

Analyse économique et environnementale de la conversion en biologique des exploitations viticoles

Document de Travail réalisé par *Imen SOUISSI*

Le 23 septembre 2009

Pour l'obtention du :

Master Recherche 2 – A2D2

Agriculture, Alimentation et Développement Durable

Sous la direction de :

Guillermo FLICHMAN : Professeur associé CIHEAM-IAMM

Hatem BELHOUCETTE: Enseignant-chercheur CIHEAM-IAMM

Maitre de stage :

Anne MEROT : chargée de recherche à UMR SYSTEM- INRA Montpellier

Remerciements

Au terme de ce travail je tiens à présenter mes remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui ont contribué à me faire avancer dans cette aventure.

Je tiens en premier lieu à remercier ceux qui ont accepté de m'encadrer dans une coopération entre l'IAMM-CIHEAM et l'UMR SYSTEM et Sup Agro-Montpellier. J'exprime ma profonde gratitude à Guillermo Flichman et Hatem Belhouchette du coté IAMM, Anne Mérot du coté UMR system et Sophie Thoyer du coté Sup Agro, pour leur soutien inconditionnel personnel et professionnel, leur compréhension, leurs précieux conseils et leur confiance témoignée tout au long de ce travail.

Un grand remerciement à l'équipe de recherche de l'UMR System et sa directeur Jacques Wery pour m'avoir accueillie pendant les mois de stage.

Un mot très particulier pour Lucie POLGEDECOMBRET assistante technique à Jenjean qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail, en m'offrant les informations nécessaires.

Mes vifs remerciements vont également à tous les responsables du domaine du Pive et l'entreprise Jeanjean et plus particulièrement Géraud Blanc d'avoir accepter de nous fournir les données nécessaires pour réaliser ce travail.

Je suis également très reconnaissante à tout le personnel de l'IAMM, pour l'accueil et l'aide reçue.

Une petite pensée va à Hatem, qui a suivi de près l'évolution de ce travail. L'aide et le soutien que m'a procurés ma famille et mes amis et mes collègues

Il est difficile de n'oublier personne et je pourrais me contenter de remercier sincèrement tous ceux qui ont contribué à réaliser ce travail et à m'enrichir pendant cette année d'études. J'espère qu'ils se reconnaîtront dans ce message de gratitude et de sincérité.

A tous, encore MERCI ☺ !!

Sommaire

Introduction générale

Partie 1. Constat général et éléments conceptuels

Chapitre 1. Agriculture biologique: Origines, règles, avantages et inconvénients

- 1 Introduction: l'agriculture durable
- 2 L'agriculture biologique

Chapitre 2. Quelques éléments méthodologiques pour comparer les systèmes de production

Partie 2. Une revue de littérature sur la modélisation des pérennes et démarche générale

Chapitre 1. Caractéristiques des pérennes et approches de modélisation

- 1 La nature des investissements et de la production
- 2 D'une approche dynamique à une statique

Chapitre 2. Description de la démarche suivie

1. Zone d'étude ou choix de l'exploitation
2. Base de données (enquêtes, statistiques, expertises...)
3. Modèles

Partie 3. Méthodologie de la recherche: Application de la programmation mathématique

Chapitre 1. Modèle conceptuel

- 1 Introduction
- 2 Représentation conceptuelle du processus de production viticole

Chapitre 2. Proposition de modélisation mathématique des cultures vignes

- 1 Le choix du support méthodologique
- 2 Application empirique à une exploitation viticole du Languedoc Roussillon et hypothèses du travail

Partie 4. Résultats et Discussions

1. Analyse de la situation de référence du domaine étudié (Scénario de référence)
2. Analyse de l'effet de l'introduction de l'aide à la conversion : Scénarios « subvention »
3. Analyse de l'effet de l'augmentation des prix du produit biologique (Scénario prix)
4. Analyse des performances environnementales des systèmes de Production biologique et conventionnel

Conclusion générale

Introduction générale

L'agriculture dite 'intensive' s'est développée après la seconde guerre mondiale grâce à l'apparition de la mécanisation, et des engrais mais aussi grâce au développement des herbicides qui ont permis d'une part de supprimer la concurrence des adventices et d'autre part des insecticides qui ont permis de s'affranchir de dégâts d'insectes. Cette révolution a favorisé l'acquisition des connaissances sur les besoins d'une culture en éléments minéraux et la maîtrise de la fertilisation. Ensuite, et à partir des années 1970, le développement des premiers fongicides de synthèse pour protéger les plantes contre les maladies a profondément modifié les systèmes de production et les a rendu plus intensifs.

La viticulture a bénéficié de ces changements. En effet, la culture de la vigne figure parmi les productions végétales les plus consommatrices de produits agro-pharmaceutiques. Pour la France, le nombre moyen de traitements¹ qui ont été réalisés durant la campagne 2006 sur une exploitation pour assurer la protection sanitaire du vignoble varie entre 9 en PACA et 22 en Champagne Ardenne (Ecophyto 2018, 2008; Agreste, 2009).

Ce système de production qui nécessite l'utilisation de produits phytosanitaires pour assurer une production en quantité et qualité satisfaisante, conforme aux attentes des marchés et à un coût acceptable pour le consommateur peut être à l'origine d'effets négatifs pour la santé humaine ainsi que sur l'environnement et peut engendrer des coûts indirects pour la société (Ministère de l'Agriculture, 2005).

Pour certains agriculteurs, le modèle dominant ne peut que conduire vers une impasse. Il consomme de plus en plus d'énergie et conduit inéluctablement à une dégradation des sols, de l'air, de l'eau et des paysages.

Ainsi, au niveau européen, l'utilisation durable des pesticides est l'une des sept stratégies thématiques du sixième programme communautaire d'action pour l'environnement (2002-2012). Celle-ci vise « la réduction sensible des risques et de l'utilisation des pesticides (l'objectif du gouvernement français étant de réduire de 50% l'utilisation de produits phytosanitaires) dans une mesure compatible avec la protection nécessaire des cultures ». Cette stratégie a été notamment déclinée au niveau français en 2006 à travers le plan interministériel de réduction des risques liés aux pesticides, ayant permis d'améliorer et de sécuriser les conditions de mise sur le marché et d'utilisation des pesticides (Ecophyto 2018, 2008).

Dans ce même contexte, une remise en cause des pratiques phytosanitaires viticoles semble être enclenchée. Produire du raisin, autrement, constitue la ligne directrice de nombreux vigneron qui se sont engagés dans des pratiques de viticulture économiquement viable et écologiquement saine en prenant compte des différents piliers de développement durable pour assurer la diversité et l'originalité de leurs vins. Néanmoins, la mise en place de pratiques raisonnées implique un changement dans les mentalités et dans les méthodes de travail (Boulanger-Fassier, 2008).

Malgré cette augmentation annuelle importante, la superficie de vigne biologique reste faible traduisant une certaine crainte de la part des vigneron car l'orientation des agriculteurs vers ce système particulier de production exige une implication importante. En effet, durant les premières années de la conversion en biologique, des investissements importants sont souvent

¹ Rappelons qu'un traitement correspond à l'application d'une spécialité phytopharmaceutique au cours d'un passage. Si deux spécialités sont appliquées lors d'un même passage, deux traitements sont alors comptabilisés.

nécessaires avec une baisse notable des rendements et une valorisation obligatoire des produits en dehors du circuit biologique. En faisant ce constat, trois grandes questions s'imposaient: ***Quels sont les impacts de la reconversion en biologique sur la viabilité économique à long terme des exploitations viticoles? Quelles sont les politiques incitatives permettant aux viticulteurs de se convertir en biologique sans prendre trop de risque ? Et quelles sont les performances environnementales du système biologique par rapport au système conventionnel ?***

La première question permettrait surtout d'établir l'allocation optimale des terres et les possibilités d'adaptation en termes d'itinéraire technique et de disponibilités des ressources durant le processus de conversion. Tandis que la deuxième question renvoie surtout vers l'identification des stratégies permettant de compenser ces pertes économiques en testant différents niveaux de subvention ou en réévaluant le prix du produit à la vente. La troisième question traitera la question des enjeux environnementaux en imposant à l'agriculture biologique un cahier de charge plus stricte de point de vu traitement phytosanitaire.

Ce contexte fixe le cadre de notre étude qui vise à contribuer à l'évaluation des performances économiques et environnementales d'un système de production alternatif: l'agriculture biologique.

Ce document sera organisé en quatre parties:

La **1^{ère} partie** portera sur la définition des différents concepts qui sont liés à la reconversion en agriculture biologique : les règles, les limites et les avantages. Ainsi qu'aux méthodes d'évaluation du système de production biologique comparée à d'autres systèmes de production (Raisonné ou conventionnel).

La **2^{ème} partie** sera consacrée à la théorie mobilisée pour la réalisation de ce travail dont la modélisation des pérennes dans la littérature.

La **3^{ème} partie** se focalisera sur la démarche méthodologique suivie durant ce projet ; qui est basée sur deux sortes de modèles : le modèle conceptuel du système de production en cours de conversion et le modèle de programmation mathématique. Elle décrit le travail de terrain, l'exploitation choisie comme objet du stage (Domaine du Pive), les différentes étapes de modélisation allant jusqu'à la spécification du modèle (construction, calibration et validation), le calcul de l'indicateur de fréquence de traitement phytosanitaire et la sélection des scénarios à simuler.

Enfin, une **4^{ème} partie** sera réservée à la description de la phase de simulation et analyse des résultats en vue de déterminer les impacts économiques (marge brute des agriculteurs, les coûts) et environnementaux (indice de fréquence de traitement phytosanitaire) du passage en AB, les différentes stratégies d'adaptation des agriculteurs à ce nouvel système de culture et les politiques nécessaires pour encourager les viticulteurs à se reconverter.

Partie 1. Constat général et éléments conceptuels

Chapitre 1. Agriculture biologique: Origines, règles, avantages et inconvénients

1 Introduction: l'agriculture durable

La notion de «développement durable» a fait une entrée remarquée dans le dictionnaire des idées reçues contemporaines. Elle constitue désormais un élément central de la rhétorique des acteurs engagés dans les questions d'environnement et de développement (Vivien, 2003).

Une définition du «développement durable» (ou développement soutenable) a été proposée en 1987 par la commission mondiale sur l'environnement et le développement dans le Rapport Brundtland: *«un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs»*.

L'agriculture durable est l'application des principes du développement durable à l'agriculture. Une agriculture durable peut désigner alors *«une activité qui assure la reproduction des systèmes de culture et d'élevage et donc des ressources naturelles sur lesquels ils se fondent...et qui prend clairement en compte l'environnement»* (Deffontaines, 2001).

Au niveau d'une exploitation agricole, il existe quelques réalités qui recouvrent ces différentes notions:

- D'un point de vue **économique** tout d'abord, le système de production (Selon la FAO, un système de production agricole est la représentation qui s'approche de la réalité dont nous disposons sur la manière de penser et de décider des agriculteurs) doit permettre une sécurisation des revenus face aux aléas climatiques et aux variations de marchés afin d'assurer un niveau de vie décent à l'exploitant et sa famille.
- La **dimension environnementale** doit s'entendre au sens large en incluant la préservation des ressources naturelles (énergie, ressources minières, sol), de la qualité de l'eau ou de l'air, de la biodiversité (Convention de la diversité biologique) et des paysages (Convention européenne du paysage).
- Quant à l'**équité sociale**, elle est certainement la plus difficile à appréhender. Elle se réfère à des valeurs telles que la qualité des produits par le développement des labels équitables, la solidarité, la citoyenneté ou la qualité de vie.

L'agriculture biologique peut être considérée comme une des approches de l'agriculture durable, la différence étant que l'épithète « biologique », ou son abréviation « bio », implique une certification attribuée correspondant à des normes et à des cahiers de charges, et que le mot est, souvent, légalement protégé. Plusieurs labels internationaux de reconnaissance pour ce type d'agriculture ont été définis, dont le label AB.

2 L'agriculture biologique

2.1 Définition

Le label AB est fondé sur les principes suivants (règlement (CE) N° 834/2007):

- a. Concevoir et gérer de manière appropriée des procédés biologiques en se fondant sur des systèmes écologiques qui utilisent des ressources naturelles qui sont internes au système selon des méthodes ;
- b. Restreindre l'utilisation d'intrants extérieurs ;

- c. Limiter strictement l'utilisation d'intrants chimiques de synthèse ;
- d. Adapter le cas échéant, dans le cadre du présent règlement, les règles de la production biologique.

Il s'agit d'un système qui gère de façon globale la production (emplois d'engrais verts, lutte naturelle contre les parasites...) en favorisant l'agro système mais aussi la biodiversité, les activités biologiques des sols et les cycles biologiques.

2.2 Les exigences générales de la production végétale biologique AB

L'agriculture biologique est strictement réglementée. Pour pouvoir se prévaloir de la mention « AB », les agriculteurs doivent souscrire à un cahier des charges homologué par le Ministère de l'Agriculture et l'Union Européenne (Règlement (CE) N° 834/2007). Parmi les règles à respecter dans le processus de production on note :

2.2.1 Application des règles de production

L'ensemble d'une exploitation agricole est géré en conformité avec les exigences applicables à la production biologique. Dans cette optique, des pratiques de travail du sol et des pratiques culturales qui préservent ou accroissent la matière organique du sol, améliorent la stabilité du sol et sa biodiversité, et empêchent son tassement et son érosion sont utilisées au préférence des produits chimiques (la rotation pluriannuelle des cultures, l'épandage d'effluents d'élevage ou de matières organiques, de préférence compostés, provenant de la production biologique) pour préserver et augmenter la fertilité et l'activité biologique du sol.

L'agriculture biologique repose alors sur toutes les techniques de production végétale empêchent ou réduisent au minimum toute contribution à la contamination de l'environnement. La prévention des dégâts causés par les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes repose principalement sur la protection des prédateurs naturels, le choix des espèces et des variétés, la rotation des cultures, les techniques culturales et les procédés thermiques.

Les objectifs de l'agriculture biologique sont au final de mettre en œuvre des pratiques respectueuses de l'environnement, d'occuper plus harmonieusement l'espace rural, de respecter le bien être animal et de produire des produits agricoles de qualité. Elle **exclut l'usage de pesticides de synthèse, d'engrais minéraux azotés, d'engrais chimiques solubles, d'OGM** (l'article 9 du règlement CE n° 834/2007), **limite l'emploi d'intrants et privilégie l'autonomie** des exploitations.

2.2.2 Une période de conversion

La conversion à l'agriculture biologique correspond à la phase de transition entre l'agriculture conventionnelle et l'appellation « agriculture biologique » (Ecocert, 2008). Les règles suivantes s'appliquent aux exploitations qui commencent une activité de production biologique:

- a. La période de conversion débute au plutôt au moment où l'opérateur a déclaré son activité aux autorités compétentes (ECOCERT) et a assujetti son exploitation à un système de contrôle conformément au règlement pour pouvoir bénéficier de la certification après la phase de transition;
- b. Application de l'ensemble des règles établies par règlement durant la période de conversion;

- c. Les périodes de conversion spécifiques sont définies par type de culture. On note que pour les cultures pérennes, la période de conversion est de trois ans;
- d. La commercialisation des produits se fait hors circuit bio durant la période de conversion.

2.3 Les raisons de l'encouragement de l'agriculture biologique

Plusieurs raisons étaient à l'origine de la promotion de cette conduite de production:

2.3.1 Les réformes de la Politique Agricole Commune (PAC) :

Les réformes de la PAC sont d'une importance capitale pour l'évolution de l'agriculture biologique puisqu'elles décrivent le cadre dans lequel toute action en faveur du développement agricole s'inscrit.

L'objectif de la PAC de faire de l'agriculture européenne une agriculture « multifonctionnelle », durable et répartie sur le territoire national de façon harmonieuse fait en sorte que l'agriculture biologique sera encouragée.

Depuis sa mise en place en 1962, la Politique Agricole Commune a connu plusieurs changements et certaines réformes en faveur d'une agriculture respectueuse de l'environnement (Réforme de Mac Sharry, 1992). Avec la parution de l'agenda 2000, la PAC commence réellement sa transition, des critères environnementaux sont envisagés avec des possibilités de moduler les aides directes et l'idée d'un « second pilier ». A côté de la productivité, une orientation est en effet prise en faveur de l'aménagement territorial, de l'entretien des paysages et de la biodiversité.

Les nouvelles mesures agri environnementales correspondent ainsi à une approche décentralisée². C'est dans ce cadre qu'un agriculteur européen peut éventuellement être aidé par exemple dans la conversion de son exploitation à l'agriculture biologique. La PAC devrait donc pouvoir constituer un outil du développement de l'agriculture biologique mais cela ne pourrait se faire sans les règlements communautaires (Gourdin, 2009).

2.3.2 Evolution de la demande des produits biologiques

Les consommateurs demandent de plus en plus des produits agricoles et des denrées alimentaires obtenus d'une manière biologique. Le baromètre de consommation et de perception des produits biologiques en France mis en place par l'Agence Bio³ pour observer l'évolution du comportement des consommateurs vis-à-vis des produits biologiques, montre qu'en 2008, 44% des français consomment, malgré les prix élevés des produits biologiques, au moins une fois par mois des produits issus de la production biologique (Agence bio, 2008). Ce phénomène crée donc un nouveau marché exige un étiquetage obligatoire sur l'origine de ces produits et leurs processus de production (Règlement (CEE) No 2092/91).

² Les projets partent du local, remontent au niveau national pour approbation puis sont soumis à la Commission pour un cofinancement.

³ Agence française pour le développement et la promotion de l'agriculture biologique.

2.4 Avantages et inconvénients de la conversion en viticulture biologique

a. Pour le viticulteur

La viticulture biologique vise à promouvoir un bon état de santé des agriculteurs suite à la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. Pour cela, un dispositif existe qui est le Phyt'Attitude (Dupupet et al., 2007) qui constitue un observatoire spécifique des risques liés à l'utilisation des produits phytosanitaires et recense les troubles de la santé signalés par tous les professionnels exposés à ces produits.

b. Environnementaux

L'agriculture biologique est un mode de production qui a recours à des pratiques respectueuses de l'environnement:

- Elimination du danger éventuel de dommages à l'environnement par la non utilisation des pesticides et des engrais synthétiques;
- L'absence d'engrais synthétiques force l'agriculteur à observer l'éthique de conservation des sols qui consiste à maintenir et à recycler les éléments nutritifs sur sa terre, réduisant ainsi le risque de pollution dans les alentours de sa ferme.
- Enfin, l'accent est mis sur le recouvrement des sols en hiver, ce qui améliore l'état du sol et diminue le risque d'érosion, de dégradation et de compaction.
- Le passage en biologique représente un moyen pour réduire la pollution de l'eau ponctuelle et diffuse par les produits phytosanitaires de synthèse due à l'infiltration des matières actives dans les eaux souterraines. Ce pendant, les produits phytosanitaires sont généralement substitués par d'autres produits naturels comme le cuivre qui est un fongicide utilisé pour lutter contre les pathogènes et les maladies de la vigne. Ces produits (cuivre et soufre) peuvent générer d'autres types de pollution (Ministère de l'environnement, 1995). En effet, le cuivre présente l'inconvénient de s'accumuler dans les sols où il peut y atteindre des concentrations toxiques pour les êtres vivants (INRA, 2003).

c. Socioéconomiques

Généralement, on note le surcoût des produits biologiques. Mais les prix ne prennent pas en compte les bénéfices de la bio pour la société. Et en changeant légèrement ses habitudes d'achat et de consommation, manger bio ne revient pas forcément plus cher (Etique bio, 2008). En effet, des économies pour la société sont perçues:

- **Moins d'aides:** En France, les agriculteurs bio perçoivent moins d'aides publiques que leurs homologues conventionnels, alors qu'ils doivent payer le contrôle et la certification des produits bio (Ethique Bio, 2008).
- **Moins de pollutions:** l'exploitation intensive de l'environnement a des coûts payés par le contribuable: traitement de l'eau, sécurité sociale (Etique Bio, 2008)...le système biologique permet de diminuer ces coûts par l'entretien des équilibres biologiques.

La production sous conduite biologique ouvre de nouveaux débouchés commerciaux et favorise la formation des niches pour ces produits. Depuis 1999, le marché alimentaire des produits bio progresse de presque 10% par an, contre 3,6% pour le marché des produits alimentaires

conventionnels. En dépit d'un contexte économique difficile, plus de 80% des consommateurs, en 2008, ont maintenu et augmenté leurs dépenses en produits issus de l'AB (Agence bio, 2008);

D'après une étude suisse, le système de production biologique, comparé à la production conventionnelle, offre plus de rendement par unité d'énergie et de fertilisant. Plus précisément, la consommation de fertilisants et d'énergie est réduite de 34% à 53% dans les parcelles biologiques. De plus, l'utilisation de pesticides fut réduite de 97% dans le système de production biologique. Les revenus initiaux de l'entreprise sont, cependant, relativement moins élevés mais après quelques années la production biologique devient rentable notamment par la diminution d'achats d'intrants: pesticides, engrais...et la valorisation du produit par l'augmentation de son prix ne peut se faire qu'après trois ans (Ecocert, 2008);

Bénéficier d'une aide régionale représente aussi un des avantages du passage en AB. Cette aide consiste en une subvention dont le montant est déterminé par la prise en compte de la surface à convertir dans chaque type de production, multipliée par les montants forfaitaires relatifs à chaque type de culture (350 euros à l'hectare pour la vigne) durant les trois premières années (Ecocert, 2008). Ces aides régionales à la conversion, qui étaient initialement limitées à 7600 euros par exploitation, vont être déplaçonnées à l'horizon 2012.

d. Techniques

Faire une conversion revient à se passer de l'utilisation de certains produits phytosanitaires (les produits autorisés sont ceux à base de cuivre et de soufre). Les produits phytosanitaires à base de cuivre sont moins efficaces en agriculture biologique. D'où la nécessité de passer plus fréquemment pour traiter contre les maladies. Pour les mauvaises herbes, la seule solution est le désherbage mécanique. Cela induit une utilisation plus importante de la main d'œuvre (mécanique et humaine) pour mieux gérer les mauvaises herbes.

Chapitre 2. Quelques éléments méthodologiques pour comparer les systèmes de production

Les décideurs politiques comme les acteurs du terrain sont à la recherche d'outils leur permettant de déterminer les performances (économiques, environnementales) de nouveaux systèmes de production émergents comme le système biologique.

La comparaison des systèmes de production conventionnel et biologique a fait l'objet de plusieurs études en utilisant diverses méthodes (indicateurs quantitatifs et qualitatifs, modèles ou chaîne de modèles, expertises...).

Une approche basée sur la modélisation biophysique de systèmes de culture (grande culture, élevage,...) a été utilisée dans le travail de Hansen et al. (2000). Dans ce cadre, deux méthodes différentes ont été employées (bilan d'azote et méthode dynamique estimant la lixiviation de nitrate en fonction du sol, de la plante et du climat). Ces méthodes ont permis d'estimer et d'évaluer la lixiviation de nitrate pour deux conduites de production différentes (conventionnelle et biologique) relatives à chaque système de culture.

Une autre approche qui reposait sur la méthode des scénarios a été utilisée pour évaluer l'impact des systèmes de production sur l'environnement. Dans le travail de Basset-Mens et al. (2004) trois systèmes de production contrastants de porc (système conventionnel Français (GAP), Système Biologique (OA) et système qui a un label de qualité (RL)) ont été comparés en recourant à la méthode d'évaluation de cycle de vie (ACV). Pour ce faire, plusieurs scénarios impliquant plusieurs hypothèses sur l'évolution possible du système ont été évalués: eutrophication, changement de climat, acidification, toxicité terrestre, utilisation d'énergie, utilisation de la terre et utilisation de pesticide.

Dans un autre contexte, Notarnicola et al. (2004) dans leur étude intitulé «Analyse économique et environnementale de l'huile d'olive extra vierge conventionnel et biologique» ont employées comme méthodes d'analyse: l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) pour évaluer les impacts de deux systèmes de point de vu environnemental et économique (coûts totaux du système). Les résultats de ces études ont mis en évidence que le système biologique affiche une meilleure qualité environnementale par rapport au système conventionnel mais un profit économique plus mauvais si les coûts économiques ne sont pas comptabilisés.

Dans un autre registre, Lotter et al. (2003) ont observé que la marge économique, durant 5 années, d'un maïs biologique est plus élevée qu'un maïs conventionnel. Le but de ce travail était initialement d'examiner le processus de conversion et mesurer les changements sur la durabilité et la rentabilité de ces systèmes. Cette étude s'est basée sur le calcul de certains indicateurs comme la biomasse de l'herbe, rendement en grain, la rétention de l'eau par le sol.

Ces études comparatives, présentent certaines limites, parce qu'ils ne prennent pas en compte l'interaction entre le système de gestion, les variétés de cultures et les externalités. En plus, pas beaucoup d'études analysaient la dynamique de la conversion en biologique (Lamine et Bellon, 2008).

Dans cette étude une autre méthode reposant sur la modélisation économique par programmation mathématique va être utilisée dans le but de comparer les performances du système de production conventionnel et biologique des cultures vignes.

L'intérêt d'une telle approche est de quantifier les relations causales qui régissent le système de production de façon systématique et accessible, dépasser le simple stade du constat et s'intéresser aux dynamiques en jeu, notamment en essayant de rendre compte des ressorts technico-économiques de la diversité socio-économique et constitue un instrument important d'aide à conception et à la décision pour l'analyse des politiques agricoles et environnementales (Louhichi, 2007).

Ces modèles ne demandent pas le recours à une série de données très importante par rapport à d'autres modèles (économétriques...), surtout au niveau du secteur agricole où l'information et les bases de données ne sont pas aussi importants.

Une évaluation de la capacité de ce type de méthode à représenter les deux systèmes (conventionnel et biologique) va être menée en faisant référence à un modèle conceptuel représentant le processus de production viticole.

Partie 2. Une revue de littérature sur la modélisation des pérennes et démarche générale

Chapitre 1. Caractéristiques des pérennes et approches de modélisation

La non simultanéité entre le moment où la décision de production est prise et la date de la mise en marché constitue une spécificité de l'offre agricole. Les producteurs agissent par anticipations sur les prix. Les modèles de type « Cobweb » ont été proposés comme première voie de formalisation de ce comportement (Laajimi et al., 2007). Ce modèle stipule que les anticipations des prix sont simplement une extrapolation des prix de la période précédente.

Dans les travaux de Nerlove (1958) traitant des anticipations des prix dans le marché agricole, le prix anticipé est supposé égal à la somme pondérée des prix passés, cette pondération étant géométriquement décroissante lorsque l'on remonte dans le temps, c'est le cas de l'anticipation adaptative. Dans les deux types d'anticipations, il est supposé que seule l'information relative au passé est prise en considération par les agents économiques (Laajimi et al., 2007).

Dans un contexte un peu différent, qui est celui de l'offre des cultures pérennes, le modèle de Nerlove (1958) ne permet pas de répondre aux différentes questions liées aux décisions d'investissement et de production des pérennes. En effet, la production des cultures pérennes est distinguée de la production des cultures annuelles par la longue période du rendement découlant des décisions initiales de production ou d'investissement c'est à dire une période importante entre les premiers inputs et le premier output, et la détérioration de la capacité productive des arbres dans le temps (French et Matthews, 1971). Par conséquent, les cultures permanentes posent des défis additionnels pour l'analyse économique comparée aux cultures annuelles. Les décisions de plantation dépendent des bénéfices attendus sur des périodes normalement de dix à vingt ans. Les rendements annuels changent au cours de la vie des cultures. La composition d'âge change dans le temps selon certaines variables exogènes à l'agriculteur. La composition d'âge et de variété de la culture influence non seulement les décisions d'arrachage et de replantation, mais aussi, la quantité de production ou l'offre en d'autres termes (Ahmed El Kamel et García Alvarez-Coque, 1997).

Plusieurs études se sont basées sur une estimation des équations séparées qui représentent différentes décisions productives, telles que la nouvelle plantation, arrachage des plantations et le déplacement des arbres. Ceux-ci incluent French et Bressler pour les citrons (1962) ; Arak (1968) pour le café ; Albisu et Blandford pour les oranges (1983) ; French et al. (1985) pour les pêches; Hartley, Nerlove et Peters (1987) pour le caoutchouc. La plupart de ces études expliquent dans une certaine mesure la distribution d'âge comme cause déterminante des décisions de plantation et d'arrachage. Ces études ont été élaborées pour offrir une base structurelle pour l'estimation des rapports de réponse qui incorporent toutes les dimensions citées précédemment.

La plupart de ces travaux utilisait une approche économétrique qui nécessitait des séries temporelles pour l'estimation des fonctions de comportement de l'offre.

Cette approche présente certaines limites telles que:

- Les problèmes empiriques rencontrés du fait du manque des données concernant la plantation, l'arrachage, la structure d'âge, et la variation des rendements en fonction de l'âge des plantes (French et al., 1985).

- Le recours à plusieurs équations qui sont liés dans le temps, comme cela a pu être fait dans le travail de French et Matthews (1971) qui considèrent cinq équations pour la définition du modèle empirique afin d'estimer la réponse de l'offre des asperges.

Par contre, la réponse de l'offre a été modélisée dans certains cas avec succès par l'estimation d'une fonction qui relie les changements des superficies des plantations en estimant les coûts manquants dans les séries disponibles (Kalaitzandonakes et Shonkwiler, 1992).

La plupart de ces études cherche à déterminer l'effet des conditions de marché et les anticipations des prix des cultures pérennes sans considérer la nature des investissements dans les arbres fruitiers.

1 La nature des investissements et de la production

Si on veut tenir compte des décisions prises par les agriculteurs sur les cultures permanentes, on a besoin de considérer non seulement le court terme mais aussi les décisions de long terme. Il est par conséquent nécessaire de considérer les effets possibles liés à la nature quasi irréversible des décisions d'investissement (Blanco Fonseca, 2008).

Wickens et Greenfield (1973) ont proposé un modèle théorique de décision dans lequel l'investissement a été explicitement considéré comme demande dérivée de capital. Bien que les auteurs aient indiqué des équations structurales séparées pour la technologie de production, l'investissement total, et les décisions de récolte, ils ont estimé une équation réduite simple de forme pour l'offre de café due aux limitations de données. Comme dans des cas précédents, les paramètres structuraux restent sous identifiés.

Dorfman et Heien (1998) ont essayé de faire une extension du modèle de Wickens et de Greenfield en incluant l'incertitude de production pour étudier la réponse d'offre des amandes de la Californie. Dans leur étude, des rapports séparés pour des technologies d'investissement total et de production ont été estimés.

Akiyama et Trivedi (1987), et Hartley, Nerlove, et Peters (1987) étaient les premiers à noter que les nouvelles plantations et le renouvellement des plantes sont des décisions qualitativement différentes d'investissement.

Dans toutes les deux études, différents rapports structuraux ont été estimés pour les nouvelles activités de plantation et de reconversion des plantations. Les analyses ont été facilitées par la disponibilité des données détaillées de série chronologique sur de nouvelles plantations, replantations, et arrachage.

Dans une littérature plus récente, Dixit et Pyndick (1994) ainsi que Abel et Eberly (1994) se sont intéressés aux comportements d'investissements dans un contexte d'irréversibilité et d'incertitude.

Pour Dixit et Pyndick (1994), la décision d'investissement prise maintenant impliquera des changements lors des prochaines décisions potentielles. Dans leur raisonnement, ils introduisent la possibilité de reporter les décisions jusqu'à que l'information soit disponible. Cette théorie d'investissement s'intéresse à la valeur d'attente d'une meilleure information qui sera importante dans le cas des décisions irréversibles ((Blanco Fonseca, 2008).

Ces travaux utilisaient aussi une approche économétrique. En regardant les approches de programmation mathématique, les études négligeaient souvent les décisions d'investissement. La plupart des modèles sectoriels, adoptent une représentation statique de l'offre de production, des cultures pérennes et autres décisions d'investissement (Blanco Fonseca, 2008).

A l'échelle de l'exploitation agricole, plusieurs modèles d'optimisation dynamiques⁴ ont été construits. Dans ces études, les décisions de plantation et d'investissement dans les cultures pérennes ont été analysées par un processus dynamique, mais très simplifié en raison de la méthode utilisée qui ne permet pas de distinguer un nombre important d'activités de production.

2 D'une approche dynamique à une statique

La représentation du temps dans les modèles économiques est d'un grand intérêt autant que d'une grande difficulté. Dans une première approche, il est possible de différencier deux types de modèles, en ce qui concerne la prise en compte du temps: les modèles dynamiques et les modèles statiques.

2.1 Modèles dynamiques

L'analyse dynamique apparaît sous tous ses avantages quand il s'agit d'analyser des problèmes pour lesquels certaines décisions auront des conséquences sur plusieurs périodes futures, ou quand le problème consiste en l'analyse de la transition d'un état du système à un autre (Blanco Fonseca, 2007).

Les modèles dynamiques ou multi périodiques dépendent du facteur temps. En effet, ce facteur très important en agriculture intervient d'une part en considérant la périodicité annuelle, et d'autres parts des périodicités pluriannuelles pour les cultures pérennes comme le cas de la vigne.

L'utilisation d'un tel modèle nous permettra de tenir compte de ces interdépendances. Il inclut plusieurs périodes dans laquelle des décisions sont prises et comporte une série d'activité et de contraintes datées. Les activités et les contraintes établiront un lien entre les différentes périodes.

Les modèles dynamiques peuvent être classifiés comme suit (Blanco Fonseca et Flichman, 2002):

- **Modèles d'optimisation inter temporelles:** le modèle tient compte de toutes les périodes comprises dans l'horizon de planification. Dans ce type de modèle, l'optimisation est faite sur un flux actualisé. Le choix de ce taux n'est pas évident et peut être toujours contesté. Comme pour les modèles statiques, les modèles inter temporels peuvent être déterministes ou stochastiques. Dans le premier cas on raisonne dans un univers certain. C'est-à-dire, dans un monde où l'agriculteur connaît les réalisations à venir des différentes variables de décisions, le problème de son aversion au risque (c'est-à-dire la propension que peut avoir l'agriculteur à préférer des décisions "moins rentables" à condition qu'elles réduisent son exposition au risque) ne se pose pas (Reynauds, 2008). L'agriculteur est supposé connaître d'une manière complète et parfaite l'information sur l'avenir. En d'autres termes, le modèle connaît les prix

⁴ Appelées, dans ce contexte, modèle multi périodiques, parce que le temps est traité de manière discrète, non continue.

futurs, le climat, les rendements, etc. et prends les décisions en conséquence (Blanco Fonseca, 2007). Pour le deuxième cas, Le raisonnement se fait, en univers incertain. Le risque représente un élément important dans ce type de modèles. On trouve:

- Les modèles stochastiques à décision unique: Il s'agit de modèles qui disposent d'une connaissance du futur en termes de probabilités des états de la nature. L'incertitude peut se situer aussi bien au niveau des contraintes des ressources disponibles que des coefficients de la fonction objectif.
- Les modèles stochastiques à décision séquentielle: ces modèles représentent un processus séquentiel de prise de décision. L'information dont dispose le modèle arrive par étapes, et permet, ainsi, un ajustement progressif de la prise de décision.

Différents problèmes peuvent être à l'origine de l'élaboration des modèles inter temporelles. On cite par exemple la nécessité de prendre en compte un taux d'actualisation pour accumuler les valeurs qu'on essaye de maximiser (ou minimiser). En effet, il est important de considérer la « préférence temporelle » due à la variation de la valeur d'un coût ou d'un revenu en passant d'une année à une autre.

- **Les modèles dynamiques récurrents**: la différence essentielle avec les modèles d'optimisation inter temporelle réside dans la façon d'optimiser. Au lieu de réaliser une optimisation sur l'ensemble de l'horizon de planification, l'optimisation est faite pour chaque période individuellement, mais les résultats de la période t vont influencer les données de départ dans la période $t+1$. Il s'agit donc de décomposer, de manière explicite, le problème de décision en une séquence de problèmes dynamiques plus simples, dont les solutions dépendent des décisions passées et du changement de l'environnement technico-économique du décideur. Les décisions sont donc les résultats d'une séquence de sous optimisations. En effet, pour chaque séquence on a des solutions optimales mais les solutions de la séquence globale n'est pas forcément optimale (Blanco Fonseca et Flichman, 2002).

Dans certains cas, les facteurs dynamiques ne demandent pas le recours à un modèle multi périodique, parce qu'ils peuvent être facilement incorporés dans un modèle statique. En effet, l'utilisation de modèles multi périodiques implique la construction de matrices de grandes dimensions; il n'est pas toujours nécessaire de recourir à ce procédé, en particulier lorsqu'on se pose un problème de planification dans un cadre annuel (Boussard, 1970).

2.2 Modèles statiques:

Ce sont ceux où le temps n'est pas inclut de manière explicite dans la structure du modèle. Dans le cas des modèles d'optimisation, le calcul est réalisé pour l'obtention d'un maximum (minimum) de la fonction objectif à un instant donné.

Dans un modèle d'équilibre stationnaire, on assume que les mêmes décisions se répètent au cours du temps. Il est donc possible d'utiliser un modèle mono périodique (Blanco Fonseca, 2007).

Par ailleurs l'idée est de considérer le potentiel des décisions d'ajustement que les agriculteurs peuvent choisir pour les cultures pérennes à n'importe quel moment. Si on suppose un état stationnaire initial d'équilibre, ces décisions peuvent être résumées dans les stratégies d'ajustements décrites ultérieurement.

Ces stratégies représentent une méthode pour simplifier la prise en compte des activités pérennes dans un modèle de ferme mono périodique qui est le modèle FSSIM (Louhichi et al., 2009).

Chapitre 2. Description de la démarche suivie

L'objectif de cette étude est d'analyser les impacts économiques et environnementaux de la reconversion en viticulture biologique. Il nous faut pour cela simuler l'impact du changement de l'itinéraire technique lors du passage en biologique (pas d'utilisation des produits chimiques de synthèse, une fréquence de traitement plus importante pour faire face aux bioagresseurs, un recours plus important à la main d'œuvre, etc.) sur la marge brute du viticulteur et les doses des produits phytosanitaires. Cette étude déterminera également l'importance des mesures mises en place par les pouvoirs publics afin d'encourager le passage en biologique. Pour la réalisation de ce travail, nous avons choisi la démarche suivante:

1. Zone d'étude ou choix de l'exploitation

Pour cette étude, nous avons choisi le domaine du PIVE situé au nord de Montpellier. Ce domaine a été choisi suite à une demande des responsables de ce domaine pour se doter d'un outil permettant d'analyser ex-ante les impacts socio-économiques et environnementaux, à moyen et à long terme, de la conversion en biologique.

2. Base de données (enquêtes, statistiques, expertises...)

Un travail de terrain a été mené (pour plus de détails sur l'enquête de terrain voir annexe 1) pour:

- Décrire les pratiques culturales avant et au moment du passage en viticulture biologique. Ceci va nous permettre de comprendre comment se fait le passage en biologique pour les exploitations viticoles en termes d'itinéraires techniques. Le changement de l'itinéraire technique a des répercussions sur les rendements et les charges opérationnelles de l'exploitation et par conséquent sur le revenu de l'agriculteur. Dans ce contexte un premier travail de caractérisation des pratiques viticoles et leurs impacts sur le rendement ont été réalisés dans le cadre d'une collaboration entre l'UMR System et le domaine de Pive (Polgedecombret, 2009).
- Schématiser conceptuellement le système viticole ainsi que les activités qui le compose pour les deux systèmes de production.
- Obtenir les données nécessaires pour construire un modèle de programmation mathématique. Ces données concernent les coefficients techniques du modèle et représentées principalement par les rendements des cépages, coûts variables par cépage, besoins et disponibilités en main-d'œuvre, prix, subventions, coûts fixes, etc.
- Définir les scénarios de politiques à simuler qui sont en rapport avec le changement de système de production (prime de conversion, prix, etc.).

3. Modèles

Deux modèles ont été construits:

- Un modèle conceptuel qui permettra de décrire les systèmes de production viticoles conventionnel et biologique, l'activité viticole et la dynamique de la conversion en biologique en mettant l'accent sur les changements nécessaires au niveau des pratiques culturales mais aussi sur les coûts et les rendements.
- Un modèle de programmation mathématique de ferme qui s'appuie sur le modèle conceptuel pour simuler différents scénarios de politique définis ultérieurement et calculer un indicateur de performances environnementales (IFT).

4. Indicateurs et variables

A partir du modèle mathématique, deux indicateurs ont été dégagés. Le premier concerne la marge brute de l'exploitation ou l'utilité (en présence de risque) et le deuxième représente l'indicateur de performances environnementales (IFT). D'autres variables (les allocations de terre, les coûts par système de production, les primes, etc.) sont aussi obtenus au niveau de la sortie du modèle.

Dans ce qui suit, un schéma (figure 1) qui résume la démarche suivie pour la réalisation de ce travail.

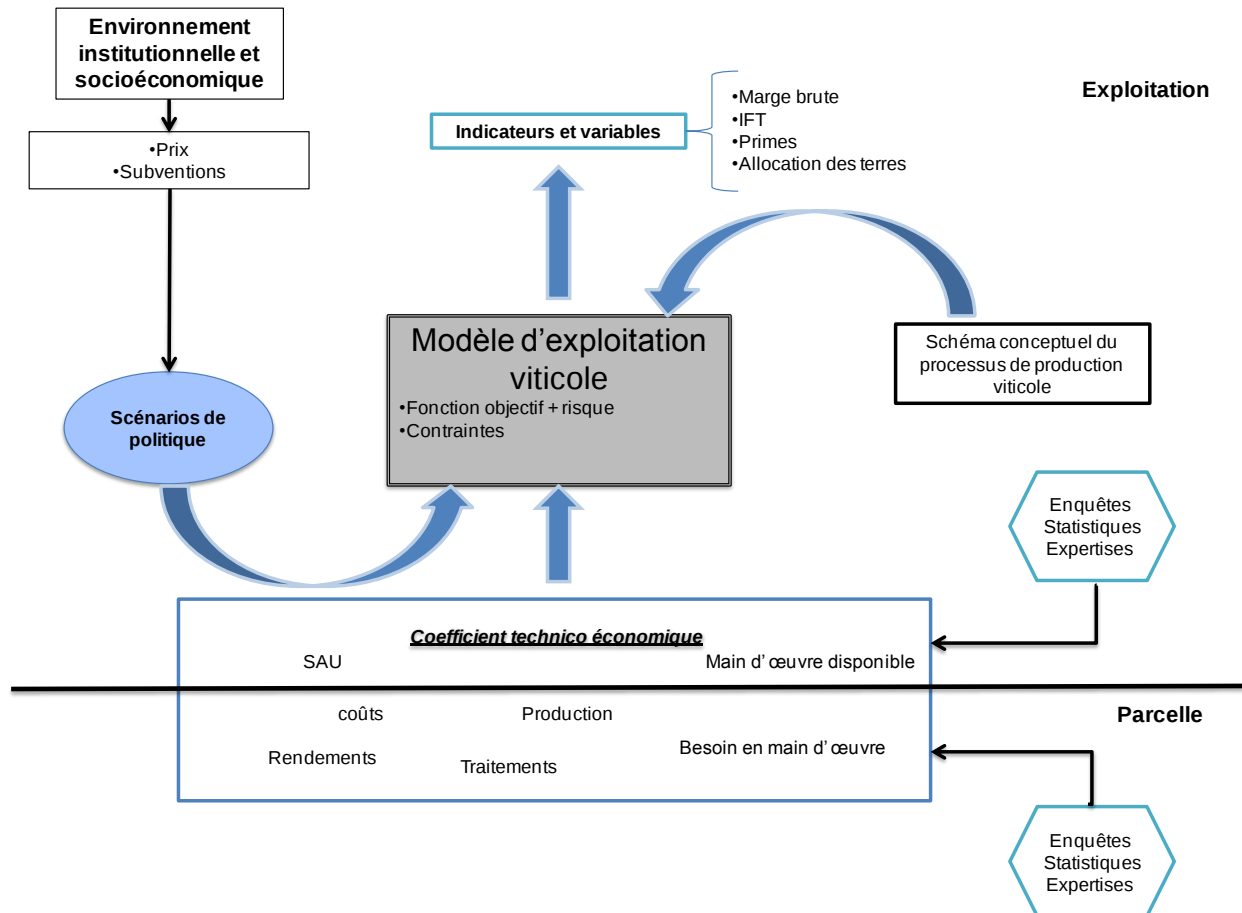


Figure 1. Méthodologie suivie.
Source: *Elaboration personnelle*

Partie 3. Méthodologie de la recherche: Application de la programmation mathématique

Chapitre 1. Modèle conceptuel

1 Introduction

L'objectif de ce modèle est de nous aider à comprendre le fonctionnement du système viticole en tant qu'ensemble d'activités représentant chacune une entité élémentaire, déterminer le lien entre ces différentes entités, montrer la dynamique du fonctionnement de ces éléments et enfin faire apparaître ce qui est fixe et ce qui est variable au cours de la conversion.

Dans cette partie on tentera de formaliser d'une façon conceptuelle notre point de vue sur le système viticole au moment de la conversion AB avant de passer au modèle économique.

Ce schéma conceptuel va permettre d'expliquer comment se fait le passage en viticulture biologique mais aussi de montrer les performances d'un tel système par rapport au système viticole conventionnel. Par ailleurs, il servira de base à la modélisation mathématique et permettra de répondre à la question : que modéliser en termes d'activités agricoles, d'itinéraires techniques, de systèmes de cultures, et des contraintes de terrain ?

2 Représentation conceptuelle du processus de production viticole

Le concept de système de production est un concept essentiel pour les économistes ruraux et les agronomes (Brossier, 1987). D'après la définition de De lauwé et Poitevin (1957) « *le système de production est la combinaison des facteurs de production et des productions dans l'exploitation agricole* ».

Le système de production décrit l'ensemble de processus grâce auquel il y a production de biens pour satisfaire une demande à l'aide de facteurs de production existants sur le marché (ressources, approvisionnements..).

La prise de décision de production se fait par rapport aux ressources (sol, eau), aux conditions économiques (trésorerie, main d'œuvre, technicité...) et institutionnelles (quotas, incitations, interdictions...) et aux systèmes de culture possibles en fonction des conditions biophysiques.

Le système de culture représente une partie intégrante du processus de production. Pour définir un processus de production, il est important de considérer les spécificités et les bases conceptuelles du système de culture. Pour cela, il est nécessaire de pouvoir définir les relations de causes à effet existantes entre les entités de ces deux concepts. Cette analyse conceptuelle requiert et favorise une forte multidisciplinarité en faisant le lien entre deux disciplines (agronomie et économie) (Flichman et al, 2008).

Situé dans un environnement institutionnel et physique, le système de culture viticole se définit comme la combinaison d'un système biophysique (sol, plante, bioagresseurs,...) et de l'ensemble des pratiques culturelles qui influencent le système biophysique. Le schéma ci après montre bien le lien entre les composantes du système de culture et l'environnement dont il existe qui définissent après les performances d'un tel système.

On entend par activité, la façon particulière de produire quelque chose. C'est la représentation d'un processus de production (Flichman et al, 2008). Dans ce système, une activité viticole peut désigner un ensemble distinct d'actions identifiées, organisé selon un processus logique,

observable en tant que tel. Cela correspond aussi à une entité élémentaire biophysique, technique et économique.

Un produit peut être à l'origine de plusieurs activités. Par exemple, pour produire du raisin, nous pouvons avoir plusieurs activités différentes qui permettent d'obtenir le même produit (Merlot palissé sur un seul fil, Merlot palissée sur deux fils...). Une activité, peut être considérée, comme combinaison de certains éléments qualitativement, définis par des ratios quantitatifs fixes pour lier les inputs et les outputs (Koopmans, 1951).

En s'intéressant au produit « raisin », dans notre application, toute activité viticole se définit par une interaction entre ces différents éléments :

- **Le cépage**⁵: c'est un plant de vigne caractérisé par la forme de ses feuilles et de ses grappes. Au niveau botanique, c'est un cultivar, c'est-à-dire une variété de population composée d'individus génétiquement différents mais qui présentent des caractéristiques proches, plutôt qu'une variété de vigne au sens botanique.
- **Zone pédoclimatique**: elle est définie par la combinaison des différents éléments suivant : le type de sol, les conditions climatiques, la remontée de sel et l'enherbement par semis. Ces derniers sont déterminants du choix des cépages et de l'itinéraire technique.
- **La conduite de production**: Chaque viticulteur fait face à différents systèmes de production (conventionnel, raisonnée, Biologique,...). Le choix du système sera en fonction de ses attentes en termes de la rentabilité, de l'impact sur l'environnement...pour un même système, les pratiques culturales diffèrent d'une exploitation à une autre (produits de traitement, enherbement de l'inter rang (semis ou naturel)...
- **Structure d'âge**: Comme tout arbre fruitier, la vigne est une plante dont le rendement dépend de son structure d'âge (Nouvelle plantation, en croissance, en production).

⁵ Le cépage ne peut être multiplié que par voie végétative (bouture, marcottage ou greffe). Le cep est un pied de vigne, formé de 2 parties : le porte-greffe (vigne choisie pour la qualité de développement de ses racines dans le sol) et la partie aérienne, le greffon (vigne donnant de bons raisins).

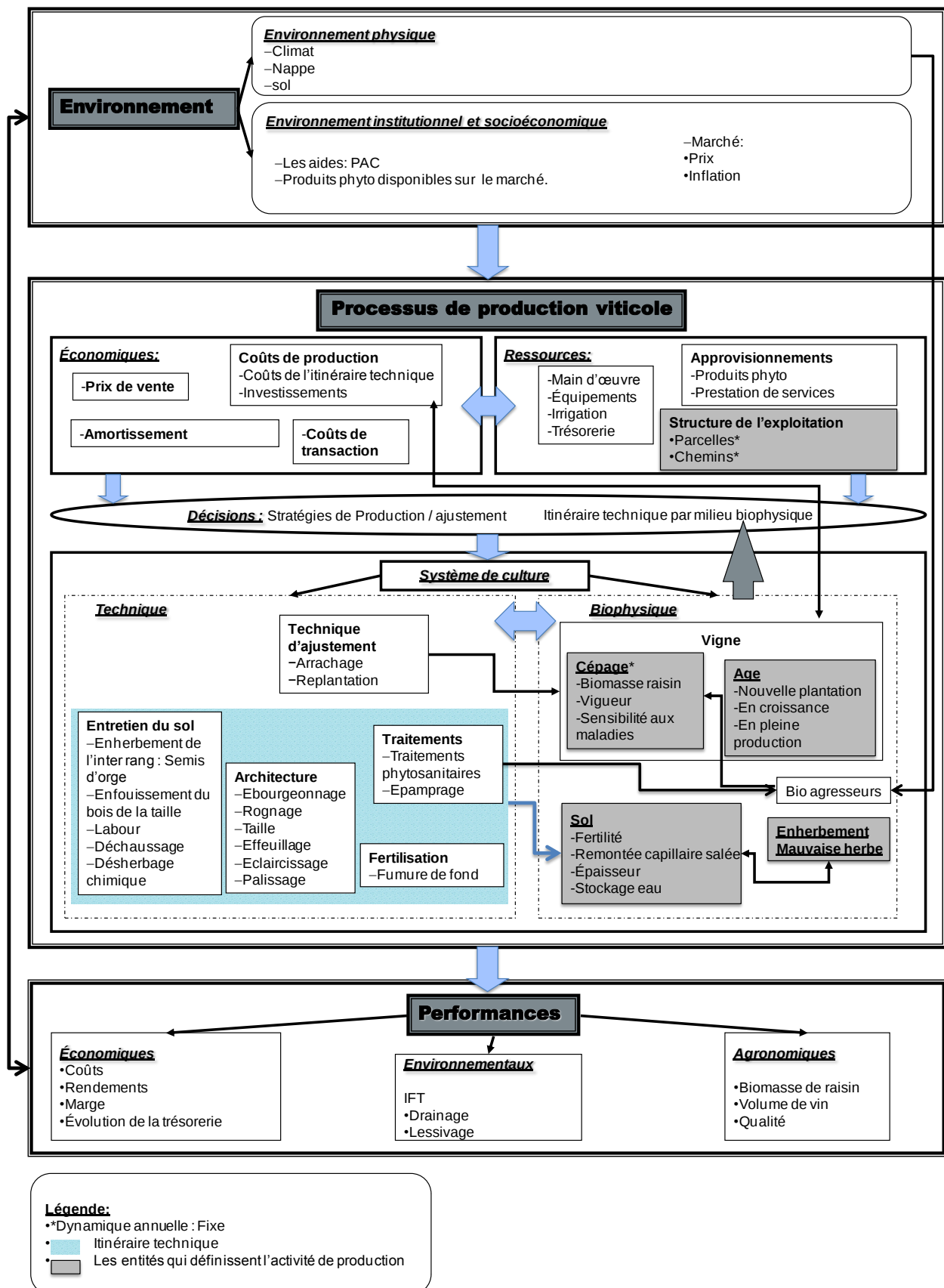


Figure 2. Représentation conceptuelle du système de production viticole.
Source : Elaboration personnelle.

Durant la période de conversion les pratiques culturales changent dans le respect d'un cahier de charges comme indiqués antérieurement (Partie 1 ; les exigences de production végétale biologique AB). Dans le but de respecter ce cahier des charges, de nouvelles techniques culturales apparaissent au niveau de l'entretien du sol (désherbage mécanique), de la fertilisation (utilisation du compost comme apports de fertilisants), élimination de traitements chimiques et les remplacer par des produits naturels (soufre et cuivre) en plus des autres moyens naturels pour lutter contre les bio-agresseurs (confusion sexuelle, lâchés de prédateurs). Mettre l'accent sur ces changements nous permet d'avoir une idée sur la dynamique de la conversion (ce qu'on ajoute et ce qu'on supprime au niveau des pratiques culturales) (figure 3).

L'apparition d'une nouvelle technique culturale génère un coût supplémentaire du fait de la forte mécanisation de l'exploitation nécessitant un investissement de matériel et d'unités de travail humain supplémentaires et agit sur le rendement des vignes et aussi sur l'environnement (figure 3).

Sachant que la conversion peut être parcellaire, c'est-à-dire par entité de production, les performances de ce nouveau système diffèrent du système conventionnel en matière de rendement, coût, marge, IFT... sans oublier qu'à partir de la troisième récolte la valorisation du produit se fait par l'augmentation de son prix.

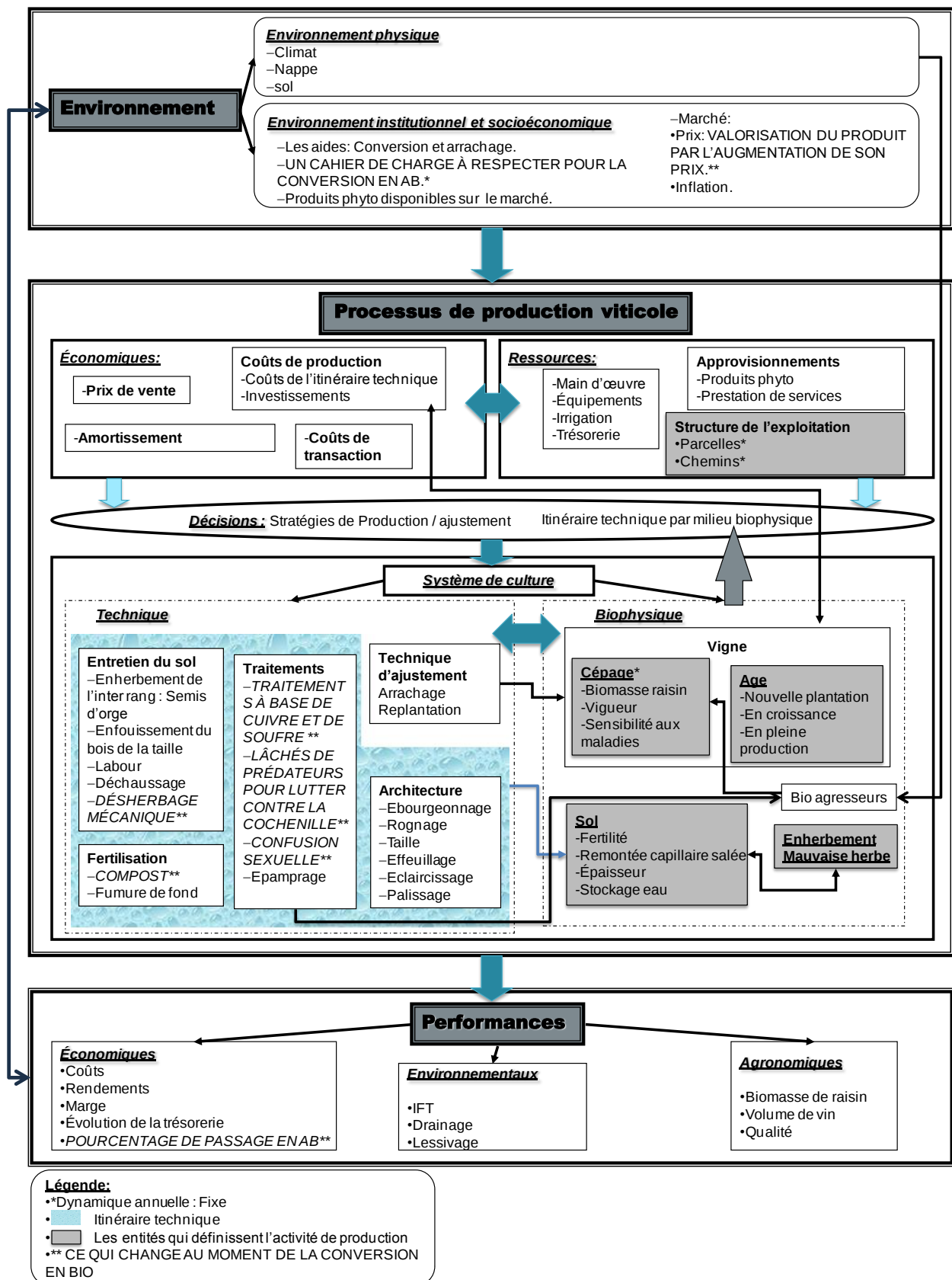


Figure 3. Représentation conceptuelle du système viticole en conduite biologique.
Source : Elaboration personnelle

Chapitre 2. Proposition de modélisation mathématique des cultures vignes

1 Le choix du support méthodologique

Parmi les différentes méthodes et instruments pour l'analyse économique on a choisi l'approche de la programmation mathématique avec le langage GAMS (The General Algebraic Modeling System), particulièrement adapté aux problèmes qui se posent dans l'activité agricole (Boussard et al., 1997). En effet, la programmation mathématique est souvent utilisée pour reproduire le comportement (rationnel) des agriculteurs en optimisant leur revenu sous diverses contraintes, quant à la quantité des ressources disponibles (terre, travail, capital) (Dogliotti et al., 2003; Flichman et al., 2008) ou concernant les impératifs biophysiques, agronomiques, socio-économiques et institutionnelles (Boussard et al., 1988).

1.1 FSSIM comme support

Le modèle de ferme FSSIM (Farm System Simulator, Louhichi et al. 2009) a été élaboré dans le cadre du projet SEAMLESS en réponse aux besoins de recherche sur les politiques publiques de l'UE (van Ittersum, 2009). Il doit permettre de fournir aux décideurs politiques: « *Un outil intégré permettant l'évaluation ex-ante les impacts des politiques agricoles, environnementales et de développement rural sur la durabilité de l'agriculture et le développement durable* » (Louhichi et al., 2009).

FSSIM est un modèle bioéconomique d'optimisation statique composé principalement de deux modules :

- FSSIM-AM (Data Model for Agricultural Management): C'est une base de données permettant de caractériser des activités actuelles et alternatives ainsi que la quantification de leurs coefficients d'inputs et d'outputs.
- FSSIM-PM (Mathematical Programming Model): cherche à représenter le comportement de l'agriculteur, sous contraintes techniques et socio-économiques, les relations entre les facteurs de production, la production, le coût de chaque activité de production et les futurs prix du marché. FSSIM-PM s'appuie sur quatre caractéristiques principales : le modèle est statique ; considère une aversion au risque de l'agriculteur aux conditions climatiques et les variations de prix ; le modèle est basé sur la programmation positive et il cherche à être générique (pour une présentation détaillée de FSSIM, voir annexe 2).

Dans le modèle initial développé exclusivement pour les cultures annuelles les allocations de terre aux cultures pérennes sont considérées comme fixes. Par ailleurs, ayant une structure modulaire (Module de culture, module de risque, module PMP, module des investissements, module d'élevage, module des primes, module de politiques et le module des pérennes), il serait possible de connecter un module culture pérennes à FSSIM une fois ce module est développé. C'est dans ce contexte qu'une première version (sous forme d'algorithme mais pas implémenté dans FSSIM) de FSSIM-pérenne a été développé (Blanco Fonseca, 2008).

1.2 La composante pérenne dans FSSIM

Le modèle pérenne (algorithme) développé par (Blanco Fonseca, 2008) intègre des spécificités qui n'existent pas pour les cultures annuelles :

- Une longue période (plusieurs années) de développement est nécessaire avant que la vigne entre en production;
- Un rendement variable selon le stade de croissance du vignoble. En effet, le rendement des vignobles commencent à augmenter jusqu'au stade de maturation (un rendement maximum est atteint durant cette période, c'est la période de pleine production). Après quoi, la production décroît.
- Un coût de changement de culture et d'arrachage élevé.
- Les inputs et les outputs dépendent de l'âge des arbres cultivés c'est-à-dire que la valeur moyenne de la plantation dépendra de sa structure d'âge.

Afin d'établir un état stationnaire (la superficie ainsi que le nombre de parcelles restent les mêmes pour une exploitation donnée) on suppose que pour chaque hectare de culture pérenne dont la durée de vie est de n années, il existe $1/n$ hectares d'arbres plantés dans la période actuelle, $1/n$ hectares d'arbres âgés d'une année, $1/n$ hectares d'arbres âgés de deux ans etc. (Blanco Fonseca, 2008).

Face aux changements technologiques, économiques et institutionnels, l'agriculteur décidera du maintien de la plantation initiale ou de changer sa stratégie de production selon quatre modalités :

1. La maintenance de la plantation actuelle: la situation initiale (en termes de superficie de plantation) est conservée par le remplacement des arbres âgés. Les données nécessaires pour analyser un tel système sont structurées en fonction de la structure d'âge de la culture pérenne étudiée :



t : l'âge des arbres cultivés.

p : le nombre d'année nécessaire pour atteindre la maturité.

g : le nombre d'année nécessaire pour entrer en production.

n : la durée de vie.

2. Une diminution progressive de la superficie allouée à la culture pérenne à cause du non renouvellement des plantes âgées (taux de remplacement nul).
3. Changement de stratégie de production pour se convertir (via l'arrachage) en production de culture annuelle.
4. Décider d'augmenter la superficie allouée aux cultures pérennes.

2 Application empirique à une exploitation viticole du Languedoc Roussillon et hypothèses du travail

2.1 Exploitation agricole retenue

2.1.1 Présentation

Le champ d'application de notre approche concerne une exploitation viticole du Languedoc Roussillon. Ce choix est justifié par la volonté de ses dirigeants à se convertir en biologique (exploitation en première année de conversion) et leur besoin d'un outil leur permettant d'avoir une idée sur l'impact de ce passage sur leur revenu. Cet outil leur servira comme un moyen d'aide à la décision pour mieux gérer la période de conversion et évaluer la rentabilité de ce nouveau mode de conduite sur le long terme.

Cette exploitation est de petite taille et produit du raisin de cuve en sec. Sa superficie agricole utile est de l'ordre de 48 ha. Pour un sol sableux, un peu plus argileux au nord du domaine (voir Carte 1: Annexe 4), l'exploitation connaît, par endroit, des problèmes de remontées de sel et d'érosion éolienne. L'exploitation est située sur des entrées maritimes, ce qui favorise certaines maladies et ravageurs (mildiou et oïdium).

Le Domaine de Pive est située dans une zone vulnérable à la pollution azotée. L'agriculture biologique est depuis un moment conseillée dans cette zone, pour diminuer la pollution de l'eau (diffuse et ponctuelle) et protéger l'environnement. Mais, la conversion pose toujours plein de questions pour les agriculteurs surtout concernant les traitements et leur fréquence. En effet, cette zone caractérisée par une humidité importante reste très vulnérable aux bioagresseurs.

2.1.2 Analyse de la situation de l'exploitation

La situation de base de l'exploitation est celle de l'année 2008. Cette année représentera pour le domaine sa dernière année en conduite conventionnelle. La description de cette situation sera utile pour décrire l'état économique mais également de production de l'exploitation avant le passage en biologique.

Nous avons six parcelles de Merlot (M1, M2, M3, M4, M5, M6), cinq parcelles de Grenache (G1, G2, G3, G4, G5), deux parcelles de Carignan (CR1, CR2), une parcelle de Cabernet (CB), une parcelle de Sauvignon (SV) et une parcelle de Roussane (R).

Le Merlot est le cépage dominant sur l'exploitation (figure 4). Avec 14 hectares, il représente 30% de la SAU. Après on trouve le Carignan qui représente 14 hectares, soit 22% de la SAU. Suivie par le grenache, le Roussane, le sauvignon et le cabernet par respectivement 10,6, 4, 3,3 et 2,5 hectares, soit 22%, 7%, 5.2% et 8.3% de la SAU de l'exploitation respectivement. Ces cépages sont certes représentatifs de la région (nature du sol,...) mais aussi liés aux objectifs de production de l'exploitation en termes du type de vin produit (gris, rose, rouge).

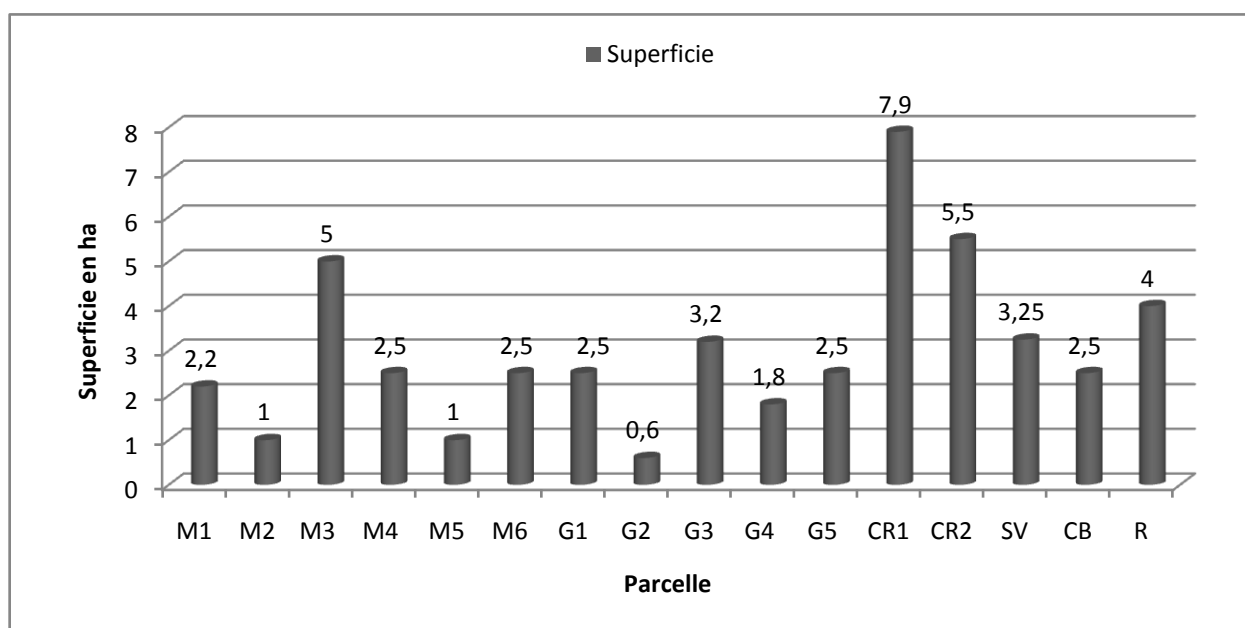


Figure 4. Assolement initial par parcelle et par cépage.

Source : Elaboration personnelle sur la base des données du Pive

2.2 Hypothèses de travail

Comme énoncé précédemment, j'ai développé un modèle spécifique individuel pour la viticulture pour simuler les impacts économiques et environnementaux d'une reconversion en biologique des exploitations viticoles. En travaillant sur un domaine particulier et par rapport à la base des données existante, quelques hypothèses/simplifications ont été faites par rapport au modèle de Fonseca Blanco (2008) et du schéma conceptuel :

2.2.1 Hypothèse 1 : Structure d'âge

Dans cette application, la structure d'âge n'est pas prise en compte. Ceci est lié à l'homogénéité de la structure d'âge des vignes de l'exploitation (la moyenne d'âge est de 12 ans) qui sont en pleine production. C'est-à-dire par rapport à la structure d'âge des arbres (une des entités définissant l'activité viticole dans le modèle conceptuel), on se positionne dans l'intervalle $[p, n]$ et on estime que cet intervalle est de vingt ans.

2.2.2 Hypothèse 2 : Les variables de décision définissant l'activité viticole

Par rapport à la définition de l'activité viticole retenue au niveau du modèle conceptuel (chapitre1) et en considérant l'exploitation du Pive, la structure d'âge étant fixe (hypothèse 1) on retient les entités suivantes pour définir l'activité viticole :

- **Le cépage** : Dans cette exploitation, on trouve six cépages: Merlot *M*, Roussane *R*, Carignan *CR*, Cabernet *CB*, Sauvignon *SV* et Grenache *G*. Ces cépages sont représentatifs de la région.
- **La zone pédoclimatique** : Autre que l'effet cépage dans la représentation de l'activité viticole, un autre élément a été considéré qui est la zone pédoclimatique. Cette dimension a été définie par une combinaison de l'enherbement et des remontées capillaires de sel. Dans certaines zones de l'exploitation la nappe est très poche, des remontées capillaires de sel sont

par ailleurs constatés sur certaines parcelles, soit 8,2 hectares. Un enherbement par semis n'est appliqué que sur 29,7 hectares pour éviter tout problème d'érosion éolienne due à la nature sableuse du sol. Cet enherbement est appliqué sur les parcelles qui sont proches de la route.

En effet, en observant les données sur le domaine du pive, nous avons remarqué que ces deux éléments présentent des effets significatifs sur les rendements permettent de différencier une activité à une autre. Pour simplifier la collecte des données et rendre le modèle plus générique, une combinaison a été faite pour regrouper les parcelles. Nous avons par ailleurs considéré quatre combinaisons (Figure 5) :

- *EN0S0*: pas d'enherbement et pas de remontée de sel
- *EN1S1*: présence d'enherbement et de remontée de sel
- *EN0S1*: pas d'enherbement et présence de remontée de sel
- *EN1S0*: présence d'enherbement et pas de remontée de sel.



Figure 5. Assolement initial par cépage et par combinaison enherbement-remonté de sel.

Source : Elaboration personnelle sur la base des données du Pive.

- **Le système de production :** Nous en avons retenu deux: le système conventionnel *CV* et un autre alternatif qui est le Biologique *AB*.

2.2.3 **Hypothèse 3** : Les charges opérationnelles de production

Durant la période de passage en biologique, les coûts sont plus importants qu'en conduite conventionnelle. En effet, un recours à la mécanisation ainsi qu'à la main d'œuvre se renforcent.

Le domaine de Pive est en première année de conversion. Les coûts ont été déduit à dire d'expert et estimé par activité viticole (hypothèse 2). La figure représente l'évolution tendancielle des coûts totaux de l'exploitation lors du passage en biologique. Nous constatons que les coûts augmentent brutalement à partir de la première année de conversion et stagnent après.

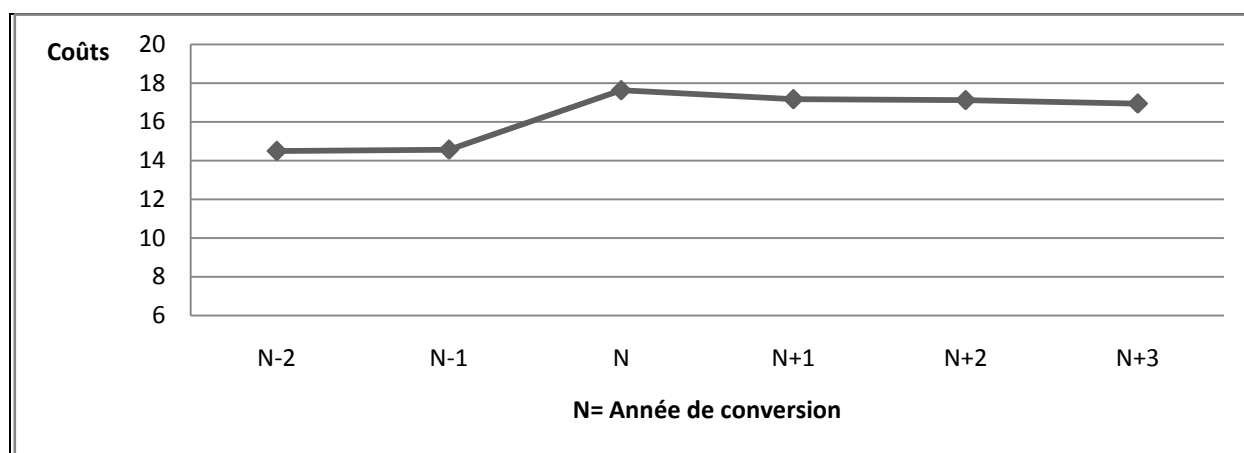


Figure 6. L'évolution des coûts durant la période de conversion en biologique

Source: Elaboration personnelle sur la base d'avis d'expert.

2.2.4 Hypothèse 4 : Les rendements

Comme l'exploitation est en première année de conversion, nous ne disposons pas de données sur les rendements du système biologique. Nous nous sommes dirigés vers la bibliographie et les entretiens avec des exploitants gérants des exploitations conduites en Agriculture Biologique.

Par rapport à ce qui existait au niveau de la bibliographie, nous avons observés des réponses différentes que nous résumons comme suit :

Au niveau d'une enquête réalisée dans le cadre du programme de recherche régional en agriculture biologique piloté par la chambre régionale d'agriculture des pays de la Loire (2005) différentes tendances d'évolution des rendements durant les premières années de conversion ont été déclarées:

Tendance 1: Affaiblissement de la vigueur avec chute de rendement parfois brutale (20% à 50%) lors de la conversion puis retour à un niveau « normal » à partir de la troisième année. Ce scénario est observé essentiellement sur des exploitations où le travail du sol n'était pas pratiqué avant la conversion provoquant une baisse brutale du rendement sur le court terme. Un enherbement efficace et une bonne gestion de la fertilisation organique permettront de retrouver les rendements initiaux (figure 7).

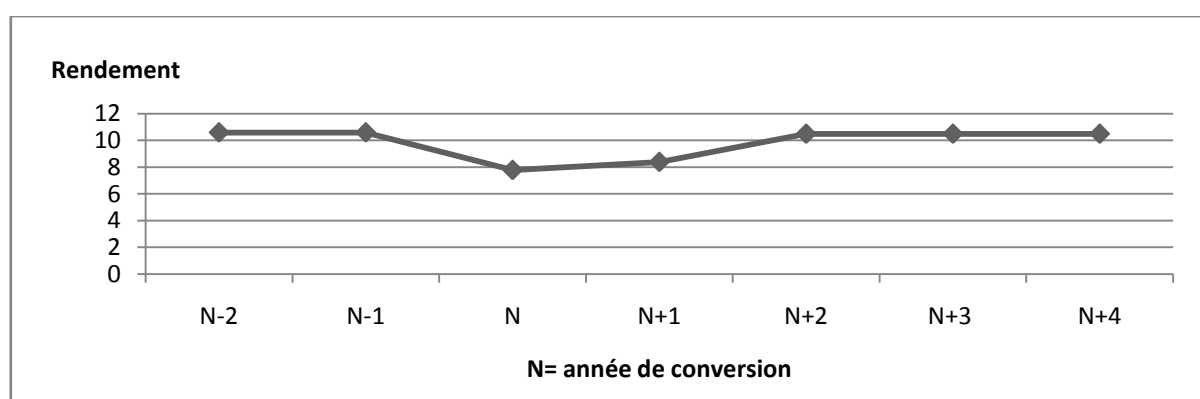


Figure 7. Première tendance d'évolution du rendement.

Source : Elaboration personnelle sur la base des données d'enquêtes (Agriculture biologique des pays de la Loire (2005)).

- **Tendance 2:** Comme pour le scénario précédent, le rendement connaît une chute en première année de conversion sans une remontée possible du rendement sur le long terme. Cette tendance est due principalement aux changements moins importants des pratiques culturales au moment de la conversion par rapport à ce qui existait déjà sur l'exploitation (figure 8).

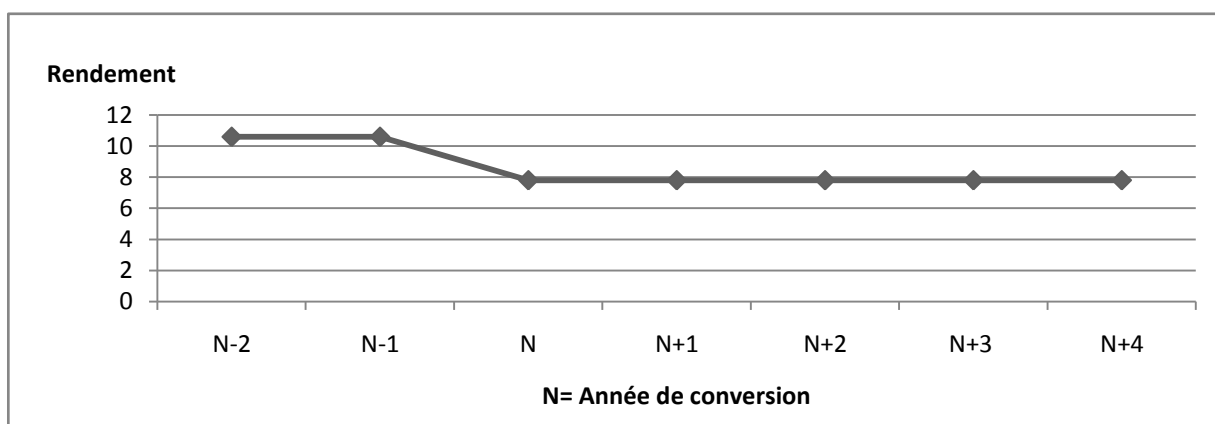


Figure 8. Deuxième tendance d'évolution du rendement.

Source : Elaboration personnelle sur la base des données d'enquêtes (Agriculture biologique des pays de la Loire (2005).

- **Tendance 3:** la baisse de rendement n'intervient que 2, 3 ou 4 ans après la conversion et tend ensuite à s'accroître. Cette tendance se voit généralement sur les exploitations dont l'enherbement est total (100% de la superficie). Les deux premières années, la concurrence exercée par cet enherbement qui s'installe progressivement est relativement faible. Après, la baisse du rendement peut être très rapide et très importante (figure 9).

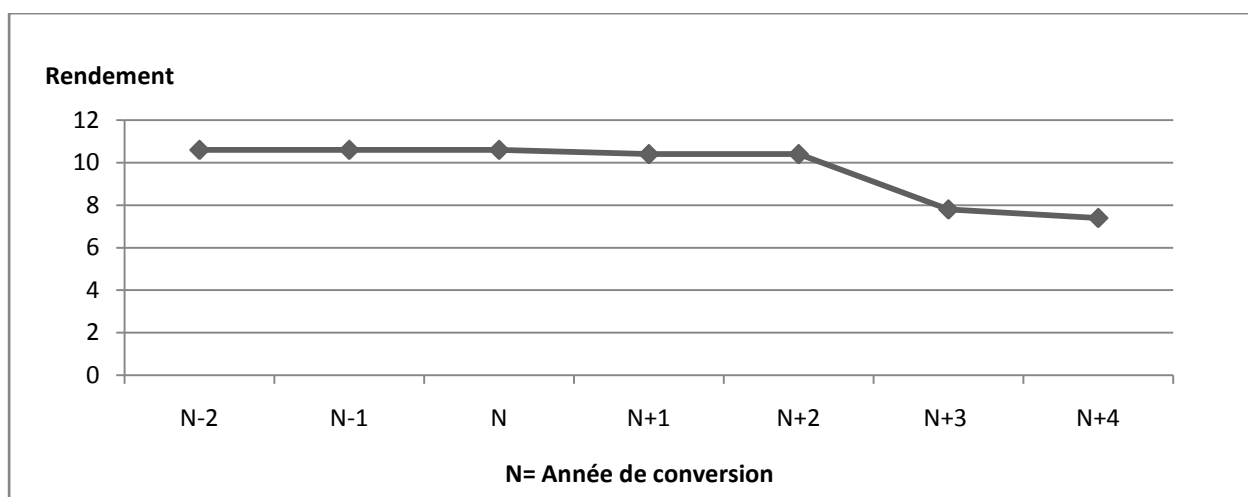


Figure 9. Troisième tendance d'évolution du rendement.

Source : Elaboration personnelle sur la base des données d'enquêtes (Agriculture biologique des pays de la Loire (2005).

D'après deux entretiens réalisés avec deux domaines des vignobles de sables au Languedoc Roussillon, deux tendances se confirment. En effet, un agriculteur de la région nous a confirmé qu'en passant en biologique en 1992, le rendement a connu une chute durant la première année afin de remonter à partir de la deuxième année pour atteindre le rendement initial (figure 7).

Une autre rencontre a été faite avec le responsable du domaine étudié, a déclaré : « je constate que les vignes sont plus vigoureuses cette année surtout par rapport à l'année dernière qui était une mauvaise année à cause des conditions climatiques ».

Cette hétérogénéité de réponses nous amène à considérer un rendement moyen constant pendant le passage en biologique. Nous retenons alors comme hypothèse que : *durant la période de conversion, les rendements restent égaux au rendement moyen observé sur l'exploitation entre 2002 et 2008.*

2.2.5 Hypothèse 5 : Prise en compte des coûts de transaction

On suppose que pour maintenir les rendements moyens tout en passant d'un système conventionnel à un autre biologique, certains coûts ne sont pas forcément comptabilisés dans les charges opérationnelles d'exploitation. On suppose par la suite qu'il existe des coûts, dits de transaction (contrôle, supervision, formation...) qui doivent être considérés dans le calcul total des coûts. Pour cela un coefficient de multiplication des coûts va être introduit au niveau de la fonction objectif. Ce coefficient est de l'ordre de 5%. C'est-à-dire, pour garder un rendement moyen pour les différentes activités, les coûts doivent augmenter de 5%. Cette situation est plus représentative de la réalité de l'exploitation.

2.2.6 Hypothèse 6 : La dynamique de la conversion

Pour le système biologique, les recettes ainsi que les coûts actualisés ont été calculés sur une période de vingt ans en tenant compte de la variabilité des prix durant les trois ans de la conversion. A partir de la quatrième année, on suppose que l'itinéraire technique reste le même pour toute la période de production de la vigne donc pas de changement de rendements, des coûts et des prix.

2.2.7 Hypothèse 7 : La conversion partielle des parcelles

Généralement la conversion en biologique se fait par entité de production (parcelle dans le cas de production végétale). C'est-à-dire on peut ne pas convertir toute l'exploitation en biologique, mais à une échelle plus petite qui est celle de la parcelle, la conversion doit être totale. Dans cette étude et pour donner plus de flexibilité au modèle, on suppose que pour une même parcelle la conversion peut être partielle ou complète.

2.2.8 Hypothèse 8 : Système biologique plus risqué

Nous considérons que le système biologique est plus sensible aux maladies et aux bioagresseurs que le système conventionnel. On suppose alors que le bio est plus risqué. Ce risque se traduit, pour le bio par rapport au conventionnel, par une variation inter annuelle plus importante des rendements. Pour calculer la variabilité des rendements, nous avons pris l'écart entre le rendement minimum et la moyenne pour le conventionnel. Pour l'AB nous avons supposé une variabilité de 30% de plus par rapport au conventionnel (le biologique est moins vigoureux).

2.2.9 Hypothèse 9 : Recettes aléatoires

Pour générer les recettes aléatoires nécessaires pour le calcul des déviations par état de nature, nous avons pris l'hypothèse que les recettes aléatoires pour le conventionnel comme le bio suivent une loi normale.

Une variabilité par état de nature est alors calculée à partir d'une distribution normale pour cinquante états de nature [MM1 MM50]. Cinquante recettes aléatoires, se sont ainsi générées par le modèle.

Le tableau 1 présente un récapitulatif des différentes hypothèses :

Tableau 1. Tableau récapitulatif des différentes hypothèses de travail émises.

Hypothèse	Enoncé
Hypothèse 1	Nous ne considérons pas la structure d'âge pour la définition de l'activité viticole.
Hypothèse 2	L'activité viticole est considérée comme un cépage dans une zone pédoclimatique et sous un système de production
Hypothèse 3	Nous considérons que les charges opérationnelles connaissent une augmentation durant la première année de conversion et stagnent après.
Hypothèse 4	Durant la période de conversion, les rendements restent égaux au rendement moyen observé sur l'exploitation durant la période (2002-2008).
Hypothèse 5	Pour maintenir un rendement moyen constant lors de la conversion en biologique, on considère que cela nécessite une comptabilisation de certains coûts de transaction (5% des coûts).
Hypothèse 6	Les recettes du système biologique ont été actualisées et calculées sur une période de 20 ans pour tenir compte de la dynamique de la conversion.
Hypothèse 7	Pour une entité de production (parcelle), la conversion en bio peut être partielle.
Hypothèse 8	Le système biologique est plus risqué, d'où nous supposons une variabilité importante des rendements du bio par rapport à ceux du conventionnel (+30%).
Hypothèse 9	Les recettes aléatoires pour les deux conduites de production (conventionnelle et biologique) suivent une loi normale.

Source : Elaboration personnelle.

2.3 Base de données

Les coefficients techniques associés aux activités pratiquées sur cette exploitation (le Pive) proviennent de différentes sources. Les données économiques du système conventionnel (prix, coûts, rendements...) proviennent de la base de données de l'entreprise Jeanjean. En ce qui concerne le système biologique, les données technico économiques ont été estimées par rapport à des entretiens réalisés avec d'autres exploitations viticoles en conduite biologique. Les rendements moyens sont calculés à partir de données réellement observés sur une période de sept ans (2002-2008). Pour des raisons de confidentialité les données utilisées dans cette application ne sont ni détaillées ni affichées dans ce document.

Pour le système biologique, une moyenne actualisée des coûts a été calculé sur toute la période productive de la vigne comme indiqué dans le tableau 1.

Tableau 2. Calcul des coûts

Conventionnel (CV)	Biologique (AB)					
Situation de base	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	4 ^{ème} année	...	20 ans
$\begin{aligned} \text{CHO}(c, s) = & \sum_{c, \text{ens}, s} \text{Ctrt}(c, \text{ens}, s) + \sum_{c, \text{ens}, s} \text{Cdsb}(c, \text{ens}, s) + \\ & \sum_{c, s} \text{CFert}(c, \text{ens}, s) + \\ & \sum_{c, \text{ens}, s} \text{bvc}(c, \text{ens}, s) + \sum_{c, \text{ens}, s} \text{Cgsl}(c, \text{ens}, s) + \\ & \sum_{c, \text{ens}, s} \text{cmo}(c, \text{ens}, s) + \sum_{c, \text{ens}, s} \text{Csem} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{CHO}(c, \text{ens}, \text{ab}') = & \\ & \left(\sum_t \frac{\text{CHO}(c, \text{ens}, t)}{(1 + \text{ta})^{t-1}} \right) / N \end{aligned}$					

Source : Elaboration personnelle

Tels que :

- CTrt (c,ens,s) est le coût de traitement par cépage *c* dans une zone pédoclimatique *ENS* et par système de production *s* (euros par hectare).
- Cdsb (c,ens,s) représente le coût de désherbants par cépage *c* dans une zone pédoclimatique *ENS* et par système de production *s* (euros par hectare).
- Cfert(c,ens,s) est le coût de fertilisants par cépage *c* dans une zone pédoclimatique *ENS* et par système de production *s* (euros par hectare).
- Cgsl(c,ens,s) représente le coût de carburant par cépage *c* dans une zone pédoclimatique *ENS* et par système de production *s* (euros par hectare).
- bvc(c,ens,s) représente le coût de prestation de services par cépage *c* dans une zone pédoclimatique *ENS* et par système de production *s* (euros par hectare).
- cmo(c,ens,s) représente le coût de main d'œuvre par cépage *c* dans une zone pédoclimatique *ENS* et par système de production *s* (euros par hectare).
- Csem(c,ens,s) représente le coût d'enherbement par semis par cépage *c* dans une zone pédoclimatique *ENS* et par système de production *s* (euros par hectare).
- *t* : c'est l'année de calcul sur une période *n* qui est égal à vingt ans.
- CHO (c,ens,`ab`) se sont les charges opérationnelles par cépage, par zone pédoclimatique et par système de production AB.
- CHO (c, *t*) se sont les charges opérationnelles par cépage et par année.
- *Ta* est le taux d'actualisation (pris égal à 3%).
- *N* : Nombre d'année pris égal à 20.

Les prix représentent le seul déterminant de la variabilité des recettes. On estime que pour les trois années de conversion, la vente du raisin se fait hors circuit AB. A partir de la quatrième année la vente du produit se fait sous le label AB.

Par ailleurs, pour le système biologique, une moyenne pondérée actualisé des recettes sur toute la période de production ont été calculés comme le montre le tableau 3 :

Tableau 3. Calcul des recettes

	Conventionnel (CV)	Biologique (AB)					
	Situation de base	1ère année	2ème année	3ème année	4ème année	...	20 ans
<i>Rendement</i>	Rendement Moyen =M	M	M	M	M	...	M
<i>Prix</i>	Prix CV	Prix CV	Prix CV	Prix CV	Prix AB	...	Prix AB
<i>Recettes</i>	$RC(c, ens, 'cv') = M * \text{Prix}$	$RC(c, ens, 'ab') = \frac{\sum_t \frac{RC(c, ens, t)}{(1 + ta)^{t-1}}}{N}$					

Source : Elaboration personnelle

- $RC(c, ens, 'ab')$ se sont les recettes par cépage, par zone pédoclimatique et par système de production AB.
- $RC(c, ens, t)$ se sont les recettes par cépage, par zone pédoclimatique et par année.
- Ta : taux d'actualisation qui est de l'ordre de 3%.
- N : Nombre d'année qui est de 20 ans.

2.4 Formulation du modèle d'exploitation viticole en conversion en biologique

En partant du module pérenne développé par Blanco Fonseca (2008), qui est plus adapté aux applications régionales de SEAMLESS, et du schéma conceptuel représentant le fonctionnement d'une vigne (Chapitre1; Figure 2), j'ai développé un module pérenne spécifique à une culture de vigne.

2.4.1 Les variables de décision

En général, un agriculteur ne se résigne pas à choisir uniquement les cultures à produire. En réalité, il choisit aussi les systèmes de production, les itinéraires techniques, etc. (Blanco, 2007).

Dans ces conditions, nous avons identifié les activités de production (vecteur $X_{c,ens,s}$) comme les variables de décision. Les activités viticoles peuvent être définies comme combinaison d'un cépage $C = \{M, R, CR, CB, SV, G\}$ dans une zone pédoclimatique (enherbement, salinité) $ENS = \{EN0S0, EN1S1, EN0S1, EN1S0\}$ et sous une conduite de production S (conventionnelle, biologique).

2.4.2 La fonction objectif

L'agriculteur maximise son utilité, composée d'un terme positive de la fonction objectif, le revenu espéré, moins la variabilité des recettes provoquée par les variations des rendements et des prix représentée par le risque.

La formulation mathématique de la fonction objectif est comme suit:

Équation 1. Fonction objectif

$$\begin{aligned} \text{Max } U &= Z - \phi\sigma \\ \text{St. } AX &\leq B, \\ X &\geq 0 \end{aligned}$$

- U : Utilité espérée.
- Z : le revenu moyen espéré de l'exploitation.

- ϕ : Coefficients d'aversion au risque.
- A: Matrice des coefficients techniques.
- σ : La déviation standard des revenus aléatoires (Ecart Type).
- B: Matrice des disponibilités de ressources.

a. La fonction du revenu

La définition du revenu Z est comme suit:

Équation 2. Fonction du revenu

$$Z = \sum_{c,ens,s} REC(c,ens,s) * X(c,ens,s) - \sum_{c,s} CHO(c,ens,s) * X(c,ens,s)$$

Tels que:

- X(c,ens,s) représente l'assolement par cépage, dans une zone pédoclimatique et par système de production.
- REC(c,ens,s) ce sont les recettes calculées par cépage, dans une zone pédoclimatique et par système de production. Elles sont égales au prix multiplié par le rendement. Les prix varient selon le système de production et les rendements sont donnés par cépage, par zone pédoclimatique et par système de production
- CHO(c,ens,s) se sont les charges opérationnelles par cépage dans une zone pédoclimatique et par système de production. Elles sont calculées à partir de l'équation suivante pour le système conventionnel.

b. La prise en compte du risque

L'introduction du risque a pour objectif d'avoir un modèle plus réaliste capable de reproduire ou au moins de se rapprocher de la réalité. En effet, le risque joue un rôle primordial au moment de la prise de la décision de l'agriculteur et modifie fortement son comportement. Donc négliger le risque, conduit fortement à un modèle normatif –prescriptif. L'introduction du risque permet en effet, un calibrage approximatif du modèle. IL assure un ajustement des prévisions du modèle aux données observées en acceptant une déviation résiduelle entre la simulation et la réalité (Louhichi, 2006 ; Jacquet, 2008 ; Boussard,1997).

Il existe deux sources du risque dans le modèle. D'une part, le risque agronomique, représenté par la variabilité des rendements du fait de la conversion en biologique, et d'autre part, le risque économique, représenté par les variations des prix des produits.

L'écart type est calculé d'une façon endogène à partir des déviations totales entre le revenu net annuel Z et le revenu en fonction des états de natures (e) exprimé par :

Équation 3. Ecart Type

$$\sigma(ze) = \sqrt{\frac{\sum_e Dev(e)^2}{e}}$$

Avec:

- e: Les états de nature.
- Ze: le revenu aléatoire de l'exploitation, en fonction des états de la nature e.
- Dev(e). : la déviation par état de nature

On désigne par état de nature une situation définie par des caractéristiques particulières de rendement, prix, niveaux de ressources,... qui déterminent le niveau de revenu obtenu pour un plan de production donné (Jacquet, 2008).

2.4.3 Les contraintes

a. La contrainte de surface

L'addition des surfaces occupées par chaque système ne peut pas dépasser la surface disponible de la parcelle.

Équation 4. Contrainte terre

$$\sum_s X(c, ens, s) \leq ASS(c, ens)$$

Avec :

- $ASS(c, ens)$ qui est la disponibilité en terre pour chaque cépage ou aussi l'assolement initial pour chaque parcelle.

Au niveau du modèle, on suppose que l'assolement initial de chaque parcelle reste inchangeable. Par contre, pour une même parcelle la conversion peut être partielle ou complète (hypothèse 7).

b. La contrainte de travail

Pour cette exploitation, les besoins en main-d'œuvre du cépage c , et sous une conduite s doivent être pourvus avec la main-d'œuvre disponible.

Équation 5. Main d'œuvre

$$\sum_{c,s} bmo(c, ens, s) \leq DMO + MOS$$

Tels que:

- $bmo(c, ens, s)$: Besoin en main d'œuvre (heures) pour chaque cépage c , par zone pédoclimatique et sous une conduite de production s .
- DMO : La main d'œuvre disponible en heures.
- MOS : recours à la main d'œuvre supplémentaire lors du passage en biologique (heures).

Cette fonction servira surtout pour calculer la main d'œuvre supplémentaire nécessaire pour passer en biologique (MOS).

2.4.4 Calibration et validation du modèle

L'objectif principal de cette étape, est de vérifier la robustesse du modèle et de décrire la situation initiale (économique dans notre cas). Pour calibrer et valider le modèle plusieurs méthodes se présentent (PMP (Howitt, 1995), le risque (Boussard et al, 1997)...).

Dans notre modèle, la phase de calibration et de validation n'est pas nécessaire. En effet, cette phase se fait automatiquement grâce à la contrainte terre. Cette contrainte permet au modèle de garder le même assolement initial pour tous les cépages ainsi que les coefficients technico-économiques. Le revenu réellement observé est alors égal au revenu estimé par le modèle. En effet, il y a que le système de production qui change. L'objectif du modèle est d'analyser le passage du conventionnel au biologique et la situation relative de chaque parcelle (cépage).

2.5 Intégration de l'Indicateur de fréquence de traitement au niveau du modèle

Dans cette étude on vise la comparaison les performances des systèmes de production viticole conventionnelle et biologique. Pour ce faire, le choix a été fait de simuler un indicateur environnemental. Etant donné le temps disponible, l'indicateur de fréquence de traitement (IFT) a été choisi au vue de la simplicité du calcul de cet indicateur et l'importance d'avoir une idée sur l'utilisation durable des produits phytosanitaires dans la conduite biologique par rapport au système viticole conventionnel.

L'IFT comptabilise le nombre de doses homologuées utilisées en moyenne sur un hectare au cours d'une campagne. Il peut être calculé à l'échelle d'une exploitation (en distinguant parcelles engagées d'une part et parcelles non engagées d'autre part) ou d'un territoire. Il peut être décliné par type de produits, en ne comptabilisant que le nombre de doses homologuées pour le type de produit considéré (IFT herbicides d'une part, IFT hors herbicides d'autres part). Dans notre cas on s'intéresse au calcul de l'IFT à l'échelle de l'exploitation agricole hors herbicides pour les parcelles en conduite biologique et celles en conduite conventionnel.

A l'échelle de l'exploitation, l'IFT est donnée par la formule ci après :

$$IFT(\text{parcelle}) = \sum IFT(\text{produit})$$

Où

$$IFT(\text{produit}) = \frac{\text{Dose appliquée sur la parcelle} * \text{superficie traitée}}{\text{Dosé homologuée} * \text{Superficie de la parcelle}}$$

Pour agréger cet indicateur à l'échelle de toute l'exploitation, objet de cette étude (domaine du Pive), l'IFT est calculé selon la formule ci après :

$$IFT(\text{Exploitation}) = \frac{\sum IFT(\text{traitements}) * \text{Superficie de la parcelle}}{\text{superficie de l'exploitation}}$$

Le calcul de cet indicateur requiert plusieurs données. Un bilan annuel des pratiques phytosanitaires a été établi à partir des données de l'exploitation.

Les doses homologuées ont été déterminé à partir du catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages des matières fertilisantes et des supports de culture homologués en France (<http://e-phy.agriculture.gouv.fr>).

Lorsqu'un produit est homologué pour plusieurs usages, l'option conventionnelle est de retenir la dose homologuée minimale. Un IFT (produit) de 1 a été affecté aux produits dont la dose homologuée n'était pas renseignée, considérant qu'ils étaient appliqués à la dose homologuée (INRA, 2009).

Le calcul de cet indicateur a été fait au niveau du modèle d'exploitation viticole, formulé précédemment, selon l'équation suivante :

Équation 6 : Calcul de l'IFT

$$IFTG(s) = \frac{\sum_{c,ens} IFT(c, ens, s) * ASS(c, ens)}{SAU}$$

Tels que :

- IFTG(s) : Indicateur de fréquence de traitement global à l'exploitation par système de production.
- IFT(c,ens,s) : Indicateur de fréquence de traitement (parcelle) par cépage, zone pédoclimatique et système de production.
- ASS(c,ens) : Assolement par cépage et zone pédoclimatique.
- SAU : Surface Agricole Utile.

2.6 Les scénarios de politiques simulés

Dans le but d'atteindre l'objectif de cette étude qui est de déterminer les impacts économiques et environnementaux de la reconversion en biologique des exploitations viticoles différents scénarios vont être testés. A ce niveau, nous étudions empiriquement les instruments qui encouragent le viticulteur à passer en biologique.

2.6.1 Scénario de référence

L'intérêt de cette simulation est de déterminer l'allocation des terres optimale ainsi que l'utilité de l'agriculteur en mettant en concurrence les modes de conduite conventionnelle et biologique. Ce scénario suppose que :

- Les aides de conversion sont non accordées (nulles).
- Le coefficient d'aversion au risque est de l'ordre de 1,4.
- Toutes les hypothèses énoncées précédemment sont prises en compte.

Au niveau de ce scénario quelques tests de sensibilité ont été réalisés:

- Une variation du coefficient d'aversion au risque a été faite pour monter l'effet de ce dernier sur l'allocation des terres mais aussi sur l'utilité du viticulteur.
- Nous avons retenu dans l'hypothèse 4 que les rendements sont pris comme égaux à la moyenne durant la période de conversion. Un test de sensibilité est réalisé pour montrer l'effet de la variation des rendements durant les premières années sur l'allocation optimale des activités. En gardant les mêmes coûts observés sur l'exploitation (pas d'augmentation des coûts de 5% : hypothèse 3). Pour ce faire, les différentes tendances explicitées précédemment dans la partie hypothèse 4 concernant les rendements ont été testées.

2.6.2 Scénario « subvention »

Ce scénario se différencie par rapport au scénario de référence par l'introduction d'un système de subvention mis en place par les pouvoirs publics pour encourager les viticulteurs à se convertir

en biologique. Cet instrument consiste en une aide régionale qui intervient en complément de l'intervention de l'Etat et des fonds européens. Elle est calculée sur les surfaces du projet de conversion non prises en charge par l'Etat. L'aide régionale consiste en une subvention dont le montant est déterminé par la prise en compte de la surface à convertir dans chaque type de production, multipliée par un montant forfaitaire qui est de l'ordre de 350 euros pour la viticulture avec un plafond de 7600€ par exploitation.

A ce niveau deux scénarios ont été simulés :

a. Scénario « subvention plafonnée » : Le premier scénario qu'on va tester est celui de l'intégration d'une subvention au niveau de la fonction objectif en ajoutant une contrainte de plafonnement de la subvention.

La fonction du revenu aura donc la forme suivante :

Équation 7. Fonction objectif avec subvention

$$Z = \sum_{c,ens,s} REC(c,ens,s) * X(c,ens,s) + \sum_{c,ens,s} sb(c,ens,s) * X(c,ens,s) - \sum_{c,ens,s} CHO(c,ens,s) * X(c,ens,s)$$

Tels que:

- X(c,ens,s) représente l'assolement par cépage , par zone pédoclimatique et par système de production.
- REC(c,ens,s) ce sont les recettes calculées par cépage, par zone pédoclimatique et par système de production. Elles sont égales au prix multiplié par le rendement. Les prix et les rendements sont donnés par cépage et par système de culture.
- SB(c, ens, s) la subvention par hectares octroyé par système de production.
- CHO (c, ens, s) se sont les charges opérationnelles par cépage, par zone pédoclimatique et par système de production.

La contrainte aura la forme suivante :

Équation 8. Contrainte plafonnement de l'aide régionale

$$\sum_{c,ens} sb(c,ens,'ab') * X(c,ens,s) \leq P$$

Tels que:

- X(c, ens, s) représente l'assolement par cépage et par système de production.
- SB(c, ens, s) la subvention par hectares octroyé par système de production
- P : plafond des subventions qui est égale à 7600 euros.

Le but de ce scénario est de vérifier l'hypothèse suivante: *«Les aides ne sont pas satisfaisantes pour compenser les pertes durant les premières années de conversion. Durant cette période, le producteur respecte la réglementation biologique sans pouvoir commercialiser son produit sous la mention AB»* et déterminer la part de la subvention dans le revenu de l'agriculteur.

b. Scénario « subvention déplafonnée» : Déplafonnement des aides régionales :

L'objectif du gouvernement étant d'encourager les agriculteurs de passer en biologique, une multiplication des superficies biologiques est visée. Pour cela, le gouvernement envisage de

déplafonner les aides à l'horizon 2012. Nous allons par la suite tester ce scénario de subvention et son effet sur le choix des systèmes de production.

Différents niveaux de subventions forfaitaires à l'hectare vont être testés (385, 770, 1155, 1540, 1925, 2310) pour montrer à quel niveau serait plus avantageux de se convertir totalement en biologique.

2.6.3 Scénario « prix » :

Ce scénario est lié à la valorisation des produits après la conversion en biologique par la vente du produit sous l'appellation AB.

Le prix du produit biologique représente un moyen pour les viticulteurs pour compenser les pertes de revenu dues à l'augmentation des coûts par rapport au conventionnel.

Des simulations ont été faites sur des niveaux différents des prix. Dans le but de vérifier l'hypothèse suivante : «Une augmentation relative des prix des produits AB peuvent encourager les viticulteurs à se convertir en biologique».

Pour ce faire, un coefficient de multiplication va être insérer dans la fonction objectif pour faire varier les recettes du système biologique qui sont proportionnelles aux prix.

On procédera comme suit: on va séparer les revenus selon les systèmes de production et multiplier les recettes du système biologique par un scalaire 'alpha' qu'on va varier.

La fonction de marge brute va s'écrire de la manière suivante :

$$Z = Z3 + Z4$$

Avec :

$$\begin{aligned} Z3 &= \sum_{c,ens,s} REC(c,ens,'CV') * X(c,ens,'CV') - \sum_{c,ens,s} CHO(c,ens,'CV') * X(c,ens,'CV') \\ Z4 &= \\ &ALPHA * \sum_{c,ens,s} REC(c,ens,'AB') * X(c,ens,'AB') + \sum_{c,ens,s} sb(c,ens,s) * X(c,ens,s) - \\ &\sum_{c,ens,s} CHO(c,ens,'AB') * X(c,ens,'AB') \end{aligned}$$

- Z : la marge brute totale.
- Z1 : la marge brute du système conventionnel.
- Z3 : la marge brute du système biologique.

On se met dans un cas de figure où le montant forfaitaire de la subvention est celui octroyé réellement, c'est-à-dire 350 euros par hectare. Pour le risque, on suppose que le coefficient d'aversion au risque est de 1,4. Ce scénario nous permettra, de déterminer quand est-ce que l'exploitation serait économiquement viable en passant totalement en biologique ainsi que la probabilité d'apparition de l'utilité en observant les recettes aléatoires.

2.6.4 Scénario « Prix-subvention »

Un autre scénario sera testé pour montrer l'effet de l'augmentation des deux mesures (les prix et la subvention) en même temps sur les superficies en conduite biologique. Pour ce faire, nous avons fait varier les niveaux de prix et de subvention en même temps.

Dans ce qui suit un tableau récapitulatif de tous les scénarios :

Tableau 4. Tableau récapitulatif des différents scénarios simulés.

Scénario	Objectifs
Référence	Déterminer l'allocation des terres optimale ainsi que l'utilité de l'agriculteur en mettant en concurrence les modes de conduite conventionnelle et biologique en présence et en absence de risque.
Subvention-plafonnée	Montrer l'effet de l'introduction d'une subvention forfaitaire à l'hectare biologique sur l'assolement sachant que la somme totale des aides ne doit pas dépasser un plafond (7600 euros)
Subvention-déplafonnée	En faisant varier la subvention forfaitaire de la subvention, relever le montant pour lequel la conversion soit totale.
Prix	Déterminer le niveau de prix qui optimise l'utilité du viticulteur tout en passant totalement en biologique.
Prix-subvention	Chercher une autre mesure permettant d'encourager le passage en biologique en combinant les prix et les subventions.

Source : Elaboration personnelle.

Partie 4. Résultats et Discussions

Introduction

Dans cette partie nous allons analyser les résultats des différents scénarios et réaliser des tests de sensibilité. Les scénarios analysés sont pris dans deux univers de raisonnement différents: certain et incertain. C'est-à-dire sans la prise en compte du risque ou avec un coefficient d'aversion au risque positif.

1. Analyse de la situation de référence du domaine étudié (Scénario de référence)

La première simulation a pour but d'analyser le comportement de l'exploitation en mettant en concurrence le système conventionnel avec le système biologique. En d'autres termes en présence d'un système conventionnel et d'un système biologique quel est l'assolement le plus rentable pour l'agriculteur. Cette situation est représentée en absence de risque (c'est-à-dire on suppose que le coefficient d'aversion au risque est nul). Dans ce cas, le modèle reprend l'assolement initial (imposé par la contrainte terre) mais sous différentes conduites (conventionnelles et biologiques) comme le montre la figure ci après.

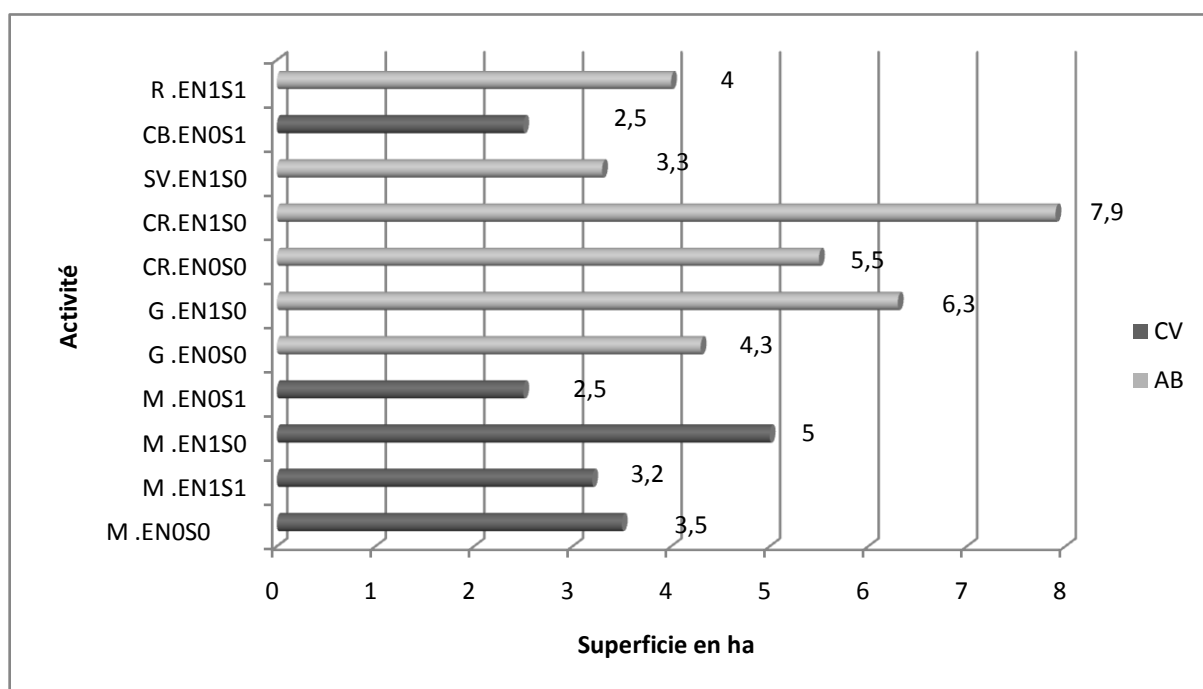


Figure 10. Assolement lié à la situation de référence en absence de risque.

Source : Résultats du modèle.

D'après la solution optimale dégagée par le modèle, plus que la moitié de la superficie est en conduite biologique soit 31,3 hectares. Pour ces parcelles, le système biologique est plus rentable malgré l'augmentation des coûts lors de la conversion. Cette conversion a nécessité 75,3 heures de travail supplémentaires. On peut expliquer ce basculement de situation par l'augmentation du prix de vente du raisin AB à partir de la troisième année, mais aussi, du fait que les rendements sont supposés égaux à ceux du système biologique (hypothèse 4).

En effet, en supposant que les rendements ne resteront plus les mêmes et connaissent des variations lors du passage en biologique selon différentes tendances comme mentionné précédemment (Partie4 : hypothèses de travail):

- **Tendance 1:** Affaiblissement de la vigueur avec chute de rendement parfois brutale (20% à 50%) lors de la conversion puis retour à un niveau « normal » à partir de la troisième année.
- **Tendance 2 :** Comme pour le scénario précédent, le rendement connaît une chute en première année de conversion sans une remontée possible du rendement sur le long terme.
- **Tendance 3 :** La baisse de rendement n'intervient que 2, 3 ou 4 ans après la conversion et tend ensuite à s'accroître.
- **Scénario de référence :** Les rendements sont supposés égaux au rendement moyen observé en conduite conventionnelle (2002-2008).

Nous remarquons que le système biologique n'est plus dominant (figure 11). Pour les différentes tendances, le système conventionnel est celui qui maximise le profit du viticulteur.

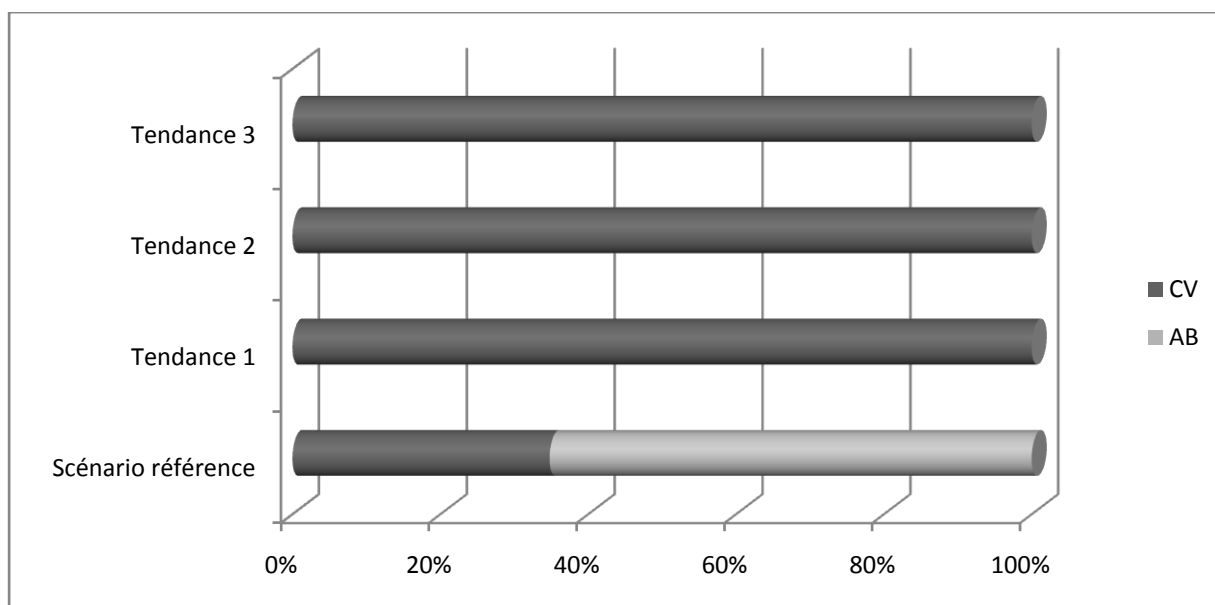


Figure 11. Assolement lié aux différentes tendances de variation du rendement
Source : Résultat du modèle.

Cependant, le niveau de la marge brute est bien supérieur en combinant les deux systèmes qu'en restant sur un même système de production (conventionnel). Pour cet assolement, le niveau de marge maximisé au niveau de la fonction objectif est égal à 293240 euros soit 6109 euros par hectares tandis que pour un système conventionnel dominant la marge maximisé est de l'ordre de 5664 euros par ha.

Nous introduisons le risque et nous considérons comme référence la situation où le coefficient d'aversion au risque est de l'ordre de 1,4. La solution optimale dégagée par le modèle de référence en termes de revenu est largement supérieur au revenu de la situation de l'exploitation en conduite conventionnelle (+1,8%). Cette augmentation est liée à la diversification des conduites de production sur l'exploitation (tableau 5).

Tableau 5. Résultats du scénario de référence sans subvention et avec un coefficient d'aversion de risque égale 1.4.

	Situation conventionnelle	Situation de référence	déviati référénc CV(%)
Assolement CV (ha)	48	41	
Assolement AB (ha)	0	7	
Revenu CV (€)	271913	223861	-17,7
Revenu AB (€)		53051	
Revenu total (€)	271913	276912	1,8
Coût total (€)	119702	121475	1,5
Utilité (€)	215521	217525	0,9

Source : Résultats du modèle.

En restant sur le scénario de référence mais en introduisant le risque d'une façon progressive (variation du coefficient d'aversion au risque), l'assolement changera en faveur du système conventionnel qui est moins risqué par rapport au système biologique. Ceci est expliqué par la variabilité importante des rendements en biologique imposé au modèle pour le calcul de l'écart type (voir partie 4: introduction du risque).

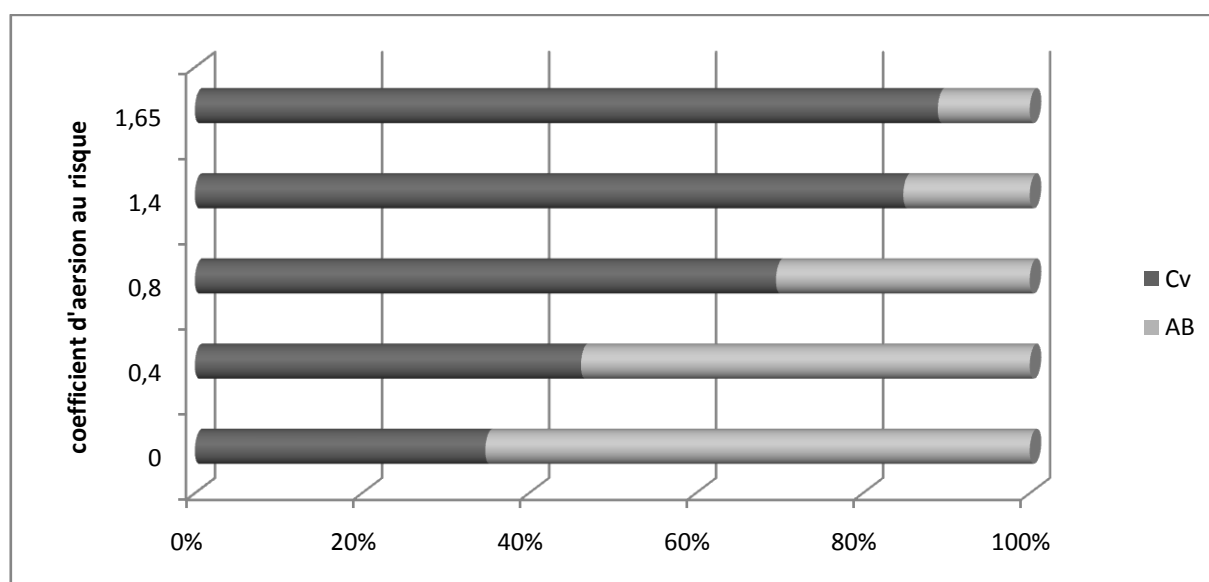


Figure 12. Evolution de l'assolement de l'exploitation en fonction du coefficient d'aversion au risque.

Source : Résultats du modèle.

En ce qui concerne le niveau d'utilité il décroît à son tour avec le coefficient d'aversion au risque. L'utilité représente un certain revenu qui peut être atteint avec un certain degré de probabilité. Dans notre cas, cette probabilité est de l'ordre de 14%, 42%, 86% et 96% pour les coefficients du risque respectifs : 0.4, 0.8, 1.4 et 1.65. Plus l'utilité diminue, plus elle sera probable d'apparaître (figure 13).

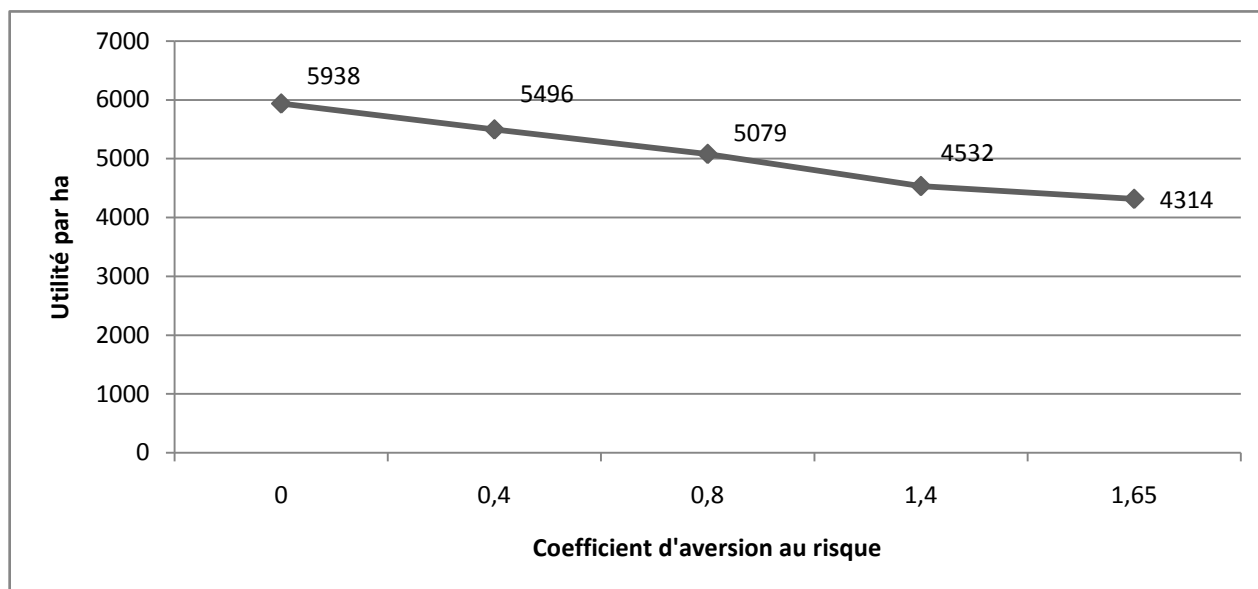


Figure 13. Effet de l'introduction du risque sur l'utilité.

Source : les résultats du modèle.

2. Analyse de l'effet de l'introduction de l'aide à la conversion : Scénarios « subvention »

2.1. Scénario « subvention plafonnée » : Introduction des aides plafonnées

Ce scénario consistera à l'introduction d'une aide régionale comme décrit auparavant pour encourager la conversion en biologique. Le montant forfaitaire de cette aide est de 350 euros par hectare pour les exploitations viticoles, cette aide est plafonnée à 7600 euros par exploitation.

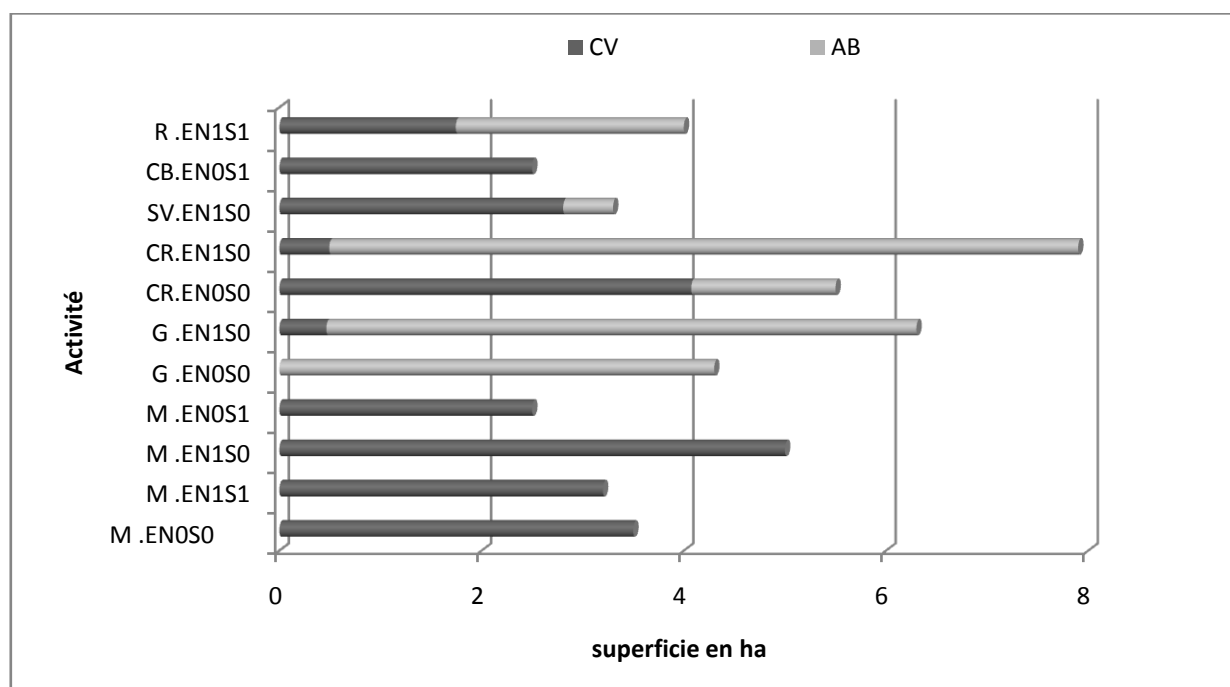


Figure 14. Les effets de l'introduction d'une subvention plafonnée sur l'assolement par cépage et par zone pédoclimatique.

Source: Les résultats des simulations.

La figure 14 montre que pour une subvention de 350 euros, et en présence d'un coefficient d'aversion au risque égal à 1.4, le passage ne se fait que partiellement. En effet, seulement 21,75 hectares passe en biologique, soit 43,75 % de la superficie totale.

La conversion n'est pas la même pour toutes les parcelles. Certaines parcelles passent en biologique avant d'autres. En effet, pour ce premier scénario la conversion ne se fait sur aucune parcelle de Merlot (M) et de Cabernet (CB). Ce résultat peut être expliqué par l'importance des charges opérationnelles de ces activités par rapport aux autres. La conversion n'est totale que pour la parcelle de grenache non enherbée et qui ne connaît pas de remontées de sel (G.ENS0). Les coûts opérationnels de cette activité étant les moins importants. Sur les autres parcelles (G, SV, CR) la conversion est partielle.

Nous constatons aussi que pour un même cépage la conversion n'est pas la même pour des zones pédoclimatiques différentes. Si nous prenons le cas du Carignan nous remarquons que pour une parcelle de Carignan avec enherbement et sans remontée de sel, la superficie convertie est plus importante que celle d'un Carignan sans enherbement et sans une remontée de sel. Ceci est expliqué par l'importance des rendements de la première activité (CR.EN1S0) par rapport à la deuxième (CR.EN0S0). Pour ce cépage l'enherbement présente un effet positif sur le rendement.

Par contre ceci n'est pas le cas pour le cépage grenache, que malgré la présence d'enherbement par rapport à une autre parcelle, le passage en biologique est partiel. L'effet de l'enherbement sur les rendements n'est pas aussi important que pour le Carignan.

Aussi, en observant les parcelles qui se convertissent en biologique, nous constatons que toutes les parcelles qui sont proches de la nappe et connaissent des remontées de sel (S1), ne passent pas en biologique. Sauf pour le Roussane qui est un cépage résistant à la salinité, le passage est partiel. Ceci est expliqué par des rendements moins importants en zone saline.

Une augmentation par rapport à la situation de référence comme le montre le tableau 6 est à noter. La subvention représente alors un instrument très important pour compenser les pertes de revenu du au passage en biologique (augmentation des coûts).

Tableau 6. Résultats de l'introduction de la subvention par rapport à la situation référence

	Situation de référence	Introduction de l'aide subventionné	Déviati on (%)
Assolement CV (ha)	41	26,25	-35
Assolement AB (ha)	7	21,75	199
Revenu CV (€)	223861	121833	-46
Revenu AB (€)	53051	177658	235
Revenu total (€)	276912	299491	8
Aides par exploitation (€)		7600	
Coût total (€)	121475	126558	4
Utilité(€)	217525	262453	21

Source : Résultat du modèle

En effet, comme montré précédemment au niveau du modèle conceptuel, la conversion nécessite une implication très importante de la part du viticulteur du à l'augmentation des coûts (augmentation de 4% pour ces activités). La part totale de la subvention, dans le revenu de

l'agriculture (2,5%), semble insuffisante pour assurer la viabilité économique de l'exploitation. Notre première hypothèse énoncé est validé (Les aides ne sont pas satisfaisantes pour compenser les pertes durant les premières années de conversion).

Cette conversion partielle peut être expliquée par la limitation de l'aide régionale à 7600 euros par exploitation. Ce montant est insuffisant pour que la conversion soit totale et rentable pour le viticulteur.

2.2 Scénario « subvention déplafonnée » : déplafonnement des aides

Dans ce scénario, la subvention est déplafonnée et nous testons une augmentation progressive de du montant forfaitaire de la subvention à l'hectare (figure 15). Les résultats de ces simulations, montre que pour un montant forfaitaire de subvention réellement octroyé (350 euros par hectare), la superficie du biologique qui optimise l'utilité du viticulteur est de 28,8 hectares, soit 60% de la SAU. Le déplafonnement permet certes l'augmentation de la superficie en conduite biologique mais cette mesure reste insuffisante pour que la conversion soit totale.

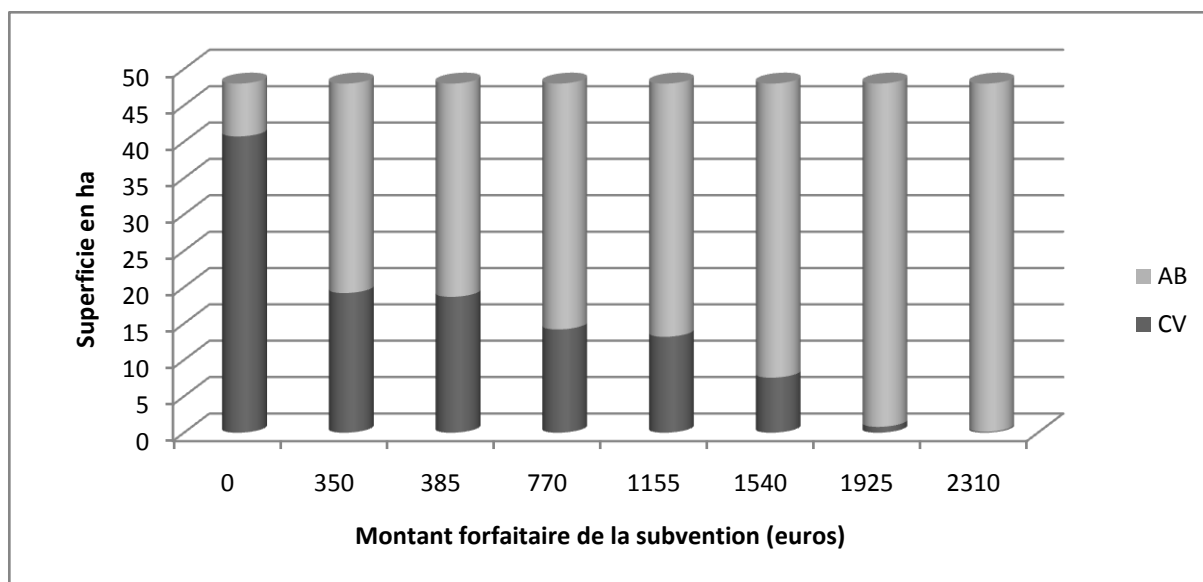


Figure 15. L'effet de l'introduction progressive de la subvention sur l'assolement.

Source : les résultats des simulations.

C'est à partir d'une aide de l'ordre de 1925 euros par hectare, que les superficies en biologique dépassent les 99% de la superficie agricole utile de l'exploitation (figure 15). La conversion totale rentable pour le viticulteur n'est possible qu'à partir d'un montant forfaitaire de 2310 euros par hectare ce qui représente un montant très important. Ce niveau important de subvention déterminée par le modèle est du principalement au risque important que subi le viticulteur en passant en biologique. Ceci explique, l'importance de cet instrument pour l'encouragement des agriculteurs à passer en biologique. La subvention représente alors un revenu (3,32% du revenu total) permettant de compenser les pertes dues aux coûts de conversion et faire face au risque (tableau 7).

Tableau 7. Résultats de l'introduction des aides non plafonnées par rapport aux autres situations.

	Situation de référence	Situation subvention avec Plafond	Situation subvention sans plafond
Assolement CV (ha)	41	26,3	19,2
Assolement AB (ha)	7	21,7	28,8
Revenu CV (€)	223861	121833	80380
Revenu AB (€)	53051	177659	223050
Revenu total (€)	276912	299492	303430
Aides par exploitation (€)		7600	10078
Coût total (€)	121475	126558	130620
Utilité	217525	262453	230601

Source : Résultats du modèle.

Pour un montant de subvention forfaitaire de 350 € /ha et en déplaçant les aides à l'exploitation, nous remarquons que les activités qui passent en biologique en premier sont celles qui ont des coûts de fonctionnement moins importants.

Par rapport à la situation de référence, le passage est total pour les parcelles de grenache et de Carignan tandis que la conversion est partielle pour la Roussane et le Sauvignon. Ceci est expliqué comme dans le scénario de référence par l'effet négatif des remontées de sel sur les rendements. En effet les parcelles de merlot et de Cabernet qui sont proches de la nappe restent en conventionnel (figure 16).

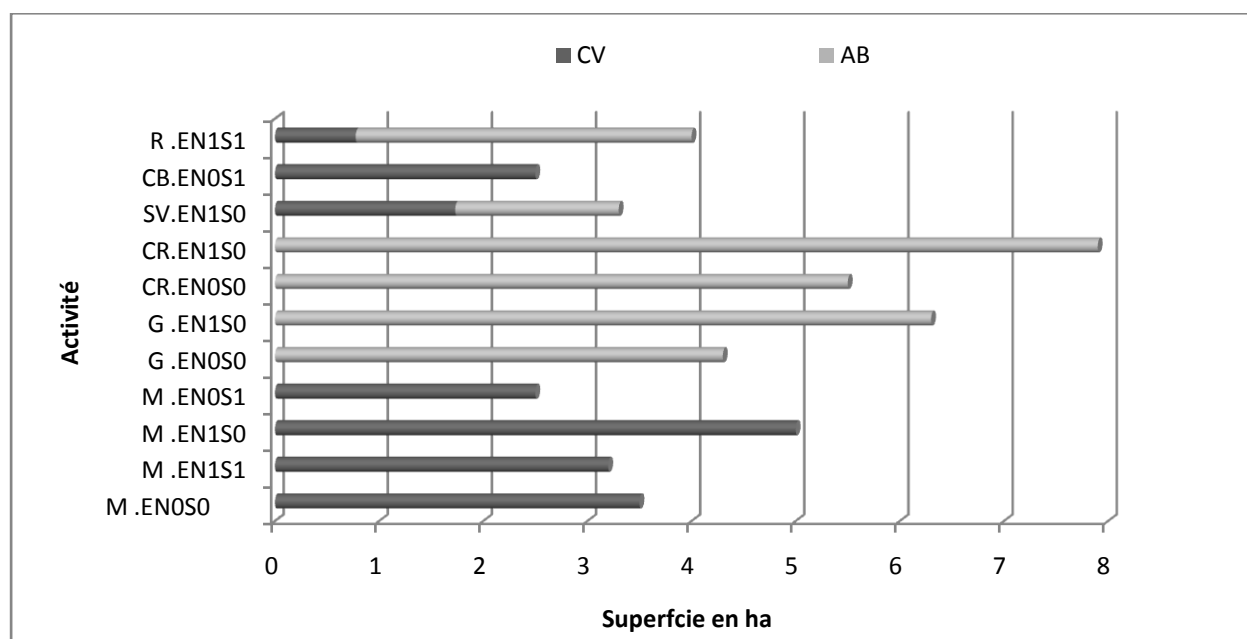


Figure 16. Les effets de l'introduction d'une subvention déplaçonnée sur l'assolement par cépage et par zone pédoclimatique.

Source : les résultats du modèle.

Cet assolement peut être justifié par les pertes importantes de recettes à cause du risque et donc de l'hypothèse 7 que nous avons posé lors du calcul des recettes aléatoires par l'imposition d'une

variabilité de recettes pour le système biologique plus importante que celle du conventionnel (+30%).

En faisant varier ce taux de variabilité (diminuer) d'une manière qu'il soit égal aux taux de variations des recettes en conventionnel, on remarque que le rythme de conversion est plus rapide, et le niveau de subvention devient moins important pour encourager le viticulteur à se convertir totalement en biologique.

Pour un taux de variabilité de 16% pour le biologique comme pour le conventionnel, il suffisait d'un montant forfaitaire de subvention de l'ordre de 1540 euros par hectare pour que le passage soit totale (figure 17).

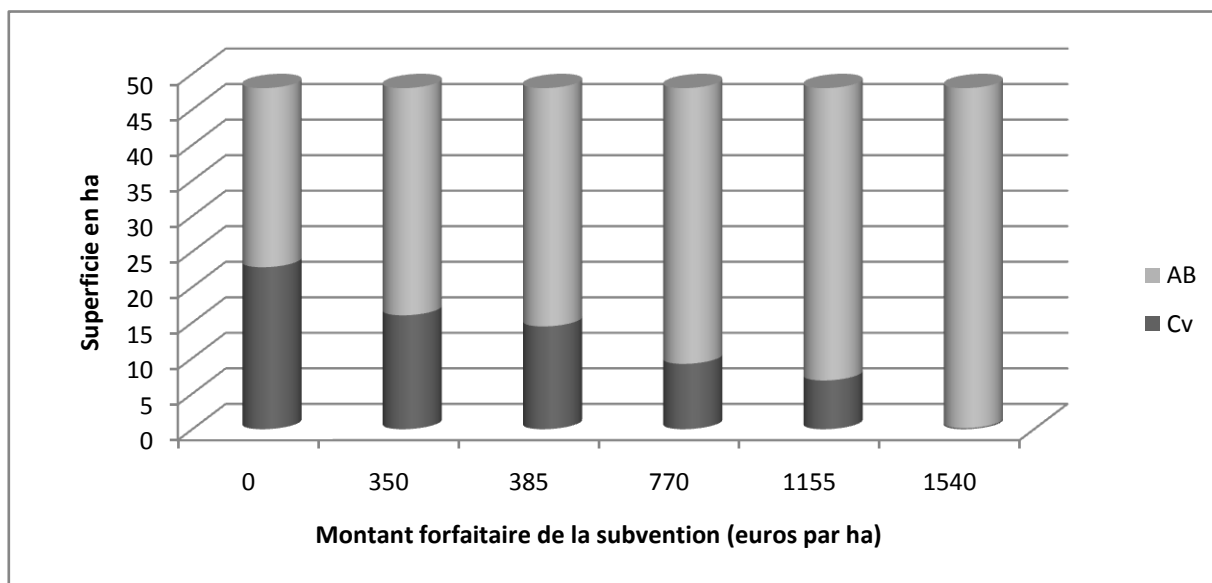


Figure 17. Effet de la diminution de la variabilité des recettes sur l'assolement par système de production.

Source : Les résultats du modèle.

Malgré la diminution de la variabilité des rendements, le montant de la subvention reste toujours élevé (1540). Ceci peut être à cause de l'importance des coûts de la mise en place d'un système de production biologique (Charges opérationnelles et coûts de transaction).

3. Analyse de l'effet de l'augmentation des prix du produit biologique (Scénario prix)

On rappelle que l'objectif de ce scénario est de montrer à quel niveau de prix ça devient plus rentable pour le viticulteur de passer totalement en biologique.

On suppose que le niveau de subvention est celui octroyé par l'Etat (350 €/ha). Le Montant de l'aide par exploitation étant déplafonné. Le coefficient d'aversion au risque est considéré égal à 1,4 comme dans la situation référence.

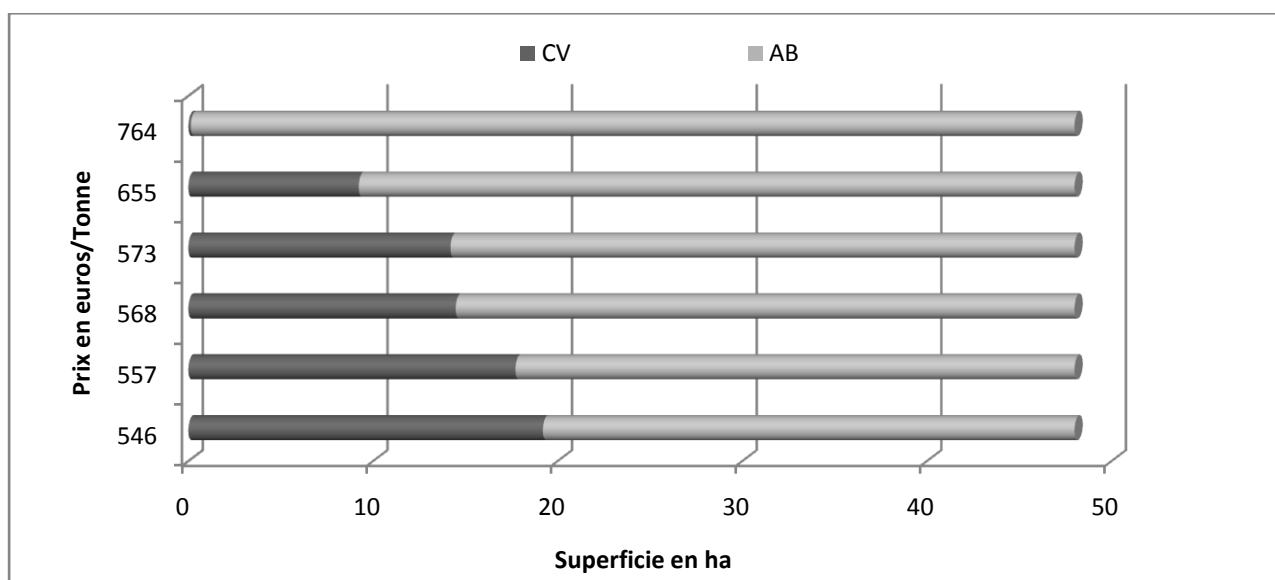


Figure 18. Effet de l'augmentation du prix sur l'assolement. Le prix actuel est de 546 Euros la tonne.

Source : Les résultats des simulations.

Les résultats de simulation montrent que la conversion ne sera totale qu'à partir d'un niveau de prix de 764 €/Tonne soit un prix plus important que le prix estimé de 40% (Voir figure 19).

Le prix actuel du raisin (546 €/Tonne) semble insuffisant pour compenser les pertes dues au passage en biologique est encourager le viticulteur à se convertir totalement. En effet pour un niveau de prix de 546 €/Tonne, la conversion en biologique est partielle (seulement 66,5% de la superficie de l'exploitation). Pour faire face à la variabilité importante des recettes à cause du risque, les agriculteurs demandent plus de garantir pour passer totalement en biologique qui se reflète au niveau du prix (764 €/Tonne).

En augmentant progressivement le prix, le passage en biologique se fait aussi d'une façon progressive. Les activités qui passent en premier sont celles qui ont des coûts en biologique les moins importants mais qui sont défavorisés en conventionnel et qui ont une marge moins élevés.

La zone pédoclimatique n'a pas cependant d'effet quand on augmente le prix des raisins, c'est l'effet coûts/recettes par parcelle est le plus important. En effet, les activités qui sont les plus sensible à l'augmentation du prix et se convertissent en biologique en premier sont celles dont la marge brute réellement observée en biologique est plus importante que celle en conventionnel.

Le prix constitue donc une autre alternative pour valoriser le produit (dans notre cas le raisin) et encourager le passage en biologique mais dépend toujours du marché. Donc, en admettant toutes les simplifications faites au niveau du modèle, la deuxième hypothèse supposant un prix de vente bien faible pour garantir un passage en bio rentable, notre deuxième hypothèse semble bien être également validée.

A ce niveau, une solution peut être présentée par l'augmentation du niveau de prix et le montant forfaitaire de la subvention octroyée par l'Etat en même temps. Quelques tests de sensibilités ont été faits, en variant les niveaux de subvention et de prix en même temps (tableau 6). Les résultats ont montrés que les deux niveaux de ces mesures (prix et subvention) restent trop élevés pour que le passage soit total.

Tableau 8. Effet de la variation de la subvention et du prix sur l'assolement.

Montant forfaitaire de la subvention (euros/ha)	Conduite de production	Prix en euros/Tonne						
		546	557	568	573	601	655	764
350	CV	19,2	17,7	14,5	14,2	14,2	9,2	0
	AB	28,8	30,3	33,5	33,8	33,8	38,8	48
770	CV	14,2	14,1	13,8	11,7	13,4	7,8	0
	AB	33,8	33,9	34,2	36,3	34,6	40,2	48
1155	CV	13,2	12,5	9,1	8,9	8,0	0	0
	AB	34,8	35,5	38,9	39,1	40,0	48	48

Source : Les résultats des simulations

4. Analyse des performances environnementales des systèmes de Production biologique et conventionnel

Comme mentionné au niveau de la partie méthodologie de recherche, pour analyser les performances environnementales du système biologique le choix a été fait sur l'indicateur de fréquence de traitement.

L'indicateur de fréquence de traitement global à l'exploitation (IFTG (hors herbicides)) pour les deux conduites de production (conventionnelle et biologique) a été calculé.

Ces deux indicateurs sont comparés à un indicateur de référence relatif à la culture vigne et à la région du Languedoc Roussillon (voir annexe 5).qui est de l'ordre de 11,82 (<http://agriculture.gouv.fr>)

La figure 20 montre que l'IFT à l'exploitation pour le système conventionnel est largement supérieur à l'IFT référence (quatre fois l'IFT référence), soit 48,95. Ce qui implique que les doses à l'exploitation, de produits phytosanitaires utilisées, pour la culture vigne sont très importantes. Des effets externes sur l'environnement sont donc très importants. Pour la conduite biologique, cet indicateur est de l'ordre de 6,36 qui est relativement inférieur à la valeur référence.

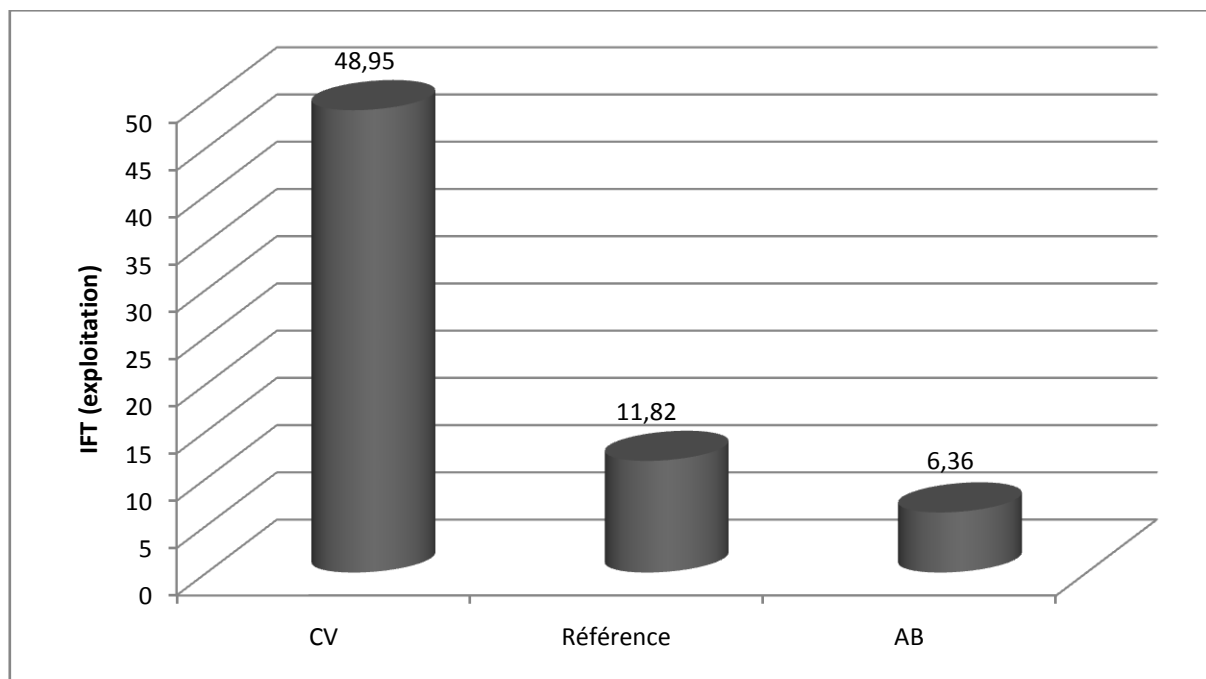


Figure 19. Comparaison de l'IFTG (exploitation) pour les deux systèmes de production (conventionnel et biologique) par rapport à une valeur référence.

Source : Résultat du modèle et agriculture.gouv.fr

Par rapport au système conventionnel, on constate que lors du passage en biologique, une réduction importante des doses de traitements des produits hors herbicides. Ce qui explique la politique d'encourager la conversion en biologique dans le but d'utiliser durablement les produits phytosanitaires.

Cependant cet indicateur n'est pas vraiment fiable. En effet, les doses homologuées considérées sont les doses minimales. Pour être plus réaliste, il est nécessaire de déterminer contre quel bioagresseur le produit phytosanitaire est utilisé et la dose qui y correspond.

Aussi, dans notre cas, on a comparé l'IFTG à l'exploitation pour les deux conduites de production par rapport à une même référence (exploitation engagée dans une MAE). Cette démarche est prise à cause de l'inexistence d'un IFT de référence pour le système viticole biologique.

Conclusion générale

La conversion en biologique représente un moyen pour assurer la durabilité de l'agriculteur et répondre aux attentes des consommateurs qui sont de plus en plus exigeants et conscients des problèmes environnementaux.

Le passage à l'Agriculture Biologique présente une charge importante pour le viticulteur. En effet, les premières années de conversion nécessitent un engagement très important en termes de coûts et de pratiques culturales.

Pour encourager ce système de production, l'Etat a mis en place certains instruments incitatifs pour le passage en bio.

L'objectif de cette étude est de déterminer les impacts économiques et environnementaux de la conversion en biologique. Il s'agit de simuler la rentabilité de ce système de production en faisant apparaître les niveaux de prix et de subvention qui seraient les plus rentables à l'agriculteur pour passer en biologique ainsi que proposer d'autres moyens plus réalistes pour encourager les viticulteurs à se convertir totalement en biologique. Pour la partie environnementale, un indicateur de fréquence de traitement a été calculé.

Ce type d'analyse requiert une forte interdisciplinarité entre sciences agronomiques et sciences économiques. C'est dans cette optique que nous avons proposé une méthodologie aboutissant à la construction d'un modèle bioéconomique basé sur les enquêtes et sur un modèle économique de programmation linéaire. Les enquêtes (experts, bibliographie...) ont permis de bien caractériser l'activité viticole dans ses dimensions biophysiques et économiques. Cette base de données caractérisant, à la fois la viticulture conventionnelle et biologique, a été utilisée en entrée d'un modèle bioéconomique, « vigne » construit pour simuler les impacts économiques et environnementaux de la conversion en biologiques en calculant des indicateurs et des variables représentant les assolements optimaux pour un scénario donné et les revenus des viticulteurs réels et espérés.

Il ressort de cette modélisation que les niveaux de subvention ainsi que les prix de vente sont trop inférieurs aux espérances des viticulteurs (au moins dans ce cas de figure) pour un passage total en biologique. Même en admettant que le modèle est trop simplifié et ne représente qu'un cas de figure (vigne en pleine croissance), les tendances simulées par le modèle semblent être en parfaite adéquation avec ce qui était prévu. Ces niveaux faibles de subvention et de prix semblent être donc un frein majeur au passage en bio en plus des freins techniques (gestion des maladies...). Ceci implique aussi que pour s'assurer du succès de la conversion, les viticulteurs sont tenus de maintenir des rendements à concurrence de ceux obtenus en agriculture conventionnelle. La marge d'erreur est faible et sera liée très largement à la maîtrise des maladies et de la vigueur donc aux techniques culturales et les tactiques de production.

En ce qui concerne les performances environnementales, d'après le calcul de l'indicateur de fréquence de traitement (IFT) à l'échelle de l'exploitation du pive, il s'est avéré que la viticulture est fortement consommatrice de produits phytosanitaires. Cet indicateur connaît une baisse très importante lors du passage en biologique.

Cependant, ces résultats doivent être nuancés au regard de certaines limites qui sont apparues dans ce travail tant au niveau conceptuel qu'au niveau de la base de données et de la modélisation :

1. conceptuel :

- Contrairement à la réalité, nous avons supposés que la conversion de chaque parcelle en biologique peut être partielle. En effet, la conversion pour une parcelle ne peut être que totale. Nous avons choisi d'imposer une telle contrainte au modèle afin d'étudier les différents niveaux de prix et de subvention permettant le passage en bio.
- Le modèle empirique ne considère pas la structure d'âge des arbres, une variable très importante pour la détermination des rendements. En effet, comme mentionné dans la figure 2 (schéma conceptuel du processus de production viticole), le choix de stratégie de production par un viticulteur change en fonction de structure d'âge du vignoble.
- Conceptuellement, plusieurs niveaux de détails, notamment par rapport au mode de conduite de chaque système de production (taille, entretien...) permettant de caractériser une activité viticole en biologique ou en conventionnelle sont volontairement négligés ou introduits implicitement dans cet exercice à cause de la contrainte temps.

2. Base de données et modélisation :

- L'hypothèse considérant que le conventionnel est plus rigoureux que le bio, induisant ainsi une variabilité des rendements en conventionnel plus faible par rapport au bio, est très incertaine. Concernant cette question, les experts en viticulture interrogés semblent être divisés. Même si en supprimant cette hypothèse (en associant la même variabilité au bio et au conventionnel) les résultats économiques sont restés les mêmes. Néanmoins, il nous paraît important de calculer ce type d'information sur une longue série de données mesurées, car la variabilité des rendements semble être très liée au milieu biophysique dans lequel le vignoble est cultivé ce qu'explique ce type de divergence au niveau des avis des experts.
- Le risque est calculé par l'écart type, d'autres fonctions de moments plus flexibles peuvent être considérées comme la variance, le risque de perte catastrophique...
- Une discussion importante est initiée autour du choix du modèle (statique vs. dynamique). Dans cet exercice nous avons fait le choix d'un modèle statique stationnaire. Ce choix de modélisation implique une simplification forte (mais pas forcément inadaptée au domaine de Pive) à savoir que les recettes actualisés sont calculées sur une période de 20 ans, sans tenir compte de la dynamique de la conversion explicitement, comme considéré au niveau du modèle conceptuel.
- La variabilité des rendements pour le conventionnel a été calculée sur une série chronologique très courte (absence de données). Afin de générer une série de données rendement plus longue nous avons créé aléatoirement une série plus importante en admettant que la variation interannuelle du rendement suit une loi normale. Cette hypothèse reste difficile à vérifier.
- L'indicateur de fréquence de traitement calculé est peu représentatif de la réalité. En effet, les doses homologuées considérées sont les doses minimales. Or, si nous retenons la dose homologuée contre les bio-agresseurs les plus courants, Nous obtiendrons une valeur d'IFT plus proche de la réalité.

- La comparaison des IFTG calculés par le modèle pour les deux systèmes de production s’est fait par rapport à une valeur référence déterminée pour les exploitations engagées dans une MAE. Une valeur référence pour la conduite biologique est cependant inexistante. Ceci pourra nous donner une idée sur le respect des doses de traitement par rapport à une valeur IFT référence à l’exploitation en conduite biologique.

Certes le modèle utilisé dans cette étude paraît simple dans sa structure, mais les résultats obtenus reflètent bien la réalité. En effet, le secteur viticole biologique a du mal à démarrer ; les viticulteurs se posent encore des questions et hésitent à passer en biologique vu le risque et les freins de la conversion (technique, les politiques...). Ceci justifie les niveaux des prix et de subventions élevés obtenus par le modèle pour que le passage soit total.

Malgré les limites, ce travail de modélisation, à la fois conceptuel et numérique, constitue donc une première étape importante pour générer un outil d’aide à la décision. Plusieurs autres améliorations peuvent être menées :

- Désagréger les données d’entrées afin de rendre le modèle plus flexible.
- Introduire dans le modèle la possibilité de choisir les systèmes de production en fonction de la structure d’âge du vignoble. Même si cette option semble être non adéquate pour le domaine de Pive (homogène et en pleine production), elle rendra le modèle plus générique et applicable pour d’autres domaines.
- Améliorer la qualité des données d’entrées. Ces améliorations concernent notamment l’hypothèse de variabilité des rendements pour calculer le risque. Dans ce qui précède, on a supposé que les vignes sous la conduite biologique sont moins vigoureuses que celles en conventionnel. Ceci est dû à leur sensibilité aux maladies et aux bios agresseurs puisque les traitements chimiques sont interdits et les quantités de produits autorisés (soufre et cuivre) sont limitées. Cette hypothèse reste à prouver.
- Construire un modèle d’investissement avec des crédits pour pouvoir considérer certaines caractéristiques de la culture pérenne « vigne » comme indiqué au niveau de la partie 2 (modélisation des pérennes) et comptabiliser d’autres aides à la conversion en biologique comme les crédits d’impôts qui sont octroyés au viticulteur si ce dernier ne bénéficie pas de l’aide régionale forfaitaire.
- Tester d’autres scénarios comme les investissements par l’achat de matériel, recrutement de main d’œuvre supplémentaire et diminuer les prestations de service...
- L’IFT est un indicateur qui témoigne de l’intensité d’utilisation des pesticides. Les informations sur le domaine, éventuellement croisées avec d’autres bases de données, devraient permettre d’aller vers des indicateurs d’impact environnemental et sanitaire (indicateur de toxicité, ...) qui représentent le principal objectif de la conversion en bio.

Liste des références bibliographiques

1. Abel, A.B. et Eberly, J.C. 1994. A unified model of investment under uncertainty. *The American Economic Review*. N°5, Vol.84. p. 369-1384.
2. Agence bio. 2008. **Viticulture : La tendance est bio**. [En ligne]. p.10. [Consulté en Avril 2009]. http://biopaysdelaloire.fr/documents_blocs/126.pdf.
3. Agreste, 2009. La vigne est une culture très dépendante des produits phytosanitaires Pratiques culturales en viticulture 2006. Agreste pays de la Loire. [En ligne]. p.8. [Consulté en Avril 2009]. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/R5209A01.pdf>.
4. Ahmed el Kamel, H. et Garcia Alvarez Coque, J.M.1997. Modeling the supply response of perennial crops. Is there aware out when data were scarce? Working paper. CAPRI. Technical University of Valencia. p.19.
5. Akiyama, T et P.K. Trivedi (1987). Vintage Production Approach to Perennial Crop Supply:An Application to Tea in Major Producing Countries. *Journal of Econometrics*, N°3. p.33-161.
6. Albisu, L. M. et Blandford, D. 1983. **An Area response model for perennial plants and its application to Spanish oranges and mandarins**. *European Review of Agricultural Economics*. Vol.10. p.175-184.
7. Arak, M. 1968. **The Price-Responsiveness of Sao Paulo Coffee Growers**. Food Res. Inst. Stud. In Kalaitzandonakes, N. G. et Shonkwiler, J. S. 1992. **A State-Space Approach to Perennial Crop Supply Analysis**. *American Journal of Agricultural Economics*. N°2, Vol. 74.p. 343-352.
8. Basset-Mens C. et Van der Werf H.M.G. 2005. **Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France**. *Agriculture, Ecosystems and Environment* .Vol.105 .p. 127–144.
9. Blanco, I. 2007. Analyse économique de politiques publiques pour la gestion durable des eaux souterraines : le cas de l'aquifère de la Mancha Occidentale (bassin du Guadiana-Espagne). Série Master of Science. CIHEAM-IAMM. P.159.
10. Blanco Fonseca, M., Flichman, G. 2002. Dynamic optimization problems: Different resolution methods regarding agriculture and natural resource. Working paper. p.35.
11. Blanco Fonseca, M. 2007. Optimisation et outils de la programmation mathématique pour la modélisation des politiques publiques. Chapitre 4 : les modèles dynamiques. Document de cours. CIHEAM-IAMM.
12. Blanco Fonseca, M. 2008.Tree cropping modeling in economic literature. SEAMLESS. 2. A generic template for FSSIM for all farming systems. System for Environmental and Agricultural Modeling; Linking European Science and Society. PD.3.3.11. Global Change and Ecosystems. p. 27.
13. Boulanger Fassier, S. 2008. **La viticulture durable, une démarche en faveur de la pérennisation des territoires viticoles français**. Géocarrefour. *Agricultures, durabilité et territoires*. Vol. 83, n°3. [En ligne]. p.181-190. [Consulté en Avril 2009]. http://www.cairn.info/load_pdf.php?ID_ARTICLE=GEOC_833_0181.
14. Boussard, J. M. 1970. **Programmation mathématique et théorie de la production agricole**. Collection : marchés et structures agricoles. Paris : Editions Cujas. p.251.
15. Boussard, J.M et Daudin, J.J. 1987. **La programmation linéaire dans le modèle de production**. Paris : Masson, N° 14. p.127.

16. Boussard, J.M., Flichman, G., Boussemart, J.P., Jacquet, F., Lefer, H.B. 1997. *Les effets de la réforme de la PAC sur les exploitations de grande culture : changements techniques et renforcement des spécialisations régionales*. Economie rurale, n° 239, p. 20-29.
17. Brossier, J. 1987. Système et système de production. Cahier des sciences Humaines. Vol 23. p.377-390.
18. Chambre d'agriculture pays de la Loire. 2005. Rendements et pratiques en viticulture biologique en Pays de la Loire. p 4.
19. Deffontaines, J.P. 2001. Ressources naturelles et développement durable en agriculture : Le Point de vue d'un agronome. In Jollivet, M., ***Le développement durable de l'utopie au concept***. De nouveaux chantiers pour la recherche. Paris : ELSEVIER. p.131-142.
20. Delawe, C. et Poitevin. 1957. Gestion de l'exploitation Agricole. In Brossier, J. 1987. Système et système de production. Cahier des sciences Humaines. Vol 23. p.377-390.
21. Dixit, A.K. et Pindyck, R.S. 1994. Investment under uncertainty. Pinceton University Press. Princeton NJ.
22. DOGLIOTTI S., ROSSING W. A. H. et VAN ITTERSUM M. K. 2003. ***Rotat, a tool for systematically generating crop rotations***. European Journal of Agronomy, Vol.19, n°2, p.239-250.
23. Dorfman, J. H. et Heien, D. 1989. ***The Effects of Uncertainty and Adjustment Costs on Investment in the Almond Industry***. Review of Economics and Statistics .Vol.66.p.263-74.
24. Dupupet , J.L., Berson Vigouroux, N., Jacquet Libaude, M. 2007. Phyt'attitude : le réseau de toxicovigilance en agriculture, La Revue du Praticien. Vol. 57. p. 20-24.
25. Ecocert. 2008. Fiche explicative N°2 : la conversion en Agriculture Biologique. [En ligne]. p.6. [consulté en Juin 2009]. <http://www.ecocert.fr/IMG/pdf/FE02-ID-SC-134.pdf>.
26. Ecophyto 2018. 2008. Plan Ecophyto 2018 de réduction des usages de pesticides 2008-2018. Ministère de l'agriculture et de la pêche. [En ligne]. p.21. [consulté en Juin 2009]. http://agriculture.gouv.fr/sections/magazine/focus/phyto-2018-plan-pour/ecophyto-2018-plan-pour6154/downloadFile/FichierAttache_5_f0/PLAN_ECOPHYTO_2018.pdf
27. Ethique bio, 2008. l'agriculture bio des avantages pour la société. La lettre d'information N°2 de la bio en Provenances Alpes Cotes d'Azur. p. 3.
28. Flichman, G.; Louhichi, K.; Boisson, J.M. 2008. Some Conceptual Issues Concerning the way to model the relations between agriculture and environment. 2ème journée de recherche en sciences sociales. INRA-SFER-CIRAD. 11 & 12 décembre 2008.LILLE- France. p.14.
29. French, B.C., King, G.A et D.D. Minami. 1985. ***Planting and Removal Relationships for Perennial Crops: An Application to Cling Peaches***. American Journal of Agricultural Economics.N°2, Vol. 67. P. 215-223.
30. French, B.C. et Matthews, J.L. 1971. ***A supply response model for perennial crops***. American Journal of Agricultural Economics. N°3, Vol.53. p. 478-490.
31. French, B. C. et Bressler, R.G.1962. ***The Lemon Cycle***. Journal of Farm Economics. N° 4, Vol.44. P.1021-36.
32. Gourdin, L. 2009. La promotion de l'agriculture biologique en Europe. Documents de Cours. Institutions européennes et programmes communautaires. p.12.

33. Hansen B., Kristensen E.S., Grant R., Hogh-Jensen H., Simmelsgaard S.E., Olesen J.E. 2000. Nitrogen leaching from conventional versus organic farming systems. In Lamine, C. et Bellon, S. 2008. **Conversion to organic farming: a multidimensional research objects the crossroads of agricultural and social sciences. A review.** Journal of Agronomy for sustainable development.N°29 (2009). p.97-112.
34. Hartley. M.J., Nerlove, M. et Peters ,R.K.1987. **An Analysis of Rubber Supply in SriLanka.** American Journal of Agricultural Economics. N°4, Vol. 69. p.755-761.
35. Hole, D.G., Perkins, A.J., Wilson, J.D., Alexander, I.H., Grice, P.V., Evans, A.D. 2005. **Does organic farming benefit biodiversity?** Biological Conservation. Vol.122. p.113–130.
36. Howitt, R.E. 1995. Positive mathematical programming. American Journal of Agricultural Economics.Vol 77. p.329-342.
37. INRA, 2003. Raisonnement de l'usage du cuivre en agriculture biologique. fiche de dossier de presse. [En ligne]. [consulté en Juin 2009] http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/dossiers_scientifiques/agriculture_biologique/exemples_et_resultats_de_recherche/raisonnement_de_l_usage_du_cuivre_en_agriculture_biologique.
38. INRA, 2009. Ecophyto R&D vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires. Volet 1. Tome 3 : analyse comparative de différents systèmes en viticulture. p.84.
39. Jacquet, F. 2008. Optimisation et outils de la programmation mathématique pour la modélisation des politiques publiques. Chapitre : modélisation du risque. Document de cours. CIHEAM-IAMM.
40. Kalaitzandonakes, N. G. et Shonkwiler, J. S. 1992. A **State-Space Approach to Perennial Crop Supply Analysis.** American Journal of Agricultural Economics. N°2, Vol. 74.p. 343-352.
41. Koopmans, T. Activity Analysis of Production and Allocation, Proceedings of a Conference, Cowles Commission, New York 1951.[En ligne] <http://cowles.econ.yale.edu/P/cm/m13/index.htm>
42. Laajimi, A., Guesmi, A. et Dhehibi B. 2007. **Analyse de la réponse de l'offre des pommes en Tunisie : Une approche économétrique.** Paper prepared to be presented to the 1st Mediterranean Conference of Agro-food Social Scientists "Adding Value to the Agro-food Supply Chain in the Future Euro-Mediterranean Space", 23-25 April, 2007. Barcelona, Spain.p.16.
43. Lamine, C. et Bellon, S. 2008. **Conversion to organic farming: a multidimensional research objects the crossroads of agricultural and social sciences. A review.** Journal of Agronomy for sustainable development.N°29 (2009). p.97-112.
44. Louhichi, K. 2007. Optimisation et outils de la programmation mathématique pour la modélisation des politiques publiques. Document de cours. CIHEAM-IAMM.
45. Louhichi, K., Flichman, G. et Maria Blanco, F. 2009. SEAMLESS. A generic template for FSSIM for all farming systems. System for Environmental and Agricultural Modeling; Linking European Science and Society. PD.3.3.11. Global Change and Ecosystems. p. 73.
46. Lotter, D., Seidel, R., Liebhardt, W. 2003. The performance of organic and conventional cropping systems in an extreme climate year. American Journal of Alternative Agriculture. N°18, p. 146–154.
47. Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de la Ruralité. 2005. Guide pour une protection durable de la vigne : stratégie de protection pour une utilisation raisonnée et durable des intrants phytosanitaires en viticulture, 34 p.
48. Ministère de l'environnement. 2003. Utilisation du cuivre en agriculture biologique : Impact sur l'environnement et perspectives de diminution des doses employées. Ministère de

l'environnement, Service de la recherche et des affaires économiques, Paris, FRANCE
Institut technique de l'agriculture biologique, Paris, FRANCE

49. Nerlove, M. 1958. ***On the Nerlove estimate of supply elasticity: A reply***. Journal of Farm Economics. N°3, Vol.40. p.723-728.
50. Notarnicola, B., Tassielli, G. et Nicoletti, G.M. 2004. ***Environmental and economic analysis of the organic and conventional extra-virgin olive oil***. New Médit. N°2.p.28-34. CIHEAM-IAM Bari.
51. Pashigian, B.P. 2008. ***Cobweb theorem***. *The New Palgrave Dictionary of Economics*. 2^{ème} édition.
52. Rapport Brundtland. 1987. Commission mondiale sur l'environnement et le développement.
53. Reynauds, A. 2008. Adaptation à court et à long terme de l'agriculture au risque de sécheresse: Une approche par couplage de modèles biophysiques et économiques Revue d'étude en agriculture et environnement.p.34.
54. Vivien, F.D. 2003. *Jalons pour une histoire de la notion de développement durable. Mondes en développement*. Vol. 31, n° 121, [En ligne], p.21. [Consulté en Avril 2009]. http://www.cairn.info/load_pdf.php?ID_ARTICLE=MED_121_0001.
55. Wickens, M. R. et Greenfield, J. N. 1973. ***The Economics of Agricultural Supply: An Application to the World Coffee Market***. Revue of Economics and Statistics. Vol.55.

Sites web consultés:

- www.wikipedia.org
- www.agencebio.org
- www.fao.org
- www.pays-de-bergerac.com
- www.Onivins.fr
- <http://e-phy.agriculture.gouv.fr>

Annexes

Annexe 1. Exemple de Guide d'entretien

Exploitation : Domaine la Pive

Date de la visite: le 11/08/2009

Nom du responsable :

1. Informations générales sur l'exploitation

- Pourquoi ce choix culturelle ? il y a-t-il une différence entre les parcelles au niveau du climat et du sol (profondeur, Nature, pentes, ...) ?
- La structure d'âge est elle la même pour toutes les parcelles ?
- Comment expliquez-vous la différence de rendement pour un même cépage ? (Carte)
Est ce que ça représente un des objectifs de production par rapport aux vins?

2. Système de production : Biologique

- Les causes du passage?
- Le temps de préparation du passage à AB?
- Quels sont les nouveaux investissements?
- Quelles sont les informations qui avaient été nécessaires pour la reconversion en AB ?
- Les difficultés rencontrés au début de la conversion et actuellement ?

3. Tour dans les parcelles

- Quelles sont les itinéraires techniques ?
- Domaine le Pive : caractéristiques du domaine par rapport à la zone?

4. Les données économiques

- Existe-t-il des aides spécifiques liées au passage en biologique ? si oui, quels types et de combien ? pour combien d'année ?
- Quels sont les coûts de certification ?

5. Les scénarios à tester

- Pour une première année de conversion quelles sont les scénarios que vous voulez tester pour prendre les décisions. Achat de matériel par exemple?
- Ya t-il une différence de rendement entre les le conventionnel et le bio ?
- Pensez-vous que le bio est moins vigoureux par rapport au conventionnel ?
- Est-ce que le prix du raisin est le même pour tous les cépages ?
- Pour une première année de conversion, qu'est que vous attendez comme vendanges ?

Annexe 2. Représentation de l'itinéraire technique en fonction de la dynamique de la conversion en AB

Tableau 9. Comparaison des pratiques culturales de la vigne sous deux conduites : Conventionnel et biologique.

Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
Arrachage**		Taille			Enfouissement du bois de la taille	liage	Mise en pépinière des greffes*	Fumure de fond		Entretiens divers	Effeuvillage
Défonçage					Ebourgeonnage	Racotage		Compost	Rognage		Vendanges
Pré-taillage**		Greffage*			Plantation*	Eclaircissage					
Démontage					Les labours				Palissage		
Sarmentage						Désherbage chimique					
					Désherbage mécanique						
Buttage					Traitements phytosanitaires						
Remontage de la terre								Traitements : 10 à 13 traitements dans l'année à base de cuivre et de soufre (600 g/ ha)			
			Lâchés de prédateurs pour lutter contre la cochenille								
			Confusion sexuelle								

*Nouveaux plants

*Pour les ceps en stade de croissance et production

***Vielle vigne

Pratiques spécifiques pour la vigne en conduite AB

Pratiques spécifiques pour la vigne en conduite conventionnelle

Source: Elaboration personnelle.

Annexe 3. FSSIM Model chain (Extracted from Louhichi et al., 2008)⁶

FSSIM is a farm model developed, within the SEAMLESS project to assess the economic and ecological impact of agricultural and environmental policies and technological innovations (Louhichi et al., 2007). For our case study, FSSIM was designed to describe farmer's behaviour given a set of biophysical, socio-economic and policy constraints, and to predict his/her responses under EU policy changes, using data generated from CropSyst as well as other data sources (Farm Accountancy Data Network (FADN), expert knowledge, surveys...).

The general context in which FSSIM was developed and the variety of policy questions that is called to address justifies a number of choices that makes this model unique:

- Comparative static model: FSSIM is a mono-periodic model which optimizes an objective function for one period (i.e. one year) over which decisions are taken. This implies that it does not explicitly take account of time. Nevertheless, to incorporate some temporal effects, agricultural activities are based on “crop rotations” and “dressed animal”⁷ rather than individual crops and animals.
- Primal based-approach: FSSIM follows a primal-based approach, where technology is explicitly represented (Louhichi et al, 1999). It uses engineering production functions generated from agronomic theory and biophysical models (Hengsdijk and Van Ittersum, 2003). These engineering functions constitute the essential linkage between the biophysical and economic models. This discrete mathematical programming approach can (better) capture the technological and policy constraints than a behaviour function in econometric models.
- A positive model, where the main objective is to reproduce the observed production situation as precisely as possible by making use of the observed behaviour of economic agents (Janssen and Van Ittersum, 2007).
- A risk programming model, taking into account the risk according to the Mean-Standard deviation method in which expected utility is defined under expected income and risk (Hazell and Norton, 1986).
- Modular model: it has a modular setup to be re-usable, adaptable and easily extendable to achieve different modelling goals. Thanks to this modularity, FSSIM provides the capabilities to activate and deactivate modules according to regions and conditions. It allows also the subsequent incorporation of additional modules which might be needed to simulate activities not included in the existing version, such as perennial activities, and the replacement of modules with alternative versions.

⁶ Kamel Louhichi, Hatem Belhouchette, Jacques Wery, Olivier Therond and Guillermo Flichman. Impact Assessment of the 2003 cap reform and the nitrate directive on the arable farming system in the midi pyrennées region: Bio economic modelling at field farm and regional levels. Paper for the 109th EAAE seminar “The cap after the fichler reform: National Implementations, Impact Assessment and the agenda for future reform”. Viterbo, Italy, November 20-21.

⁷ The concept of ‘dressed animal’ represents an adult animal and young stock taking into account the replacement rate.

- Generic model: it was designed sufficiently generic and with a transparent syntaxes in order to be applied to many different farming systems across Europe and elsewhere, and to assess different policies under various conditions.

The mathematical structure of FSSIM can be formulated as follows:

$$\text{Maximise: } U = Z - \phi \sigma \quad (1)$$

$$\text{Subject to: } Ax \leq B; \quad x \geq 0 \quad (2)$$

Where: U is the variable to be maximised (i.e. utility), Z is the expected income, x is a $(n \times 1)$ vector of agricultural activity levels, A is a $(m \times n)$ matrix of technical coefficients, B is a $(m \times 1)$ vector of levels of available resources, ϕ is a scalar for the risk aversion coefficient and σ is the standard deviation of income according to states of nature defined under two different sources of variation: yield (due to climatic conditions) and prices.

The expected income (Z) is a non-linear profit function. Using matrix notation, this gives:

$$Z = \sum_j p_j q_j + \sum_{j,l} p_{j,l}^a q_{j,l}^a + \sum_{i,t} s_{i,t} \frac{x_i}{\eta_i} (1 - \alpha b) - \sum_{i,t} c_{i,t} \frac{x_i}{\eta_i} + \sum_{i,t} \left(d_{i,t} + \frac{\psi_{i,t} x_i}{2} \right) \frac{x_i}{\eta_i} - \omega L \quad (3)$$

Where: i indexes agricultural activities, j indexes crop products, l indexes quota types (e.g. for sugar beet these are A and B), t indexes number of years in a rotation, p is a vector of average product prices, q is a vector of sold production, p^a is a vector of additional price that the farmer gets when selling within quota l , q^a is a vector of sold production within quota l , s is a vector of subsidies per crop within agricultural activity i (depending on the Common Market Organisations (CMOs)), c is a vector of variable cost per crop within agricultural activity i , d is a vector representing the linear term used to calibrate the model (depending on the calibration approaches), Ψ is a symmetric, positive (semi-) definite matrix of quadratic term used to calibrate the model (depending on the calibration approaches), η is a vector representing the length of a rotation within each agricultural activity, ω is a scalar for the labour cost and L is the number of hours rented labour (Louhichi et al, 2007).

Figure 1 gives an overview of the used bio-economic modelling approach as a combination of a biophysical model “CropSyst” and the farm model “FSSIM”.

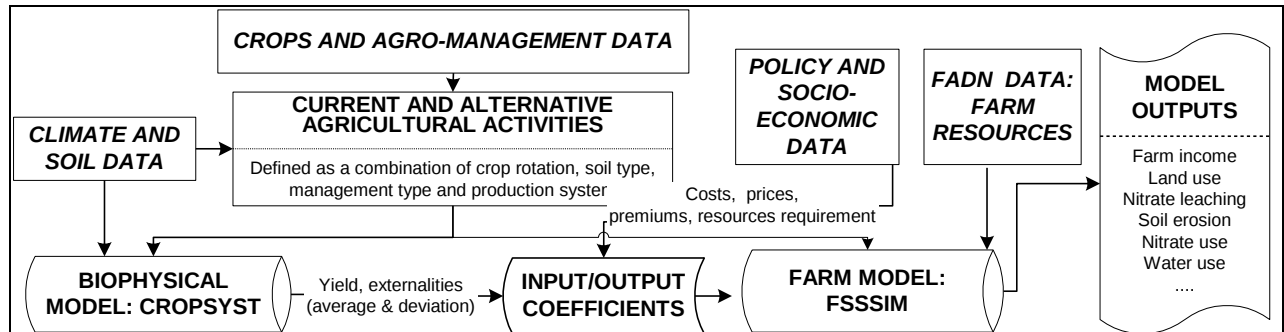


Fig. 1. Bio-economic modelling framework: CropSyst-FSSIM model chain

Annexe 4. Carte du Domaine du Pive

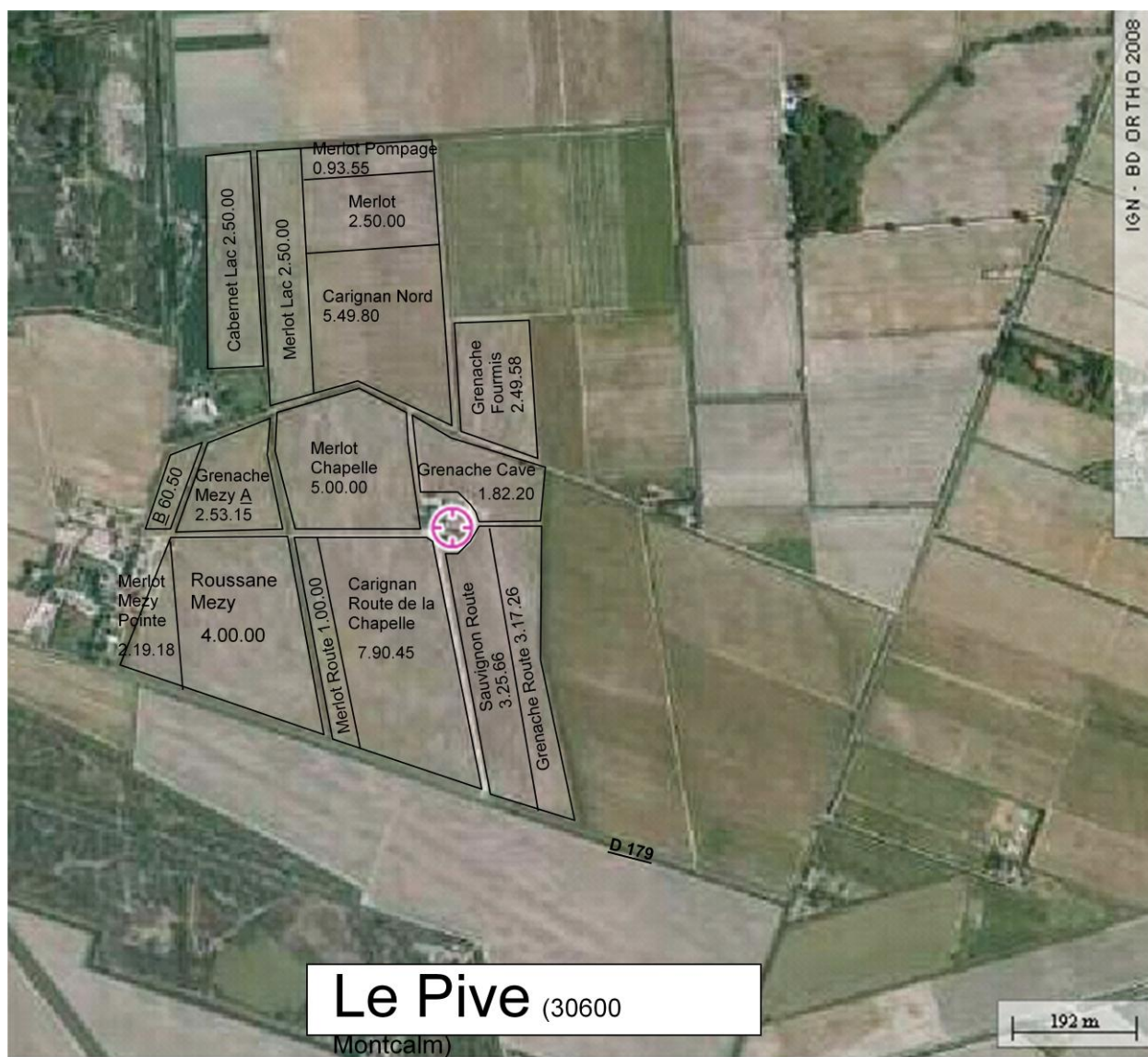


Figure 20. Carte du domaine du Pive.

Annexe 5. IFT de référence par culture et par région

Valeurs 2008
09/07/2009

H : Herbicides
HH : Hors Herbicides

Espèce	BETTERAVE		BLE DUR		BLE TENDRE		COLZA		MAIS	ORGE		POIS		POMME DE TERRE		TOURNESOL	VIGNE	
Catégorie produit	HH	H	HH	H	HH	H	HH	H	H	HH	H	HH	H	HH	H	H	IFT-H	IFT-HH
Région																		
Alsace					2,05	1,29			1,83								1,17	11,82
Aquitaine					1,58	1,43			1,78							1,83	1,46	16,53
Auvergne					1,84	1,74			1,88									
Basse-Normandie					3,51	1,47			1,81									
Bourgogne					3,84	1,66	5,70	2,12	1,73	2,80	1,70						1,67	16,75
Bretagne					2,91	1,49			1,66	2,36	1,51							
Centre			3,29	1,66	3,42	1,70	4,74	1,84	1,92	2,48	1,59	4,07	1,37			1,74	1,08	10,89
Champagne-Ardenne	3,10	1,93			4,35	1,71	4,87	2,10	1,60	2,58	1,47	4,35	1,20				1,75	22,05
Franche-Comté					3,24	1,79	4,68	1,74	1,75	2,68	1,69							
Haute-Normandie					4,05	1,78	4,95	1,50	1,50	2,88	1,53	4,14	1,37					
Ile de France	2,88	2,48			4,52	1,75	5,13	1,69	1,62	2,62	1,43	3,45	1,57					
Languedoc-Roussillon			1,65	1,25												1,80	1,09	11,82
Lorraine					2,83	1,83	4,93	2,23	1,78	2,09	1,71							
Midi-Pyrénées			2,58	1,53	1,95	1,33			1,65	1,06	1,06					1,70		
Nord-Pas-de-Calais	2,63	2,24			4,82	1,82			1,63	3,43	1,48	3,95	2,00	15,29	2,45			
PACA			0,40	1,33													0,82	7,97
Pays de la Loire					2,74	1,36			1,88							1,83	1,73	12,69
Picardie	2,92	2,38			4,52	1,88	4,87	1,70	1,60	3,19	1,71	3,93	1,44	16,29	2,52			
Poitou-Charentes					2,91	1,44	4,94	2,07	1,98	2,25	1,45					1,86	1,41	16,70
Rhône-Alpes					2,33	1,31			1,81								1,93	15,85
France entière	2,91	2,25	2,21	1,47	3,49	1,64	4,98	1,94	1,75	2,51	1,55	3,88	1,37	15,79	2,48	1,75		

Annexe 6. Modèle GAMS

\$Ontext

Nom : Modèle d'exploitation viticole

Description : Analyse environnementale et Economique pour la conversion en biologique des exploitations viticoles

Langage GAMS

\$Offtext

~~~~~INDICES~~~~~

~~~~~\*

Set

C Cepages

/M Merlot

G Grenache

CR Carignan

SV Sauvignon

CB Cabernet

R Roussane/

S Systeme de production

/CV Systeme Conventionnel

AB Systeme Biologique /

ENS Combinaison d'enherbement- remonte capillaire de sel

/EN0S0 Sol non enherbé avec non présence de remonté de sel

EN1S1 Sol enherbé avec présence de remonté de sel

EN1S0 Sol enherbé avec non présence de remonté de sel

EN0S1 Sol non enherbé avec présence de remonté de sel/

e etats de marche pour variabilite des recettes

/MM1*MM50/

ITT iterations

/IT1*IT20/

IT(ITT)

/IT1*IT20/;

*~~~~~Donnees~~~~~

~~~~~

Scalars

DMO disponibilite en main d oeuvre (heures) /350/

MOS heures de travail supplementaire suite a la conversion en biologique /190/

SAU Surface Agricole Utile de l exploitation /48/

SM subvention minimale /350/

P Plafond de subvention (euros) /7600/

ALPHA coefficient de multiplication des recettes /1.04/

BETA coefficient de multiplication des coûts /1.05/;

parameter

subv(IT) pour introduire une variabilité sur la subvention;

subv('it1')=1;

Subv(it)=(ord(it)-1)\*1.1 ;

display subv;

Scalar PHI /1.4/;

parameter

PHII(IT) pour introduire paramet du coeff aversion au risque

```

/IT1      0.0
IT2       0.4
IT3       0.8
IT4       1.4
IT5*IT20  1.65/;

```

Parameter

VARRC(IT) pour varier les recttes suite à l'augmentation du prix du bio dans le loop

```

/IT1      1
IT2       1.02
IT3       1.04
IT4       1.05
IT5       1.07
IT6       1.1
IT7       1.2
IT8       1.4
IT9       1.5
IT10      1.7
IT11      1.9
IT12*IT20 2.2/;

```

Parameter

VARCHO(IT) pour varier les couts suite a la conversion en biologique dans le loop

```

/IT1      1
IT2       1.02
IT3       1.04
IT4       1.05
IT5       1.07
IT6       1.1
IT7       1.2
IT8       1.4
IT9       1.5
IT10      1.7
IT11      1.9
IT12*IT20 2.2/;

```

Table

RC(C,ENS,S) Recette par cepage et systeme de production(euros par hectare)

\$include recettes.txt

\*\$include Recettes Tend1.txt

\*\$include Recettes Tend2.txt

\*\$include Recettes Tend3.txt;

Display RC;

Table

CHO(C,ENS,S) charges operationnelles par cepage et systeme de production(euros par hectare)

\$include couts.txt

\*\$include couts trois ans de conversion.txt;

Display CHO;

Table

bmo(C,ENS,S) besoin en main d oeuvre par cepage et systeme(heures par ha)

\$include besoin en main d oeuvre.txt;

Display bmo;

\*~~~~~Condition initial~~~~~

```

Table ASS(C,ENS) assolement initial (ha par cepage et par ITK)
$include assolement initial.txt;
display ASS;
*~~~~~Indice de fréquence de traitement~~~~~
Table
IFT(C,ENS,S) Indice de fréquence traitement par cépage zone et système
$include IFT parcelle.txt;
Display IFT;
Parameter
IFTG(s) indice de frequence de traitement de l exploitation;
IFTG(s)= sum((C,ENS),IFT(c,ens,s)*ASS(c,ens))/SAU;
Display IFTG;
*~~~~~Risque~~~~~*
Table VAR(C,ENS,S)
$include variabilite des recettes.txt
*$include variabilite recettes test de sensibilite.txt;
Display VAR;
Parameter RCI(C,ENS,S,E) variabilite des recettes;
RCI(C,ENS,S,E)= 1+UNIFORM(-1,0.5)*VAR(c,ens,s)/100;
Display RCI;
PARAMETER RCM(C,ENS,S,E) les recettes aleatoires ;
RCM(C,ENS,S,E)= RC(C,ENS,S)*RCI(C,ENS,S,E);
display RCM;
*~~~~~calculs~~~~~
Parameter
Mg(C,ENS,S) la marge brute par cepage ITK et par systeme de production (euros par ha);
Mg(C,ENS,S)= RC(C,ENS,S)- CHO(C,ENS,s);
Display Mg;
PARAMETER SUB(c,ENS,S) Aide la conversion en biologique (euros par hectare);
SUB(c,ENS,'ab')= 350;
Display sub;
*~~~~~Modele~~~~~
Variables
U Utilite fonction objectif
Z revenu total de l exploitation (euros)
Z3 revenu du conventionnel
Z4 revenu du biologique
Z1(e) revenu par etat de nature (conventionnel)
Z2(e) revenu par etat de nature (biologique)
Z5(e) revenu par etat de nature
DEV(e) deviations du revenu
Ectype Ecart type
;
Positive variables
x(c,ENS,s) superficie par cepage Itk et systeme de production (hectares);
Equations
OBJECTIF fonction objectif
MBCV Marge brute par cepage et par systeme de production conventionnel
MBAB Marge brute par cepage et par systeme de production biologique
MBT marge brute total

```

```

RISQUEA1(e)  marge par etat de nature pour le systeme conventionnel
RISQUEA2 (e)  marge par etat de nature pour le syseme biologique
RISQUEA(e)   Marge par etat de nature
RISQUE(e)    calcul de deviations
Ecart        Ecarts type des deviations
TERRE1(c,ENS) contrainte de non changement de la superficie par cepage et itk
TRAVAIL      contrainte de travail
*Subvention(s)  plafonnement de la subvention
  *Conversion(c,ENS)  Contrainte de conversio;
OBJECTIF.. Z-PHI*ECTYPE =E= U;
MBCV.. sum((c,ENS,s),RC(c,ENS,'CV')*X(c,ENS,'cv'))-sum((c,ENS,s),
CHO(c,ENS,'cv')*X(c,ENS,'cv'))=E= Z3;
MBAB.. sum((c,ENS,s),RC(c,ENS,'AB')*X(c,ENS,'AB'))*alpha-sum((c,ENS,s),
CHO(c,ENS,'AB')*X(c,ENS,'AB'))*BETA
+sum((c,ENS,s),sub(c,ENS,'AB')*X(c,ENS,'AB'))=E= Z4;
MBT..Z3+Z4=E=Z;
RISQUEA1(e).. sum((c,ENS,s),RCM(c,ENS,'CV',e)*X(c,ENS,'CV'))-
sum((c,ENS,s),CHO(c,ENS,'cv')*X(c,ENS,'cv'))=E= Z1(e);
RISQUEA2(e).. sum((c,ENS,s),RCM(c,ENS,'AB',e)*X(c,ENS,'AB'))*alpha -
sum((c,ENS,s),CHO(c,ENS,'AB')*X(c,ENS,'AB'))*BETA
+sum((c,ENS,s),sub(c,ENS,'AB')*X(c,ENS,'AB'))=E= Z2(e);
RISQUEA(e).. Z1(e)+Z2(e)=E=Z5(e);
RISQUE(e).. Z-Z5(e)=E=DEV(e);
ECART .. SQRT(SUM(e,SQR(DEV(e))/CARD(e)))=E= ECTYPE;
TERRE1(c,ENS).. sum(s, x(c,ENS,s))=E= ASS(c,ENS);
TRAVAIL.. sum((c,ENS,s), bmo(c,ENS,s)*X(c,ENS,s)) =l= dmo+mos;
*Subvention(s)..sum((c,ENS),sub(c,ENS,'AB')*X(c,ENS,'AB'))=l=P;
*Conversion(c,ENS).. SAU$(sum(s,x(c,ENS,'AB'))gt 0.10*SAU)=E= X(c,ENS,'AB');
Model MODEXPLOTVITSTAT modele d exploitation viticole statique /all/;
Parameter Result(*,*,*) ;
*loop(it, sub(c,ENS,'ab')=SM*subv(it)
*loop(IT,Alpha=VARRC(IT)
*Loop(IT,Beta=VARCHO(IT)
*Loop(IT,PHI=PHII(IT)
*~~~~~ SOLUTION
~~~~~*
solve MODEXPLOTVITSTAT using NLP maximizing U;
Result('assol','conven',it)= sum((c,ENS),x.l(c,ENS,'cv'));
Result('assol','bio',it)= sum((c,ENS),x.l(c,ENS,'ab'));
Result('rev','tot', it)= z.l;
Result('rev', 'bio',it)= Z4.l;
Result('rev', 'CV',it)= Z3.l;
Result('sub','bio',it)= sum ((c,ens),SUB(c,ens,'ab')*x.l(c,ENS,'ab'));
Result('cout','tot',it)= sum ((c,ens,s),CHO(c,ens,s)*x.l(c,ENS,s));
Result('utilite','tot',it)= U.l;
Result('revealea',e,it)= Z5.l(e);
display result;
*)

```

## Liste des tableaux

Tableau 1. Tableau récapitulatif des différentes hypothèses de travail émises.....	32
Tableau 2. Calcul des coûts.....	33
Tableau 3. Calcul des recettes .....	34
Tableau 4. Tableau récapitulatif des différents scénarios simulés. ....	41
Tableau 5. Résultats du scénario de référence sans subvention et avec un coefficient d'aversion de risque égale 1.4.....	45
Tableau 6. Résultats de l'introduction de la subvention par rapport à la situation référence .....	47
Tableau 7. Résultats de l'introduction des aides non plafonnées par rapport aux autres situations. ....	49
Tableau 8. Effet de la variation de la subvention et du prix sur l'assolement. ....	52
Tableau 9. Comparaison des pratiques culturales de la vigne sous deux conduites : Conventionnel et biologique. ....	63

---

## Liste des équations

Équation 1. Fonction objectif .....	34
Équation 2. Fonction du revenu .....	35
Équation 3. Ecart Type.....	35
Équation 4. Contrainte terre .....	36
Équation 7. Main d'œuvre .....	36
Équation 8 : Calcul de l'IFT.....	38
Équation 9. Fonction objectif avec subvention .....	39
Équation 10. Contrainte plafonnement de l'aide régionale .....	39

## Liste des figures

Figure 1. Méthodologie suivie. ....	17
Figure 2. Représentation conceptuelle du système de production viticole. ....	21
Figure 3. Représentation conceptuelle du système viticole en conduite biologique. ....	23
Figure 4. Assolement initial par parcelle et par cépage. ....	27
Figure 5. Assolement initial par cépage et par combinaison enherbement-remonté de sel. ....	28
Figure 6. L'évolution des coûts durant la période de conversion en biologique ....	29
Figure 7. Première tendance d'évolution du rendement. ....	29
Figure 8. Deuxième tendance d'évolution du rendement. ....	30
Figure 9. Troisième tendance d'évolution du rendement. ....	30
Figure 10. Assolement lié à la situation de référence en absence de risque. ....	43
Figure 11. Assolement lié aux différentes tendances de variation du rendement ....	44
Figure 12. Evolution de l'assolement de l'exploitation en fonction du coefficient d'aversion au risque. ....	45
Figure 13. Effet de l'introduction du risque sur l'utilité. ....	46
Figure 14. Les effets de l'introduction d'une subvention plafonnée sur l'assolement par cépage et par zone pédoclimatique. ....	46
Figure 15. L'effet de l'introduction progressive de la subvention sur l'assolement. ....	48
Figure 16. Les effets de l'introduction d'une subvention déplafonnée sur l'assolement par cépage et par zone pédoclimatique. ....	49
Figure 17. Effet de la diminution de la variabilité des recettes sur l'assolement par système de production. ....	50
Figure 19. Effet de l'augmentation du prix sur l'assolement. Le prix actuel est de 546 Euros le kg. .....	51
Figure 20. Comparaison de l'IFTG (exploitation) pour les deux systèmes de production (conventionnel et biologique) par rapport à une valeur référence. ....	53
Figure 23. Carte du domaine du Pive. ....	66

## Table des matières

Sommaire .....	3
Introduction générale.....	1
Partie 1. Constat général et éléments conceptuels .....	3
Chapitre 1. Agriculture biologique: Origines, règles, avantages et inconvénients .....	4
1 Introduction: l'agriculture durable .....	4
2 L'agriculture biologique.....	4
2.1 Définition .....	4
2.2 Les exigences générales de la production végétale biologique AB .....	5
2.2.1 Application des règles de production .....	5
2.2.2 Une période de conversion.....	5
2.3 Les raisons de l'encouragement de l'agriculture biologique .....	6
2.3.1 Les réformes de la Politique Agricole Commune (PAC) :.....	6
2.3.2 Evolution de demande des produits biologiques.....	6
2.4 Avantages et inconvénients de la conversion en Viticulture biologique .....	7
Chapitre 2. Quelques éléments méthodologiques pour comparer les systèmes de production .....	9
Partie 2. Une revue de littérature sur la modélisation des pérennes et démarche générale	11
Chapitre 1. Caractéristiques des pérennes et approches de modélisation .....	12
1 La nature des investissements et de la production .....	13
2 D'une approche dynamique à une statique .....	14
2.1 Modèles dynamiques.....	14
2.2 Modèles statiques: .....	15
Chapitre 2. Description de la démarche suivie .....	16
1. Zone d'étude ou choix de l'exploitation .....	16
2. Base de données (enquêtes, statistiques, expertises.....)	16
3. Modèles .....	16
Partie 3. Méthodologie de la recherche: Application de la programmation mathématique	18
Chapitre 1. Modèle conceptuel .....	19
1 Introduction .....	19
2 Représentation conceptuelle du processus de production viticole .....	19
Chapitre 2. Proposition de modélisation mathématique des cultures vignes	24
1 Le choix du support méthodologique .....	24
1.1 FSSIM comme support.....	24
1.2 La composante pérenne dans FSSIM .....	24
2 Application empirique à une exploitation viticole du Languedoc Roussillon et hypothèses du travail.....	26
2.1 Exploitation agricole retenue .....	26
2.1.1 Présentation .....	26
2.1.2 Analyse de la situation de l'exploitation .....	26
2.2 Hypothèses de travail .....	27
2.2.1 Hypothèse 1 : Structure d'âge .....	27
2.2.2 Hypothèse 2 : Les variables de décision définissant l'activité viticole.....	27
2.2.3 Hypothèse 3 : Les charges opérationnelles de production .....	28
2.2.4 Hypothèse 4 : Les rendements .....	29
2.2.5 Hypothèse 5 : Prise en compte des coûts de transaction .....	31
2.2.6 Hypothèse 6 : La dynamique de la conversion .....	31
2.2.7 Hypothèse 7 : La conversion partielle des parcelles .....	31

2.2.8	Hypothèse 8 : Système biologique plus risqué.....	31
2.2.9	Hypothèse 9 : Recettes aléatoires .....	31
2.3	Base de données .....	32
2.4	Formulation du modèle d'exploitation viticole en conversion en biologique.....	34
2.4.1	Les variables de décision.....	34
2.4.2	La fonction objectif .....	34
2.4.3	Les contraintes.....	36
2.4.4	Calibration et validation du modèle .....	36
2.5	Intégration de l'Indicateur de fréquence de traitement au niveau du modèle .....	37
2.6	Les scénarios de politiques simulés .....	38
2.6.1	Scénario de référence .....	38
2.6.2	Scénario « subvention » .....	38
2.6.3	Scénario « prix » : .....	40
2.6.4	Scénario « Prix-subvention» .....	41
	Partie 4. Résultats et Discussions.....	42
	Introduction .....	43
1.	Analyse de la situation de référence du domaine étudié (Scénario de référence).....	43
2.	Analyse de l'effet de l'introduction de l'aide à la conversion : Scénarios « subvention » ...	46
2.1.	Scénario « subvention plafonnée » : Introduction des aides plafonnées.....	46
2.2	Scénario « subvention déplafonnée » : déplafonnement des aides .....	48
3.	Analyse de l'effet de l'augmentation des prix du produit biologique (Scénario prix).....	50
4.	Analyse des performances environnementales des systèmes de Production biologique et conventionnel .....	52
	Conclusion générale .....	54
	Liste des références bibliographiques .....	57
	Annexes .....	61
	Annexe 1. Exemple de Guide d'entretien .....	62
1.	Informations générales sur l'exploitation.....	62
2.	Système de production : Biologique .....	62
3.	Tour dans les parcelles .....	62
4.	Les données économiques.....	62
	Annexe 2. Représentation de l'itinéraire technique en fonction de la dynamique de la conversion en AB.....	63
	.....	63
	Annexe 3. FSSIM Model chain (Extracted from Louhichi et al., 2008).....	64
	Annexe 4. Carte du Domaine du Pive .....	66
	Annexe 5. IFT de référence par culture et par région .....	67