniques et de développement.

A ce stade, les principaux résultats obtenus dans ce projet peuvent être résumés de la façon suivante :

- Il existe des stratégies crédibles de traitement permettant de réduire sensiblement les quantités de pesticides utilisées en viticulture. En l'occurrence, la stratégie Mildium expérimentée dans un nombre croissant d'exploitations ouvre une voie d'innovation originale et pertinente pour faire face aux défis environnementaux en viticulture. Elle repose sur la recherche d'un compromis entre réduction du nombre de traitements et maintien des objectifs de production qui semble accessible dans bon nombre de situations. L'implication des instituts techniques et de développement dans les expérimentations conduites dans ce projet ainsi que dans le projet SyDÉRÉT en atteste.
- Il est probable que cette stratégie Mildium va se transformer au fur et à mesure de sa diffusion/appropriation par les acteurs concernés. La formalisation qui en a été faite dans le cours du projet donne cependant le cadre et les supports pour raisonner ces adaptations et spécialisations et garantir leur cohérence avec le cadre théorique initial.
- La stratégie Mildium ne paraît pas induire de coûts directs de production sensiblement plus élevés. Sa mise en œuvre à l'échelle de l'exploitation soulève cependant encore des questions ayant trait à l'organisation du travail et aux modalités des observations dans les parcelles qui restent à éclairer.
- Même si des solutions sont envisageables (comme l'externalisation des observations, par exemple) la modification des logiques de production est suffisamment importante pour induire des coûts de changement qui doivent être pris en compte dans la réflexion sur les modalités de son extension.
- En outre si, comme peuvent le faire penser nos simulations bioéconomiques dont les modèles sont exploratoires, la croissance des risques de production paraît très forte au-delà d'une réduction de l'ordre de 30% des quantités de pesticides utilisées aujourd'hui, on ne peut exclure que des diminutions à des taux inférieurs puissent générer une certaine variabilité interannuelle des niveaux quantitatifs et qualitatifs obtenus, et donc induire une relative augmentation des risques qui, même si elle reste modérée, pourrait freiner les engagements dans cette direction de la part des viticulteurs.
- Dans ces conditions, se pose la question de l'éventuelle contrepartie économique à ces efforts de changement ou à cette modification possible (même modérée) des niveaux de risques. De ce point de vue, le débat qui émerge est celui d'un éventuel label environnemental qui viendrait compléter et clarifier l'offre actuelle de signes de qualité et permettrait de rémunérer les efforts engagés au niveau des exploitations.
- Les travaux menés sur les consommateurs laissent penser que les contreparties à attendre sont faibles. Une explicitation des enjeux environnementaux liés à l'usage de pesticides en viticulture conduit plutôt à une « cristallisation » des consommateurs autour de deux types de réponse : les consommateurs vraiment sensibles à l'environnement basculent plutôt sur les vins biologiques, les autres, peu enclins à valoriser ces engagements sur des produits « intermédiaires », se reportent sur les produits conventionnels dès lors qu'ils sont assurés qu'il n'y a pas d'effets de santé.
- Ces résultats tendent à montrer que la segmentation du marché en 3 niveaux (conventionnel, engagements intermédiaires, biologique) est difficile à mettre en place. Ils poussent à inscrire la stratégie Mildium dans une perspective de remontée du standard de qualité minimum (celle des produits « conventionnels ») plutôt que comme support à des stratégies de différenciation positionnant les produits sur des segments intermédiaires à prix plus élevés et supportés par un signal de qualité spécifique.

La poursuite des collaborations pluridisciplinaires (entre phytopathologie, génie des procédés, agronomie, économie et gestion) initiées dans le cadre de ce projet ADD-ANR « Vin et environnement » devrait permettre de préciser les conditions de réussite de cet axe de développement.

Bibliographie

- Alcouffe S., Malleret V., 2002. Les fondements conceptuels de l'ABC « à la française », *Actes du 23^e Congrès de l'Association française de Comptabilité*, Toulouse, Mai 2002.
- Aubertot J.N., Barbier J.M., Carpentier A., Gril J.J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Savini I., Voltz M. (eds), 2005. *Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux*, Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et Cemagref (France), 64p.
- Bazoche P., Deola C., Soler L.G., 2008. Disposition à payer pour les caractéristiques environnementales : une étude expérimentale des consommateurs de vin, *25^{ème} journée de micro-économie appliquée*, St Denis de la Réunion.
- Becker, G., DeGroot, M., J. Marschak, 1964. Measuring Utility by a Single-Response Sequential Method, *Behavioural Science*, vol. 9, pp. 226-232.
- Blaise P., Gessler C., 1992. An extended Progeny Parent Ratio Model, I - Theoretical Development, *Journal of Phytopathology*, 134, 39-52.
- Blaise P., Gessler C., 1992. An extended Progeny Parent Ratio Model, II – Application to Experimental Data, *Journal of Phytopathology*, 134, 53-62.
- Bohm P., Lindén J., J. Sonnegård, 1997. Eliciting reservation prices: Becker-DeGroot-Marshak mechanisms vs. markets, *The Economic Journal*, vol. 107, 1079-1089.
- Bougherara, D., 2003. L'Ecolabellisation : un instrument de préservation de l'environnement par le consommateur , Thèse de doctorat : Sciences économiques - Université de Bourgogne, UFR de Science Economique et de Gestion, Dijon, 425p.
- Bouquin H., 2003. *Comptabilité de gestion*, 2e édition, Ed. Economica. 319p.
- Brossier J., Vissac B., Le Moigne J.L., 1990. Modélisation systémique et systèmes agraires - Décision et organisation, *Actes du séminaire du département SAD*, Saint Maximin, les 2 et 3 Mars 1989, INRA Editions, 365p.
- Calonnet A., Cartolaro P., Naulin J.-M., Bailey D., Langlais M., 2008. A host-pathogen simulation model : Powdery mildew of grapevine, *Plant Pathology*, 57, 493-508.
- Calonnet A., Cartolaro P., Deliere L., Chadoeuf J., 2006. Powdery mildew on grapevine: the date of primary contamination affects disease development on leaves and damage on grape, *IOBC/wprs Bulletin*, 29, 67-73.
- Calonnet A., Cartolaro P., Poupot C., Dubourdiou D., Darriet P., 2004. Effects of *Uncinula necator* on the yield and quality of grapes (*Vitis vinifera*) and wine, *Plant Pathology*, 53, 434-45.
- Calonnet A., Cartolaro P., Naulin J.-M., Bailey D., Langlais M., 2008. A host-pathogen simulation model: powdery mildew of grapevine, *Plant Pathology*, 57, 493-508.
- Combris, P., Lange Ch., Issanchou S., 2005. Assessing the effect of information on the reservation price for Champagne: what are consumers actually paying for?, in : *The economics of wine*, O. Ashenfelter, V. Ginsburgh (eds.), Elsevier, Contributions to Economic Analysis.
- Combris, P., Ruffieux B., 2005. La révélation expérimentale des préférences des consommateurs, *INRA Sciences Sociales*, n° 3-4, 4p.
- Cooper R., Kaplan R.S., 1991. Profit Priorities from Activity Based Costing, *Harvard Business Review*, May-June 1991, 130-135.
- Darriet P., Pons M., Henry R., *et al.*, 2002. Impact odorants contributing to the fungus type aroma from grape berries contaminated by powdery mildew (*Uncinula necator*); Incidence of enzymatic activities of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 3277-82.
- De La Villarmois O., Tondeur H., 1996. Les déterminants de la mise en place d'une comptabilité par activités, *Les cahiers de recherche du Centre Lillois d'Analyse et de recherche sur l'Evolution des Entreprises*, Juillet 1996.
- Delmas M. A., Grant L.E., 2008. Eco-labelling Strategies : The eco-premium puzzle in the Wine Industry, *Institute for Social, Behavioral and Economic Research, ISBER Publications*, Paper 12.

- Eom Y. S., 1994. Pesticide Residue Risk and Food Safety Valuation: a Random Utility Approach, *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 76, 760-771.
- Doré T., Le Bail M., Martin P., Ney B., Roger Estrade J. (coord.), 2006. *L'agronomie aujourd'hui. Chapitre 1 : Itinéraire technique, système de culture : de la compréhension de fonctionnement du champ cultivé à l'évolution des pratiques agricoles*, Ed. Synthèses, 33-98.
- Etlicher A., 2006. *Contribution à l'évaluation des coûts environnementaux sur les exploitations agricoles : élaboration d'une méthode d'identification des pratiques environnementales*, Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENSAT, 59p.
- Ficke A., Gadoury D., Seem R., 2002. Ontogenic resistance and plant disease management: A case study of grape powdery mildew, *Phytopathology*, 92, 671-5.
- Ficke A., Gadoury D., Seem R., Godfrey D., Dry Ib, 2004. Host barriers and responses to *Uncinula necator* in developing grape berries, *Phytopathology*, 94.
- Florax R. J. G., Travisi C. M., Nijkamp P., 2005. A Meta-analysis of the Willingness To Pay for Reductions in Pesticide Risk Exposure, *European Review of Agricultural Economics*, vol. 32(4), 441-467.
- Florida R., 1996. Lean and green: the move to environmentally conscious manufacturing, *California management review* 39(1), 80-105.
- Gadoury D., Seem R., Ficke A., Wilcox W., 2003. Ontogenic resistance to powdery mildew in grape berries, *Phytopathology*, 93, 547-55.
- Garcia de Cortazar Atauri I., 2006. *Adaptation du modèle STICS à la vigne (Vitis vinifera L.). Utilisation dans le cadre d'une étude d'impact du changement climatique à l'échelle de la France*, Thèse de l'ENSA Montpellier, 349p.
- Gil J.M., Gracia A., Sanchez M., 2001. Market Segmentation and Willingness to Pay for Organic Products in Spain, *International Food and Agribusiness Management Review*, vol. 3, 207-226.
- Girard G., 2001. *Bases scientifiques et techniques de la viticulture*, Paris : Lavoisier, 334p.
- Hernandez F., Feillet D., Giroudeau R., Naud O., König J.C., 2009. Problème de tournées de véhicules avec routes multiples pour réaliser des traitements phytosanitaires, Conf ROADEF, Nancy, 10-12 février.
- Horbach J., 2008. Determinants of environmental innovations - New evidence from German panel data sources, *Research Policy*, vol. 37, 163-173.
- Johnson T.H., Kaplan R.S., 1987. The rise and fall of management accounting, *Management Accounting*, New Jersey, Vol. 68, n°7, 22-31.
- Kaplan R.S., 1984. The evolution of management accounting, *The Accounting Review*, Vol. 59, n°3, 390-417.
- Kenelly M., Gadoury D., Wilcox W., Magarey P., Seem R., 2005. Seasonal Development of Ontogenic Resistance to Downy Mildew in Grape Berries and Rachises, *Phytopathology*, 95, 1445-52.
- Lange C., Martin C., Chabanet C., Combris P., Issanchou S., 2002. Impact of the information provided to the consumers on their willingness to pay for Champagne, *Food Quality and Preference*, vol. 13, 597-608.
- Leclère D., 1997. *L'essentiel de la comptabilité analytique*, Les éditions d'organisation, Paris, 194p.
- Lecocq S., Magnac T., Pichery M.-C., Visser M., 2005. The Impact of Information on Wine Auction Prices: Results of an Experiment, *Annales d'Économie et de Statistique*, vol. 77, 37-57.
- Loureiro M.L., McCluskey J.J., Mittelhammer R.C., 2002. Will consumer pay a premium for eco-labeled apples?, *The journal of consumer affair*, vol. 36, 203-219.
- Loureiro M.L., (2003), Rethinking new wines: implications of local and environmentally friendly labels, *Food Policy*, vol. 28, 547-560.
- Magnusson E., Cranfield J.A.L., 2003. Canadian Consumer's Willingness-To-Pay for Pesticide Free Products : An ordered Probit Analysis, *International Food and Agribusiness Management Review*, vol. 6(4), 13-30.
- Magnusson E., Cranfield J.A.L., 2005. Consumer Demand for Pesticide Free Food Products in Canada: A Probit Analysis, *Canadian Journal of Agricultural Economics*, vol.53 (1), 67-81.
- Melton B. E., Huffman W. E., Shogren J. F., Fox A., 1996. Consumer Preferences for fresh Food Items with Multiple Quality Attributes: Evidence from an Experimental Auction of Pork Chops, *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 78, 916-923.

- Mevellec P., 1995. La comptabilité à base d'activités, *Revue Fiduciaire Comptable*, n°212, 37-68.
- Misra S.M., Huang C. L., Ott S.L., 1991. Consumer Willingness to Pay for Pesticide-Free Fresh Produce, *Western Journal of Agricultural Economics*, vol.16 (2), 218-227.
- Naud O., Tuitete T., Léger B., Hélias A., Giroudeau R., 2007. Systèmes à événements discrets : de la simulation à l'analyse temporelle de la décision en agriculture, *e-STA (Sciences et Technologie de l'Automatique)*, 5(2), numéro spécial STIC & Environnement, URL : <http://www.e-sta.see.asso.fr/>
- Noussair C., Robin S., Ruffieux B., 2001. Comportement des consommateurs face aux aliments "avec OGM" et "sans OGM": une étude expérimentale, *Economie Rurale*, vol. 266, 30-44.
- Noussair C., Robin S. et Ruffieux B., 2004. Revealing Consumers' Willingness-to-Pay: A Comparison of the BDM Mechanism and the Vickrey Auction, *Journal of Economic Psychology*, vol. 25, 725-741.
- Pailler J., Corade N., 2004. Gestion des domaines viticoles : une approche technicoéconomique pour mieux évaluer les nouvelles pratiques, *Colloque VDQS*, Dijon, 17p.
- Popp D., Hafner T., Johnstone N., 2007. *Policy vs consumer pressure: innovation and diffusion of alternative bleaching technologies in the pulp industry*, NBER working paper W13439, Cambridge Mass, National bureau of economic research (NBER).
- Riveline C., 2005. *Evaluation des coûts. Eléments d'une théorie de la gestion*, Ed. Presses de l'Ecole des Mines de Paris, 146p.
- Roosen J., Fox J. A., Hennessy D. A., Schreiber A., 1998. Consumers' Valuation of Insecticide Use Restrictions: An Application to Apples, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 23(2), 367-384.
- Rousseau J., Blanc D., Jacus V., 2008. Influence de l'oïdium sur le rendement et la qualité des raisins et des vins, *Phytoma*, 615, 37-41
- Rozan A., Stenger A., Willinger M., 2003. The effect of heavy metal content on food pricing behaviour : experimental assessment, in : *Risk and Uncertainty in Environmental Economics*, J. Wesseler, H.P. Weikard, R. Weaver (ed.), Edward Ekgard, chapitre 15, 459-473.
- Shogren J. F., Shin S. Y., Hayes D.J., Kliebenstein J.B., 1994. Resolving Differences in Willingness to Pay and Willingness to Accept, *American Economic Review*, vol. 84, 255-270.
- Tagbata, D., 2006. *Valorisation par le consommateur de la dimension éthique des produits : Cas des produits issus de l'agriculture biologique et du commerce équitable*, Thèse de doctorat : Economie et Gestion du Développement Agricole, Agroalimentaire et Rural -ENSAM, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Montpellier, 310p.
- Vereijken P., 1997. A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms, *European journal of agronomy*, 7, 235-250.
- Vickrey W., 1961. Counterspeculation, Auction and Competitive Sealed Tenders, *Journal of Finance*, vol. 16, 8-37.