

Modélisation de la diversification des exploitations agricoles – Application aux élevages laitiers combinés à des vergers en agroforesterie

Aude Ridier et Charilaos Kephaliacos

Le travail de recherche présenté ici s'inscrit dans le cadre d'un contrat de recherche-action INTERREG IIIB (programme européen interrégional).

La nouvelle Politique agricole commune impose des conditionnalités environnementales sur les aides directes et peut conduire les agriculteurs à reconsidérer leurs choix techniques.

À partir d'un travail de modélisation des exploitations d'élevage bovin laitier intégrant des prés-vergers, les auteurs de cet article nous présentent ici une analyse quantitative des coûts et des bénéfices économiques et environnementaux liés à la combinaison des systèmes laitiers avec des systèmes de vergers de pommiers haute-tige, en retenant comme hypothèse que les investissements sont réalisés.

La nouvelle réforme de la Politique agricole commune (PAC) de juin 2003 instaure le découplage des soutiens du 1^{er} pilier, leur modulation au-delà d'un certain seuil et leur soumission à des contraintes réglementaires (conditionnalité). Elle expose ainsi plus qu'avant les agriculteurs aux fluctuations des prix du marché. Cette réforme doit néanmoins offrir la possibilité, dans le cadre du 2nd pilier, de valoriser plus qu'avant la production de biens et services relevant de la multifonctionnalité. Dans ce contexte, l'objet de ce travail est d'analyser les possibilités de diversification au sein d'une exploitation d'agroforesterie qui mène de façon jointe des productions de vergers de pommes à cidre et de bovins laitiers, de type « pré-vergers de Normandie », appelés aussi « vergers de haute-tige ». Les vergers se présentent dans ces exploitations sous la forme de plantations disséminées dans des prairies (d'où l'appellation prés-vergers) ou isolées sur de petites parcelles près des bâtiments d'exploitation. Ces exploitations qui ont, globalement, une conduite de production extensive sur les prairies, l'élevage et les cultures ont un certain avantage pour satisfaire au standard de la conditionnalité environnementale du 1^{er} pilier

de la PAC. Elles pourraient même engager leur système de production au-delà de ce standard, pour recevoir les aides du 2nd pilier.

Quelques repères à propos des exploitations concernées

D'après l'enquête TERUTI¹ de 2000 et les enquêtes « Structures des vergers » réalisées tous les ans, la grande majorité du verger haute-tige se trouve en France dans la région de Normandie (5 départements notamment le Calvados) et dans les deux départements du nord des Pays de la Loire (Mayenne et Sarthe)². Près de 43 % de la surface nationale en prés-vergers, elle-même estimée à 151 000 ha, y est localisée (Grouset et Pointereau, 2005). L'importance de ces surfaces au niveau national justifie l'étude de l'intérêt économique et environnemental de ces prés-vergers. Par ailleurs, selon le recensement agricole (RA) de 2000, sur 71 530 exploitations recensées dans les 7 départements des deux régions Pays de la Loire et Normandie, la moitié possède au moins un arbre de haute-tige, 20 % ont plus de 25 arbres haute-tige. Avec l'intensification des modes de production en agriculture depuis 50 ans, ces

Les contacts

ENFA (École nationale de formation agronomique),
2 route de Narbonne,
BP 87, 31326
Castanet-Tolosan
Cedex.
LEREPS, Laboratoire d'études et de recherche sur l'économie, les politiques et les systèmes sociaux, Université Toulouse 1 des Sciences Sociales, 1 place Anatole France, 31042 Toulouse Cedex

1. Enquête annuelle par photographies aériennes, menée par le SCEES (Service central des enquêtes et études statistiques), évaluant l'utilisation des surfaces. Est considéré ici comme pré-verger toute surface contenant au moins un arbre.

2. Ces données sont confirmées par l'enquête du programme SAFE (*Silvoarable Agroforestry For Europe*) coordonné par l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) entre 2001-2005.

systèmes de production ont fortement régressé au profit de vergers intensifs et spécialisés. Le nombre d'arbres haute-tige a baissé de 60 à 76 % selon les régions entre 1965 et 1995 (RA, enquêtes structures). Entre 1982 et 1990, les prés-vergers ont perdu 19 % de leur surface en Haute-Normandie et 22 % en Basse-Normandie, alors qu'entre 1992 et 2003, les prés-vergers ont perdu 34 % de leur surface en Haute-Normandie, 31 % en Basse-Normandie et 35 % sur la Mayenne et la Sarthe (enquêtes TERUTI). La diminution de la pénibilité du travail de récolte permise par la conversion en vergers basse-tige (Périchon, 2002)³ est un des facteurs pouvant expliquer la forte diminution de ces arbres haute-tige. À ceci s'ajoute l'impossibilité de percevoir les aides de l'Organisation commune de marché des grandes cultures sur les surfaces en partie arborées. Il est également intéressant d'identifier dans cette évolution la part des exploitations possédant des vergers basse-tige parmi celles possédant des vergers haute-tige. Sur les deux départements des Pays de la Loire, où des données sont disponibles, les résultats montrent que les exploitations qui ont le plus d'arbres en haute-tige (plus de 200 arbres) sont aussi celles qui ont le plus souvent, en même temps, des vergers de basse-tige (30 % des exploitations ayant 200 à 500 arbres haute-tige ont aussi au moins un hectare de verger basse-tige). Cette donnée suggère qu'il est aussi intéressant d'analyser la compétition entre les deux conduites au sein des systèmes de production.

Les fondements de l'étude

L'hypothèse développée ici est que la complexité biologique de ces systèmes⁴ de production dits « d'agroforesterie » est profitable à la fois du point de vue économique et environnemental.

Le faible rendement en fruits peut être compensé par des coûts de production faibles liés à la conduite extensive elle-même bénéfique à l'environnement. Ce travail vise à mener une analyse quantitative des coûts et des bénéfices économiques et environnementaux liés à la combinaison des systèmes d'élevage laitiers avec des vergers haute-tige. Au moyen d'une modélisation de l'exploitation, les rentabilités relatives des vergers de haute-tige (diversifiés, combinés à l'élevage laitier) et basse-tige (spécialisés) sont comparées. La conduite de vergers haute-tige en combinaison avec l'élevage correspond à une diversification de l'exploitation liée à un phénomène de production jointe dû à des interdépendances techniques bien connues en élevage (OCDE⁵, 2001). Cette production jointe peut être bénéfique sur le plan environnemental. Ainsi, dans les systèmes poly-culture-élevage, la réutilisation des déjections animales pour la fertilisation de la sole cultivée ou de la prairie est à l'origine d'économies de gamme puisqu'elle permet de diminuer la fertilisation minérale tout en préservant la qualité de l'eau (Bonnieux et Versmersch, 1999). Dans les prés-vergers, deux types de biens sont produits (élevage et arboriculture) par transformation d'un intrant commun non allouable⁶ (les déjections animales), ce qui définit ici la production jointe. De plus, cet intrant est aussi un sous-produit issu de l'exploitation.

Notre approche s'inscrit dans la philosophie du modèle conceptuel de « production jointe généralisée » (Koeijer *et al.*, 1999). Il s'agit d'une approche pluridisciplinaire qui intègre explicitement les interactions inputs-outputs : bons (désirés) et mauvais (non désirés) outputs peuvent être produits dans des proportions variables et un ajustement des techniques peut permettre de diminuer la quantité de « mauvais » et d'aug-

3. Sur ce point, les enquêtes menées par Solagro (association dont la mission est de favoriser « l'émergence de pratiques et procédés participant à une gestion économe, solidaire et à long terme des ressources naturelles » et qui agit dans le domaine de l'énergie, de l'agriculture, de la forêt et de l'environnement) montrent également que même si le travail de récolte est plus pénible en haute-tige qu'en basse-tige, il s'étale sur un temps beaucoup plus court, ce qui peut certes entraîner une surchauffe temporaire en compétition avec d'autres activités de récolte, mais représente néanmoins une moindre contrainte en termes de disponibilité. C'est cet aspect que nous avons retenu dans notre modèle.

4. Les inventaires faunistiques et floristiques font état d'une grande richesse indispensable au fonctionnement d'un écosystème durable et stable (Loreau *et al.*, 2002).

5. Organisation de coopération et de développement économiques.

6. Cet intrant est non allouable en ce sens qu'il n'est pas possible de mesurer quelle proportion est utilisée effectivement pour la production de chacun des biens : ainsi l'engrais organique participe en même temps à la croissance de l'herbe et à celle des arbres (Zilberman, 2002).

menter la quantité de « bons ». Cette approche tient aussi compte du fait que le changement technique est guidé aujourd'hui non plus par un unique objectif productif au sens strict, mais par de multiples objectifs et contraintes écologiques ou environnementaux qui conditionnent le bloc de production. Un modèle annuel est construit en programmation mathématique, ce qui est un outil pertinent pour représenter de façon précise les différents ateliers et différentes techniques de production associées, disponibles pour une exploitation (Ducros, 2003). La méthode permet de simuler les arbitrages entre ces ateliers et ces techniques sur la base de leur coût d'opportunité, en fonction des facteurs disponibles (terre, travail, bâtiment...). Le recensement de nombreuses alternatives techniques, conduisant à des rendements physiques variés pour une même production (par exemple plusieurs rendements en matière sèche de prairies) permet de simuler des changements techniques fins et une variabilité de rendements associée. L'hypothèse de rendements constants liée à la méthode de programmation linéaire a été critiquée à cause des sauts techniques qu'elle induit, mais la formulation proposée ici, qui multiplie les alternatives techniques, à travers un nombre élevé d'activités proposées, évite en grande partie cet écueil. Ce modèle est développé à l'échelle de l'exploitation et non à celle du secteur, mais c'est une étape nécessaire pour intégrer la complexité des interdépendances techniques et pour enrichir l'analyse des adaptations des exploitations face à de nouvelles contraintes environnementales intégrées (ou non) par les politiques agricoles (Flichman et Jacquet 2003).

Après une présentation de la structure du modèle, nous détaillons les interactions entre ateliers de l'exploitation bovins-laitiers et vergers ainsi que les données d'exploitations réelles qui sont introduites dans ce modèle. Nous expliquerons ensuite les étapes de calibrage du modèle et les simulations conduites selon les scénarii retenus. Ces scénarii appliquent sur l'exploitation des contraintes environnementales correspondant soit à des hypothèses d'obligations réglementaires, soit à des critères hypothétiques de conditionnalité des aides de la PAC.

Le modèle et les données

La modélisation porte sur une exploitation d'élevage bovin laitier en phase de croisière. Le modèle de programmation mathématique s'articule autour de trois ateliers complémentai-

res : bovin-lait, fourrages (prairies et céréales) et pommiers. L'exploitation comporte à la fois des vergers basse-tige (BT) et des vergers haute-tige (HT) à l'intérieur de certaines prairies où pâturent les animaux. Vergers BT et HT sont donc en concurrence au sein du modèle étant donné un système de techniques et de prix de marché. L'un des objectifs est de mettre en évidence les raisons (liées fondamentalement au phénomène de jointure) qui peuvent faire préférer à l'agriculteur la production de prés-vergers, en conduite HT, dans des systèmes d'élevage diversifiés à celle de vergers classiques spécialisés BT.

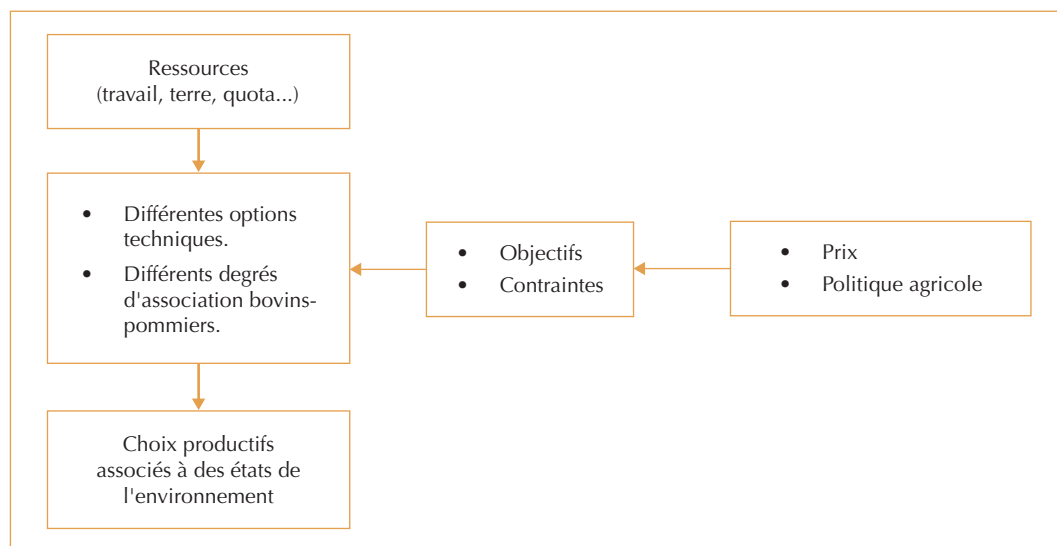
Étant donné un système de prix des intrants et des produits, des ressources limitées en terre, travail, quota laitier, et pour un ensemble de techniques de production donné, sous une hypothèse de maximisation du revenu de l'agriculteur, le modèle propose une allocation des surfaces, un choix de techniques de production associé à un état de l'environnement (figure 1). Nous entendons par « état de l'environnement » un ensemble d'indicateurs de l'état de la pression du système de production sur l'environnement : type d'itinéraire technique des conduites végétales (conventionnel, intégré) et rendements productifs associés, niveau de chargement herbivore, pourcentage de prairies dans l'assolement, nombre de passages de pesticides sur les vergers, score de biodiversité, bilan apparent de l'azote.

Le modèle est annuel, c'est-à-dire que les contraintes d'investissement, d'immobilisation et d'endettement ne sont pas prises en compte et que les adaptations observées sont de court terme. Cette hypothèse simplificatrice revient à supposer que l'exploitation est en phase de croisière, que l'agriculteur possède déjà des vergers haute-tige qu'il n'a qu'à mettre en valeur et qu'il se pose la question de les conserver ou non au profit du basse-tige. Dans ces conditions, les coûts d'investissement sont faibles voire négligeables.

Le modèle mathématique

L'exploitant maximise son revenu annuel moyennant diverses contraintes : contraintes techniques, contraintes liées à la PAC et contraintes environnementales. Les contraintes « technico-économiques » classiques sont donc complétées par des indicateurs témoignant des interactions entre les activités « traditionnelles » et les biens environnementaux concernés. Dans le cas présent, la terre, le travail et les autres facteurs de productions peuvent être utilisés dans une ou

► Figure 1 –
Présentation
schématique du
modèle.



7. Capacité de l'écosystème à maintenir ses propriétés en cas de perturbation (Begon *et al.*, 1996).

8. Loreau *et al.*, 2002.

plusieurs activités (élevage, production de fruits) dans des proportions variables, conformément aux itinéraires techniques connus. Les nouveaux flux générés par la production jointe modifient la productivité du système, étant donné qu'ils remplacent ou complètent certains facteurs de production conventionnels. Ainsi, l'arboriculture et l'élevage utilisent tous deux la terre, le travail et les fertilisants minéraux azotés (engrais chimiques commerciaux). Mais l'azote organique issu des effluents d'élevage, les pommes non récoltées, les insectes auxiliaires, etc. sont des intrants supplémentaires produits et recyclés par le système et non monétarisés. Cependant il résulte de

leur existence une moindre utilisation d'intrants marchands, des coûts de production plus faibles, et une meilleure protection de la ressource en eau. L'absence de traitement chimique permet aussi une meilleure résistance de l'écosystème⁷. L'ensemble de ces bénéfices écologiques n'a pas été à ce jour quantifié⁸, d'où le choix de prendre en compte ces bénéfices par l'intermédiaire de contraintes environnementales et d'indicateurs (équations 7 à 9).

FONCTION OBJECTIF

L'objectif annuel de l'exploitant est la maximisation du revenu R .

$$R = \sum_i (XS_i y_i p_i + X_i (s_i \times BIN_i - w_i)) + \sum_j (NS_j y_j p_j + N_j (y_{mj} p_m + s_j - w_j)) - L_{ext} p_{ext} \quad (1)$$

Avec :

– R : revenu annuel,

– X_i : nombre d'hectares de vergers et de céréales,

– XS_i : nombre d'hectares utilisés pour produire des céréales en grains commercialisés,

– N_j : nombre d'animaux présents,

– NS_j : nombre d'animaux vendus,

– indice $_i$: pommes et céréales,

– indice $_j$: viande,

– indice $_m$: lait,

– $y_{i,j,m}$: rendements physiques,

– $p_{i,j,m}$: prix,

– $s_{i,j}$: aides directes,

– $w_{i,j}$: coûts variables par hectare ou par bovin. Pour les vergers, ce coût prend en compte le différentiel haute-tige/basse-tige lié aux conduites (fertilisation, traitement phytosanitaire),

– L_{ext} : travail salarié,

– p_{ext} : prix du travail salarié.

CONTRAİNTE DE JACHÈRE

Les aides de la PAC sont versées moyennant l'obligation, pour les grandes cultures, de mettre en jachère un ratio minimal de la surface en céréales et oléoprotéagineux (équation 2).

$$X_{\text{jachère}} \geq \sum_i X_i \times r - (1 - \text{BIN}) \times \text{bigM} \quad (2)$$

Avec :

- $X_{\text{jachère}}$: surface en jachère,
- X_i : nombre d'hectares de SCOP⁹,
- r : seuil minimal de jachère obligatoire (10 %),
- BIN : variable binaire qui prend la valeur 1 quand les conditions de mise en jachère sont remplies (l'équation 2 est alors active), et la valeur 0 quand elles ne sont pas remplies.

CONTRAİNTE DE DISPONIBILITÉ EN TERRE

$$\sum_i X_i \leq \bar{X} \quad (3)$$

Avec :

- \bar{X} : terre arable totale sur l'exploitation-témoin.

CONTRAİNTE DE DISPONIBILITÉ EN QUOTA LAITIER

$$\sum_j N_j \times y_{mj} \leq \text{QUOTA} \quad (4)$$

Avec :

- N_j : nombre total de vaches laitières,
- Y_{mj} : rendement laitier par vache,
- QUOTA : référence de quota laitier de l'exploitation-témoin.

CONTRAİNTE DE TRAVAIL

La contrainte de travail établit un équilibre entre les besoins en travail et la disponibilité en travail familial moyennant également la possibilité d'employer un salarié (équation 5).

$$\sum_j N_j \times h_j + \sum_i X_i \times h_i \leq \text{Family}\bar{W} + \text{Lext} \quad (5)$$

Avec :

- $h_{i,j}$: nombre d'heures de travail requises par hectare et par animal,
- X_i : nombre d'hectares en prairies et vergers,
- N_j : nombre de bovins,
- L_{ext} : quantité d'heures de travail salarié,
- $\text{Family}\bar{W}$: disponibilité en heures de travail familial.

CONTRAİNTE D'ALIMENTATION DU TROUPEAU

Le modèle arbitre entre la terre utilisée pour les céréales fourragères et celle utilisée pour les céréales en grain. Il est possible ensuite de nourrir les animaux soit avec des fourrages achetés, soit avec des fourrages produits sur l'exploitation : céréales, maïs fourrager, prairies (uniquement produites). Les besoins en fourrages par animal peuvent être couverts soit par des fourrages produits, soit par des fourrages achetés (équation 6).

Concernant le pâturage, le système en agroforesterie permet que les surfaces en prairies pâturées soient aussi partiellement arborées, exception faite pour les gros bovins qui ne sont pas autorisés sur les surfaces arborées, au risque de dégrader les jeunes arbres.

$$\sum_{f,j} N_j \times \text{feed}_{j,f} \leq \sum_i (X_i y_i - \bar{X} S_i y) + F_{\text{bought}} \quad (6)$$

Avec :

- $\text{feed}_{i,f}$: besoins en fourrages par animal,
- F_{bought} : aliments concentrés achetés à l'extérieur.

CONTRAİNTES ÉCOLOGIQUES**ET ENVIRONNEMENTALES**

Il s'agit des trois contraintes décrites ci-après : biodiversité, bilan d'azote par hectare et nombre d'applications de pesticides. Le score de biodiversité, la contrainte de bilan d'azote par hectare et le nombre de traitements de pesticides sur l'exploitation sont considérés comme des indicateurs environnementaux du modèle. Ces indicateurs témoignent d'externalités émises par le système de production. La conditionnalité environnementale portant aujourd'hui sur les aides du 1^{er} pilier de la PAC a pour objectif le contrôle de ces externalités à travers des mesures réglementaires (1^{er} pilier), mais elle ne concerne que les productions bénéficiaires de soutiens, ce

9. Surface en céréales, oléagineux et protéagineux.

10. Chaque activité peut produire un ou plusieurs biens selon la technique de production employée.

qui exclut l'arboriculture. Ces externalités pourraient en revanche être rémunérées dans le cadre de mesures volontaires de type « 2nd pilier », le respect des seuils de ces trois indicateurs permettant de recevoir des primes supplémentaires. De cette façon, la valeur de ces indicateurs affecte la rentabilité des activités.

Score de biodiversité

Cette première contrainte introduit un score de biodiversité qui est calculé en attribuant la note (+ 1) à chaque hectare de verger HT et (- 1) à chaque hectare de verger BT (équation 7). Cet indicateur présente certains inconvénients, mais il est retenu car il est relativement facile à mettre en œuvre dans un modèle de programmation mathématique (Girardin *et al.*, 1999).

$$\sum_i X_i \times score_i \leq BIO \quad (7)$$

Avec :

– BIO : limite maximale imposée à l'indicateur de biodiversité.

Équilibre entre les entrées et les sorties d'azote

Cette seconde contrainte établit l'équilibre entre les entrées et sorties d'azote liées aux transactions commerciales sur l'exploitation. Certaines valeurs de cet indicateur indiquent un accroissement du risque de pollution des eaux par les nitrates (équation 8).

$$\sum_i X_i \times (entries_i - export_i) + \sum_j N_j \times (entries_j - export_j) \leq NITRO \quad (8)$$

Avec :

– NITRO : limite maximale imposée à l'indicateur de bilan d'azote.

11. Par opposition au « sous-produit ».

Nombre d'applications de pesticides

La troisième contrainte comptabilise le nombre total de passages de pesticides sur l'exploitation (équation 9).

$$\sum_i X_i \times pest_i \leq PEST \quad (9)$$

Avec :

– PEST : limite maximale imposée à l'indicateur d'utilisation de pesticides.

12. Institut technique des céréales et des fourrages.

LES DONNÉES

Données concernant les activités

Une activité peut produire un ou plusieurs biens selon l'itinéraire technique employé. En même temps que l'activité principale¹⁰ d'élevage laitier conduite en valorisant les prairies, l'agriculteur peut produire du blé, dont une partie peut être utilisée pour nourrir le troupeau. Il peut aussi choisir de ne pas produire de céréales et de nourrir le troupeau uniquement à partir de céréales achetées (par exemple, aliments concentrés). L'agriculteur a aussi la possibilité d'allouer des ressources à la conduite de vergers de pommiers, soit en conduite BT conventionnelle, soit en conduite HT. Dans ce dernier cas, les arbres sont plantés dans les parcelles en prairies. Dans les deux cas, la destination est la transformation des fruits pressés, soit en vendant les fruits « en frais » pour la coopérative, soit en transformant et vendant directement les fruits sur l'exploitation.

Pour les activités animales, l'itinéraire technique de production est celui d'un troupeau de vaches laitières de race Pie Noire donnant 5 300 litres de lait par vache et par an, conduit « à l'herbe » valorisée en pâturage. L'exploitant a la possibilité d'engraisser les veaux en bœufs de 30 mois et en génisses, c'est-à-dire d'intensifier légèrement la production à l'hectare en distribuant plus d'aliments à base de céréales achetées ou produites sur l'exploitation (Réseaux d'élevage Pays de la Loire, 1994 ; Coulon *et al.*, 2002).

Chacune des activités végétales (prairies, céréales, pommiers) a été déclinée en trois catégories d'itinéraires techniques. Ces catégories sont : « conventionnel », « intégré », « agroforesterie ». Le passage de la première vers la troisième suppose une plus faible quantité d'intrants par hectare et donne un rendement plus faible dans le produit intentionnel¹¹. Les conduites appelées « conventionnelle » et « intégrée » du blé et de la prairie traduisent des coûts de production pour des rendements par hectare conformes à ceux décrits dans les référentiels des instituts techniques (ITCF¹², 1992). Les prairies sont exclusivement utilisées pour l'alimentation en herbe (pâturage) et en foin des animaux (tableau 1).

Les vergers dénommés ici « conventionnels » sont en fait des vergers spécialisés produisant des pommes à cidre. Plantés avec une densité de 300 arbres par hectare, ces vergers ont un coût variable de 1 250 €/hectare (intrants, désherbage,

▼ Tableau 1 – Rendements par produit et par type d'itinéraire technique.

	Conventionnel	Intégré	Agroforesterie
Blé	65 Q/ha	55 Q/ha	—
Prairie	5 tonnes/ha	3,5 tonnes/ha	2 tonnes/ha
Vergers de pommes à cidre	30 tonnes/ha	— ¹³	4 tonnes/ha

éclaircissage, fertilisants, traitements phytosanitaires). Pour l'ensemble de ces interventions, l'agriculteur doit consacrer environ 115 heures par hectare et par an. Si les fruits sont vendus directement pour la transformation dans le cadre d'un contrat, le prix peut s'élever jusqu'à 150 € par tonne (Dubreuil, 1997). Les fruits peuvent aussi être transformés sur place et valorisés en cidre. Les vergers en « agroforesterie » sont des prés-vergers où la densité d'arbres est nettement plus faible ; ici, une densité de 40 arbres par hectare¹⁴. Conduits quasiment sans intervention (peu de taille, peu de traitements), ces vergers proposent des coûts par hectare beaucoup plus faibles que les vergers traditionnels, liés à la plus faible densité d'arbres par hectare et aux pratiques plus extensives en intrants (160 €/ha). Ils réclament par ailleurs, pour le suivi et l'entretien, un temps de travail plus limité (16 heures/ha/an).

Les coûts de plantation dans les deux types de conduites sont ici ignorés. En réalité, dans le cas de l'agroforesterie, nous supposons que le producteur démarre son activité à partir d'arbres existants qu'il remet ainsi en valeur. Cependant, comme la mise à fruits est aussi plus longue pour les arbres HT (5 ans au lieu de 3), l'immobilisation en capital est plus longue pour les arbres HT. Cette différence avantage le verger BT par rapport au HT. Elle a été prise en compte dans le modèle en réduisant le différentiel de charges totales, ramenées à l'année, des vergers HT et BT. Malgré cela, ce différentiel reste favorable aux HT. Le coût pour une immobilisation plus longue en verger HT est sans doute aussi compensé, dans ce système diversifié, par des flux financiers générés par les productions annuelles (lait, veaux de 8 jours).

Les fruits sont transformés sur l'exploitation, ce qui suppose de disposer du matériel et des locaux adaptés et d'une disponibilité en main-d'œuvre estimée à 35 heures/ha/an. Les fruits sont très bien valorisés sur le marché. Par exemple, les pommes sont vendues en frais avec le label « AOC¹⁵ Cal-

vados Pays d'Auge » à des prix allant de 185 à 220 €/tonne. Le groupement RENOVA en Ariège communique que le jus de pomme est vendu en moyenne 2,5 €/litre.

Par ailleurs, les travaux récents menés dans le cadre du projet ECOVERGER¹⁶ estiment le coût de la transformation et de la commercialisation sur place du jus de pomme (hors main-d'œuvre) à 0,61 €/litre (35 centimes pour la fabrication, 26 centimes pour les frais de vente). Le rendement des fruits pour la fabrication de jus étant de 1,6 kg de pommes pour 1 litre de jus, la marge brute escomptée par l'agriculteur qui transforme sur place est très élevée (nous la ferons varier pour tester la sensibilité de notre modèle).

Voici les hypothèses sur le prix des pommes que nous avons gardées dans le modèle :

- pommes de basse-tige vendues en frais : 100 €/tonne,
- pommes de basse-tige transformées sur l'exploitation : 450 €/tonne,
- pommes de haute-tige vendues en frais : 130 €/tonne,
- pommes de haute-tige transformées sur l'exploitation : 600 €/tonne.

Dans la réalité, la transformation permet une marge brute plus importante (1 100 €/tonne rapportés par les enquêtes effectuées dans ces systèmes) que celle que nous avons retenue ici. Mais en minorant cette marge (450 €/tonne), nous avons souhaité prendre en compte d'une part, les coûts liés à l'investissement en matériel de transformation qui ne sont pas pris en compte explicitement dans le modèle, et d'autre part, la capacité d'absorption de la demande qui est limitée. Par ailleurs, le différentiel de prix entre haute-tige et basse-tige reflète le développement possible de créneaux spécifiques de clientèle attachée à des produits AOC dont le volume mis en marché est forcément restreint (il existe des

¹³. À ce jour, nous nous cantonnons pour la modélisation aux deux types de conduites haute-tige et basse-tige. La conduite « intégrée » peut être envisagée dans un futur travail comme une 3^e voie intermédiaire vers laquelle peuvent tendre l'une ou l'autre des conduites.

¹⁴. Sur les bases d'une exploitation enquêtée et étudiée en Pays d'Auge (Coulon *et al.*, 2002).

¹⁵. Appellation d'origine contrôlée.

¹⁶. Dans le cadre d'un programme européen interrégional (INTERREG III B) pour la mise en valeur des vergers de haute-tige, l'objectif du projet ECOVERGER, lancé en 2003 par onze partenaires, est de mutualiser les connaissances techniques et les expériences afin d'élaborer une stratégie commune d'actions, à l'échelle du Sud-Ouest européen (SUDOE), visant à préserver durablement les vergers d'arbres fruitiers de plein vent (haute-tige) et les systèmes agroforestiers traditionnels mixtes (association arbres-cultures-animaux).

17. Unités de gros bovins.

organisations de consommateurs, par exemple dans le Bas Wurtemberg en Allemagne, qui garantissent une plus value de 30 % sur le prix de vente du cidre lorsque celui-ci provient de vergers de haute-tige). La contrainte de demande de marché auquel s'adresse l'exploitation modélisée n'a pas été introduite de façon explicite. Des hypothèses sur les prix sont donc nécessaires dans notre approche en équilibre partiel de l'entreprise atomistique, car les prix sont donnés (voir la fonction-objectif). Ainsi, pour prendre en compte les limites du marché, nous avons fait varier le prix relatif des pommes issues de haute-tige et de basse-tige. Les vergers de basse-tige sont le plus souvent intégrés par l'intermédiaire de contrats avec l'industrie de transformation qui fixent les prix des fruits. Quand la production issue de vergers basse-tige est élevée, les pommes issues de verger haute-tige ne trouvent pas preneur et leur prix peut ne pas être supérieur à celui des pommes issues de vergers basse-tige. Quand au contraire la production issue de vergers basse-tige est faible, les pommes issues de haute-tige peuvent trouver un débouché à des prix supérieurs de 10 à 30 % à ceux des pommes issues de basse-tige.

Données concernant les contraintes

Les contraintes de dotation en facteurs de production portent sur la disponibilité en terre et en quota laitier. La main-d'œuvre familiale (calculée en heures) est également disponible en quantité limitée (3 000 heures équivalant au travail annuel de 2 travailleurs à plein temps). Il est possible, dans une limite de 500 heures, d'employer un salarié moyennant un coût horaire donné (17 €/heure, charges sociales comprises).

Les contraintes liées aux techniques de production imposent une cohérence zootechnique dans la répartition entre les différentes catégories du troupeau. Cette composition dépend du taux de renouvellement des vaches laitières, de la prolificité et de la mortalité du troupeau. Les stratégies d'alimentation sont décrites à travers les coefficients d'utilisation des fourrages et des aliments produits sur l'exploitation ou achetés et correspondent aux itinéraires décrits dans les ouvrages de référence (Réseaux d'élevage Pays de la Loire, 1994).

Les contraintes administratives concernent l'obligation de mettre en jachère 10 % des surfaces en céréales, au-delà d'un certain seuil, afin de

percevoir la prime aux céréales. Concernant les bovins, la possibilité d'accéder, pour les bœufs, à la prime au bovin mâle, si le chargement ne dépasse pas 2 UGB¹⁷/ha, est également introduite. Ces deux contraintes sont héritées de la PAC avant 2005.

Calibrage du modèle, analyse de sensibilité et simulations

Comparaison de l'exploitation modélisée et de l'exploitation témoin (calibrage)

Les systèmes de production dans lesquels sont présents aujourd'hui les vergers de haute-tige sont pour la plupart localisés en Normandie et orientés vers la production de bovins-lait. Nous proposons d'étudier une exploitation de grande dimension (plus de 500 arbres et 100 ha de SAU), en nous basant sur une étude de cas du Pays d'Auge (Coulon *et al.*, 2002). Nous replaçons cette exploitation par rapport à l'enquête du Recensement agricole pour la région de Normandie.

On entend par calibrage la mise en cohérence des coefficients techniques utilisés dans le modèle par rapport à la structure de l'exploitation témoin qui a guidé notre observation de la réalité. Cette exploitation témoin est relativement proche des caractéristiques moyennes des exploitations présentées dans le tableau 2. Dans cette exploitation témoin, nous n'avons pas accès à l'ensemble des

▼ Tableau 2 – Les exploitations de Normandie ayant plus de 500 arbres haute-tige (source : Recensement agricole 2000).

Nombre d'exploitations ayant plus de 500 arbres en haute-tige	203
SAU moyenne	90 ha
Surface fourragère principale (SFP) moyenne/exploitation ayant une SFP	19 ha
Surface toujours en herbe (STH) moyenne /exploitation ayant une STH	58 ha
Surface en maïs moyenne/exploitation ayant du maïs	16 ha
Nombre moyen de vaches laitières (VL)/exploitation ayant des VL	47
Nombre moyen de bovins/exploitation ayant des bovins	133

coefficients techniques. Nous avons donc eu recours aux données disponibles dans les référentiels techniques pour le type d'élevage considéré ; élevage laitier extensif herbager de race Pie Noire en Normandie et les fourrages utilisés (Réseaux d'élevage Pays de la Loire 1994, ITCF, 1992).

Les principaux décalages entre l'exploitation témoin et l'exploitation modélisée sont (tableau 3) :

- la surface en pré-verger est plus élevée dans l'exploitation modélisée ;
- la contrainte de travail est plus contraignante dans l'exploitation optimisée.

Il est donc vraisemblable que le coût relatif en temps de travail de production d'une unité zootechnique de bœuf¹⁸ par rapport au temps de travail de production d'une unité de pommes issues de verger haute-tige soit moins élevé dans l'exploitation témoin que celui introduit dans le modèle.

Les pommes sont entièrement transformées sur l'exploitation modélisée alors que dans l'exploitation témoin, une partie de la production est vendue en fruits pour la transformation en coopérative (40 tonnes sur 140). Nous expliquons ce

choix par le fait que l'exploitation témoin limite la quantité transformée, soit pour une contrainte de disponibilité de travail, soit pour éviter une érosion du prix du cidre, soit bien sûr pour les deux raisons en même temps.

Les quantités d'aliments achetées à l'extérieur sont plus élevées dans l'exploitation modélisée car les rations alimentaires introduites dans le modèle suivent les référentiels des instituts techniques.

Analyse de sensibilité du modèle et configurations des activités de l'exploitation

L'analyse de sensibilité consiste à faire varier le différentiel de prix des pommes issues de haute-tige et de basse-tige. Comme on l'a envisagé précédemment, ce différentiel peut en effet ne pas se maintenir si la production totale de pommes issues des deux types de vergers augmente au-delà d'un certain seuil. Nous avons donc simulé une variation du prix relatif des pommes issues de vergers basse-tige sur celui des pommes issues de vergers haute-tige pour caractériser les configurations d'ateliers qui en résultent. L'exploitation de départ a une configuration d'ateliers comme celle décrite dans le paragraphe précédent sur le calibrage du modèle (figure 2, cas 1).

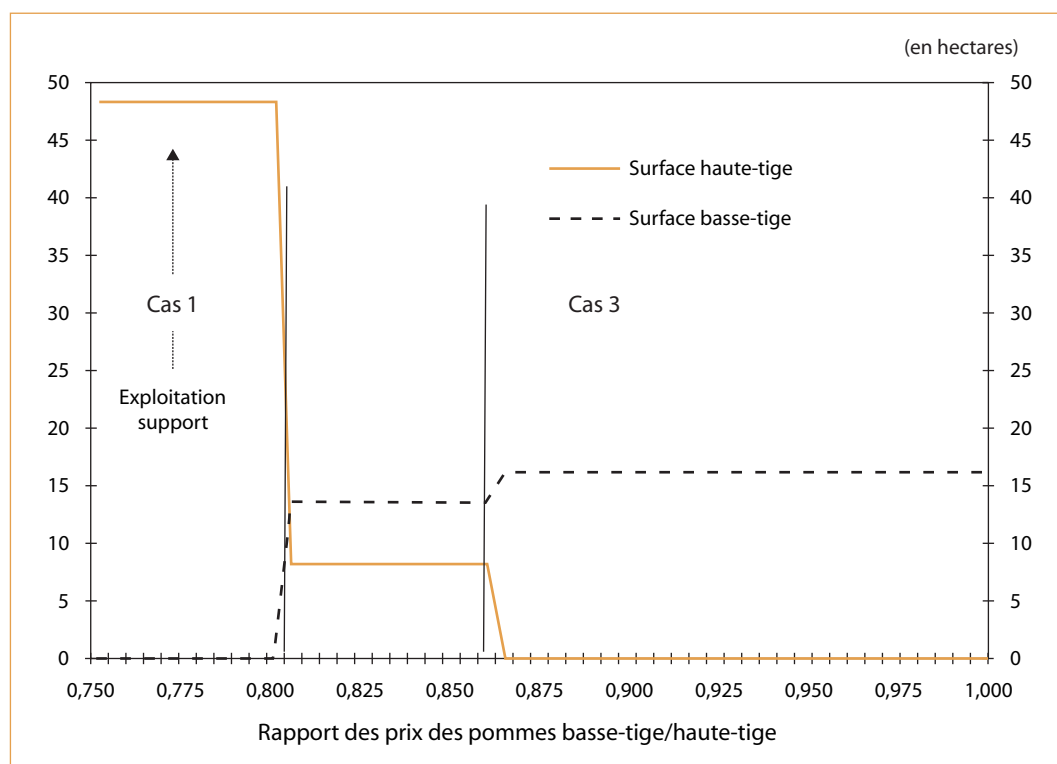
18. Une « unité zootechnique bœuf » = 1 vache + 0,45 bœuf de 3 ans + 0,28 génisse de 3 ans + 0,17 veau.

	Exploitation témoin	Exploitation modélisée
Surface agricole totale	100 ha	91,3 ha
Quota laitier	285 000 litres	285 000 litres
Nombre de vaches laitières	55	54
Ventes de bœufs	15	0
Ventes de veaux de 8 jours	0	34
Chargement herbivore	–*	0,95 UGB/ha
Surface en céréales	0	0
Espaces naturels	23 ha	0
Surface en prairies	40 ha	43,1 ha
Surface en prés-vergers	37 ha	48,2 ha
Quantité de pommes produites	140 tonnes	385 tonnes
Destination	100 t transfo et vente sur exploitation	193 t transfo et vente sur exploitation
	40 t vente en frais à la coopérative	
Concentrés céréales achetés	25 tonnes	38 tonnes

* Non renseigné.

◀ Tableau 3 – Comparaison de l'exploitation témoin en Pays d'Auge avec l'exploitation modélisée.

► Figure 2 – Évolution des surfaces en vergers haute-tige et basse-tige en fonction du rapport évolutif des prix des pommes.



Lorsque le prix relatif augmente et dépasse 0,80 €, l'exploitant substitue à une partie de la surface en prés-vergers (48,2 ha) des vergers basse-tige (13,6 ha) pour planter 8,2 ha en prés-vergers (tableau 4). Le reste (26,4 ha) est retiré de la surface totale de l'exploitation. L'activité d'élevage se maintient à l'identique avec la même composition du cheptel et les mêmes surfaces en prairie (43,1 ha). Cependant, du fait que la surface totale en herbe diminue sur l'exploitation, le chargement herbivore augmente (de 0,95 à 1,68 UGB/ha). Dans la logique du modèle, la surface totale effectivement utilisée diminue parce qu'il n'y a pas d'usage alternatif profitable pour les surfaces libérées par les prés-vergers. Ceci provient également de notre hypothèse de la contrainte en main-d'œuvre qui signifie que l'entreprise n'envisage pas de sortir du cadre de l'exploitation familiale (chef d'exploitation et au maximum un ouvrier à temps partiel). Notons cependant que ce résultat est dû également au statut fixe des coefficients techniques dans ce modèle¹⁹.

Lorsque le prix relatif des pommes issues du verger basse-tige dépasse 0,86 €, la production de pommes ne se fait plus qu'en vergers basse-

tige (16,2 ha). La surface en prairie augmente de 43,1 ha à 50 ha. Le nombre de bovins reste toujours le même, mais comme globalement la surface en herbe a encore diminué du fait de l'absence de prés-vergers, le chargement herbivore augmente à 1,74 UGB/ha. Cette spécialisation s'accompagne donc d'une intensification du système de production : le chargement herbivore augmente et la quantité de pesticides par hectare s'accroît fortement (de 43 à 152 passages sur l'ensemble de l'exploitation). Cette intensification n'est pas contrariée par les coûts de traitement phytosanitaire qu'elle implique vu le différentiel de productivité en volume entre les deux conduites (tableau 4).

Pour les trois cas significatifs (cas 1 : verger haute-tige uniquement sur la figure 2, cas 2 : verger haute-tige et basse-tige et cas 3 : verger basse-tige uniquement sur la figure 2), on peut associer les indicateurs environnementaux suivants :

- indicateur global « de biodiversité » : cas 1 : 48,2 ; cas 2 : - 4,8 ; cas 3 : - 16,2 ;
- bilan apparent de l'azote : cas 1 : 13,8 U/ha ; cas 2 : 23,8 U/ha ; cas 3 : 27,3 U/ha ;
- nombre total de passages de pesticides : cas 1 : 43 ; cas 2 : 152 ; cas 3 : 180.

19. Dans une autre version, on peut envisager une certaine variabilité des coefficients techniques de production de lait.

	Cas 1	Cas 2	Cas 3
Prix des pommes transformées BT (€/t)	450	450	450
Prix des pommes transformées HT* (€/t)	600	559	520
Prix du lait (€/litre)	0,30	0,30	0,30
Fonction objectif (revenu en €)	300 263	284 968	282 466
Surface agricole totale (ha)	91,3	64,9	66,2
Surface en verger HT (ha)	48,2	8,2	0,0
Surface en verger BT (ha)	0,0	13,6	16,2
Surface en prairie (ha)	43,1	43,1	50
Nombre de vaches	54	54	54
Quantité de lait produite (litres)	285 000	285 000	285 000
Quantité de pommes HT (tonnes)	193	35	0
Quantité de pommes BT (tonnes)	0	403	486
Valeur duale du quota (€/litre)	0,0046	0,03	0,02
Valeur duale du travail (€/heure)	87,8	81,7	81,7
Score total de biodiversité	48,2	- 5,3	- 16,2
Chargement herbivore (UGB/ha)	0,95	1,69	1,74
Bilan apparent de l'azote (unités N/ha**)	15,12	29,7	33,9
Nombre total de passages de pesticides	43	152	180

* HT : haute-tige ; BT : basse-tige.

** Hors surfaces en jachère.

À ce niveau d'analyse, ces performances environnementales n'ont pas d'incidence sur les performances économiques si ce n'est la valorisation indirecte que permet l'AOC.

Des scénarii de diversification : de nouveaux arbitrages face aux nouvelles politiques agricoles

Pour prendre en compte l'éco-conditionnalité, nous pouvons maintenant envisager des simu-

lations dans lesquelles l'exploitation se voit imposer des normes quant à l'utilisation de certains intrants, normes accompagnées ou pas de compensations financières (tableau 5).

Pour ces simulations, nous partons de la situation la plus défavorable au verger haute-tige (cas 3) où le marché ne procure pas de différence de prix suffisante avec le verger basse-tige pour voir apparaître cette production dans le système (différentiel de prix inférieur à 13 %). Dans cette situation,

◀ Tableau 4 – Configurations d'activités de l'exploitation selon l'évolution des prix relatifs des pommes.

	Scénario 1	Scénario 2 Sans prime	Scénario 3 Avec prime
Prix des pommes transformées BT (€/t)	450	450	450
Prix des pommes transformées HT (€/t)	520	520	520
Prix du lait (€/litre)	0,30	0,30	0,30
Seuil maximal d'N (unités N/hectare)	–	25	20
Prime conditionnée (€/ha SF)	–	–	158
Contrainte de chargement (UGB/ha SF)	≤ 1,4	–	–

► Tableau 5 – Les scénarii de simulation.

20. Une extension technique du modèle est possible en ayant recours au paramétrage explicite des prix relatifs.

nous avons vu dans l'analyse de sensibilité que l'exploitant n'est pas incité à s'engager dans une conduite haute-tige. Nous souhaitons trouver le niveau de primes/de contraintes qui rendrait la production de HT plus incitative pour l'exploitant dans ce contexte de prix. Pour cela, nous proposons, pour des prix relatifs des pommes donnés, des scénarios où des contraintes environnementales sont imposées à partir des indicateurs présentés précédemment. L'objectif est d'analyser si des conditions environnementales favorisant les prés-vergers pourraient contribuer à l'adaptation des exploitations laitières spécialisées vers des systèmes diversifiés plus pérennes.

Dans le scénario 1, nous appliquons une contrainte réglementaire de chargement herbivore de type éco-conditionnalité du 1^{er} pilier. Cette contrainte ne donne pas droit à des aides supplémentaires. Le seuil de 1,4 UGB/ha correspond au critère d'éligibilité pour l'octroi des compléments de prime bovine à l'extensification qui sont demeurés partiellement couplés dans la nouvelle PAC.

Dans les scénarii 2 et 3, nous appliquons une contrainte de seuil maximal concernant le bilan moyen d'azote par hectare. Cette contrainte, à la différence de la précédente, concerne l'ensemble des ateliers de l'exploitation qui reçoivent et exportent de l'azote. La méthode utilisée permettra de faire apparaître le rôle des complémentarités entre ateliers qui conduisent, d'une part, à une économie d'achat d'azote minéral et, d'autre part, à une réduction des résidus potentiellement polluants. Alors que l'économie d'achat d'azote minéral agit directement sur la rentabilité de l'exploitation, la réduction des résidus potentiellement polluants peut être valorisée par une prime de type « 2nd pilier ». Ainsi, dans le scénario 2, la contrainte (niveau inférieur à 25 unités/ha) est de type réglementaire, ou de type « 1^{er} pilier », et ne donne pas droit à des aides supplémentaires. Dans le scénario 3, la contrainte est plus forte (niveau inférieur à 20 unités/ha) et de type incitatif, car elle donne accès à une aide supplémentaire de 158 €/ha de surface fourragère (les prés-vergers sont bien sûr inclus dans cette surface fourragère).

Les variations des prix relatifs induiront bien entendu des modifications de l'offre de l'exploitation dans les différents produits (pommes issues de haute-tige ou basse-tige, viande et lait). Comme pour l'analyse de sensibilité, le modèle

ne prend pas en compte d'éventuels impacts de modifications de l'offre des produits sur leurs prix de marché²⁰.

SCÉNARIO 1 : CONTRAINTE DE CHARGEMENT HERBIVORE MAXIMAL, PRIX INCHANGÉS

Pour satisfaire cette contrainte, l'exploitant accroît l'ensemble de ses surfaces en verger de 12,8 ha (tableau 6). Le verger basse-tige diminue d'environ 6 ha ; il est remplacé par des vergers haute-tige. Le revenu est diminué légèrement, mais il le serait plus en réalité car le coût d'utilisation de terre supplémentaire n'est pas pris en compte ici. Un taux de chargement plus contraignant (1 UGB/ha) rendrait la situation plus proche du cas 1. La baisse du chargement herbivore s'accompagne d'une amélioration de l'ensemble des indicateurs environnementaux.

SCÉNARIO 2 : CONTRAINTE SUR LE BILAN D'AZOTE PAR HECTARE SANS PRIME SUPPLÉMENTAIRE

Dans ce scénario, en présence de la contrainte d'azote, le nombre de vaches est fortement diminué ainsi que la surface fourragère dont une partie est en pré-verger (5 ha). Les indicateurs environnementaux sont améliorés par rapport à la situation initiale. Par rapport au scénario 1, ces indicateurs présentent des valeurs moins favorables, c'est-à-dire que la contrainte de chargement herbivore est plus efficace du point de vue environnemental que la contrainte de seuil maximal d'azote. Cette dernière contrainte pénalise l'atelier bovin plus que la contrainte de chargement herbivore alors que le revenu est légèrement plus élevé. Ce résultat est dû ici à l'ajustement du facteur terre à la baisse (- 23,5 ha), supposé possible dans notre modèle sous un certain seuil, alors que dans la réalité, la fixité totale de ce facteur peut amener l'agriculteur à réaliser un chargement herbivore plus faible que 1,69 UGB/ha en présence de la contrainte de seuil maximal.

SCÉNARIO 3 : CONTRAINTE SUR LE BILAN D'AZOTE PAR HECTARE AVEC PRIME SUPPLÉMENTAIRE

Supposons maintenant que le seuil d'azote maximal soit baissé (20 unités/ha) et qu'en contrepartie une prime à la surface fourragère soit proposée à l'exploitant. Si cette prime atteint 158 €/ha de surface fourragère, le nombre de vaches se maintient par rapport à la situation initiale et la surface agricole totale augmente de 66,2 à 80,4 ha. La surface en vergers (haute-tige et basse-tige) est triplée avec une proportion de vergers haute-tige d'environ 65 %. Les indicateurs environnemen-

	Situation initiale (cas 3)	Scénario 1	Scénario 2 Sans prime	Scénario 3 Avec prime
Seuil maximal d’N/hectare	-	-	25	20
Prime conditionnée (€/ha SF)	-	-	-	158
Contrainte de chargement	-	1,4	-	-
Fonction objectif (revenu en €)	282 466	278 921	280 396	281 600
Surface agricole totale (ha)	66,2	72,0	48,5	80,4
Surface en verger HT (ha)	0,0	19,0	5	31,6
Surface en verger BT (ha)	16,2	10,0	17,4	5,6
Surface en prairie (ha)	50	43,0	26	43,1
Nombre de vaches	54	54	33	54
Quantité de lait produite (litres)	285 000	285 000	172 436	285 000
Quantité de pommes HT (tonnes)	0	150	40	169
Quantité de pommes BT (tonnes)	486	300	523	253
Valeur duale du quota (€/litre)	0,02	0,0056	0	0,0014
Valeur duale du travail (€/heure)	81,7	81,7	82,5	82,8
Score total de biodiversité	- 16,2	9	- 12	26
Chargement herbivore (UGB/ha)	1,74	1,40	1,69	1,16
Bilan d’N apparent /hectare	33,9	24,7	25	20
Nb total passages pesticides	180	123	165	88

◀ Tableau 6 – Évolution de l’exploitation selon les trois scénarii.

taux sont meilleurs que dans les deux autres scénarii. Le taux de chargement herbivore baisse au-dessous du seuil de 1,4.

Nous sommes ici en présence d’une situation où une prime de type 2nd pilier, qui renforce les exigences environnementales par rapport aux dispositions du 1^{er} pilier, est compatible avec une efficacité environnementale au niveau de l’exploitation et une diversification des activités agricoles. La caractéristique de la prime est de valoriser les complémentarités des ateliers qui utilisent des flux internes d’azote au sens illustré au début de l’article (cf. « Le modèle et les données », page 49).

Conclusion

Dans une période où les standards environnementaux imposés à l’agriculture sont renforcés, cet article explore, à l’aide d’un modèle annuel de programmation linéaire, les possibilités de diversification offertes aux exploitations d’élevage laitier à travers la valorisation de l’agroforesterie

(vergers haute-tige). Cette diversification apporte de nouvelles sources de revenu ainsi que des avantages environnementaux induits par le nouveau système de production. Le modèle proposé s’attache à une représentation précise des interdépendances techniques entre ateliers d’élevage et pommiers. Ces interdépendances font apparaître des bénéfices en termes de ressources environnementales ainsi qu’en termes de résultats économiques de l’exploitation. Elles sont prises en compte via des indicateurs environnementaux. Pour des prix relatifs donnés des différents biens produits, le modèle permet ainsi d’évaluer d’une part l’impact sur le système de production de contraintes réglementaires environnementales. D’autre part, il permet de calculer le niveau de prime permettant d’inciter l’exploitation à atteindre un standard environnemental donné.

Les résultats montrent que si le respect de contraintes environnementales est imposé de façon réglementaire ou s’il permet l’octroi d’une aide supplémentaire aux surfaces en prairies d’une valeur minimale de 158 €/ha, ces nou-

velles contraintes pénalisent la production de lait (diminution de la valeur duale du quota) au profit des autres productions « non soutenues » par la PAC (vergers). Ces contraintes favorisent assez logiquement les prés-vergers au détriment des vergers standards, voire même au détriment de l'élevage. Cependant, concernant l'élevage, ce type de contrainte pourrait inciter à une extensification de l'atelier (diminution du rendement laitier), ce qui serait vérifiable en introduisant dans le modèle des conduites techniques de vaches laitières à rendement laitier plus faible. **Une amélioration de la représentation technique des activités d'élevage ainsi que la prise en compte des contraintes d'investissement liées aux cultures pérennes sont des voies d'amélioration du modèle.**

Notre analyse suggère un autre résultat concernant l'adaptation des exploitations agricoles au

resserrement des contraintes environnementales dans le cadre de la nouvelle PAC. Certaines exploitations, comme les exploitations laitières de prés-vergers de Normandie, pourront saisir l'adaptation qu'exige l'éco-conditionnalité pour en faire un atout, au détriment d'autres exploitations spécialisées et plus intensives. Cet atout s'ajoute à d'autres avantages comme l'adhésion à des démarches qualité rémunérées par le marché. **Certes, les évolutions des signaux du marché sont plus rapides que le délai d'adaptation des exploitations, mais c'est bien là que les politiques publiques et les acteurs du développement peuvent contribuer à pallier les difficultés des agriculteurs, notamment en termes de prise en charge des coûts d'investissement et d'amélioration des compétences.** □

Résumé

Dans le contexte actuel de changement de la Politique agricole commune, l'introduction de conditionnalités environnementales sur les aides directes conduit les agriculteurs à reconsidérer leurs choix techniques. Nous proposons une analyse économique des conditions de développement des systèmes de prés-vergers à partir d'un travail de modélisation des exploitations d'élevage bovin laitier intégrant des prés-vergers. Un modèle de programmation mathématique est construit, qui permet de simuler les différents niveaux d'intensification des techniques mobilisées dans les différents ateliers de production (élevage, production fourragère, arboriculture) et de prendre en compte ainsi certains indicateurs environnementaux liés à l'emploi de ces techniques. En outre, la modélisation utilisée permet d'illustrer les complémentarités techniques existantes dans ces systèmes diversifiés, où la jointure par des inputs non allouables se substitue à la jointure classique par des inputs allouables, en raison des interdépendances techniques entre les produits. Le modèle permet notamment, pour des prix relatifs donnés des différents biens produits, de calculer le niveau minimal de prime associé à un standard environnemental, qui permet d'inciter l'exploitation à atteindre ce standard, notamment en accroissant la proportion de prés-vergers dans la surface totale.

Abstract

In the context of the new CAP, the environmental conditionality of direct payments is likely to induce important changes in the technical pathway of the farms. In this paper we focus our analysis of the conditions for development of extensive orchards by modelling mixed crop livestock farms which incorporate orchards. We construct a mathematical programming model enabling us to simulate various intensification levels characterizing the techniques adopted within the different farm production units (cattle breeding, forage fields, arboriculture). This model also enables us to take into account some environmental indicators relative to the use of these techniques. Moreover, the method used allows us to illustrate technical complementarities existing within the diversified systems, which results in joint production through non allocable inputs instead of joint production through allocable inputs. The MP model is notably used to calculate the level of the minimum premium, which could incite the farmer to fulfil some environmental requirements, through increasing the proportion of agro forestry orchards on the farm system.

Bibliographie

- BEGON, M., HARPER, J.-L., TOWNSEND, C.-R., 1996, *Ecology. Individuals, populations and communities*, Blackwell science, Oxford, UK, 1068 p.
- BONNIEUX, F., VERMERSCH, D., 1999, La dimension environnementale dans la réforme de la PAC, *Économie rurale*, n° 249, p. 88-91.
- DUBREUIL, L., 1997, *Références économiques en verger cidricole spécialisé*, Chambres d'agriculture de Normandie, Comité de Fruits à Cidre, étude financée par l'ANDA le FEOGA et l'ONIVINS.
- Chambres d'Agriculture, 2005, *Agroforesterie : Produire autrement*, n° 945, août-septembre.
- CODRON, J.-M., HABIB, R., JACQUET, F., SAUPHANOR, B., 2003, *Bilan et perspective de l'agriculture raisonnée en arboriculture fruitière*, Expertise Agriculture, Territoire et Environnement dans les Politiques Européennes.
- COULON, F., DUPRAZ, C., LIAGRE, F., POINTEREAU, P., 2002, *Monographie détaillée d'exploitations agroforestières*, rapport pour le MEDD.
- DUCROS, D., 2003, *Vers une évaluation écologico-économique des prés-vergers*, mémoire de DEA ESSOR, Université de Toulouse le Mirail, INP-ENSAT, ENFA, 63 p.
- FLICHMAN, G., JACQUET, F., 2003, Le couplage des modèles agronomiques et économiques : intérêt pour l'analyse des politiques, *Cahiers d'Économie et Sociologie Rurales*, n° 67, p. 51-69.
- GIRARDIN, P., BOCKSTALLER, C., VAN DER WERF, H., 1999, Indicators: tools to evaluate the Environmental Impacts of Farming Systems, *Journal of Sustainable Agriculture*, 13-4, p. 5-21.
- GROUSET, E., POINTEREAU, P., 2005, *Évolution et situation du verger de pommiers hautes tiges, Normandie, Mayenne, Sarthe*, document de travail, Solagro.
- ITCF, GNIS, Chambre Régionale d'Agriculture, 1992, *Référentiel Fourrages des Pays de la Loire*.
- KOEIJER, T.-J., WOSSINK, G.-A.-A., VAN ITTERSUM, M.-K., STRUIK, P.-C., RENKEMA, J.-A., 1999, A conceptual model for analysing input-output coefficients in arable farming systems: from diagnosis towards design, *Agricultural Systems*, n° 61, p. 33-44.
- LOREAU, M., NAEEM, S., INSCHAUSTI, P., 2002, *Biodiversity and ecosystem functioning. Synthesis and perspectives*, Oxford University Press, 294 p.
- PÉRICHON, S., 2002, L'adieu sans regret aux pommiers hautes tiges en Bretagne, rencontre avec dix familles d'agriculteurs autour de Rennes, *Le courrier de l'environnement de l'INRA*, n° 45, p. 5-16.
- Réseaux d'élevage Pays de la Loire, 1994, *Avec des Prim'Holstein intensif ? extensif ? chacun son choix !*, Chambre d'Agriculture, Institut de l'élevage.
- ZILBERMAN, D., 2002, Economics & Policy of Production, Technology and risk in Agriculture & Natural Resources, Lecture 3, <http://are.berkeley.edu/~zilber/ARE241/fall2002,26/08/2003>.