



HAL
open science

Bois et forêts des agriculteurs

D. Terrasson, F. Cailliez

► **To cite this version:**

D. Terrasson, F. Cailliez. Bois et forêts des agriculteurs. Cemagref Editions, pp.345, 1999, 2-85362-529-X. hal-02578722

HAL Id: hal-02578722

<https://hal.inrae.fr/hal-02578722v1>

Submitted on 13 Jun 2023

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

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

ACTES DE
COLLOQUE

Clermont-Ferrand
20-21 octobre 1999
Cemagref - INRA

PUB 0000 7553

Bois et forêts des agriculteurs

CEMA 45

Cemagref
EDITIONS

CEMAGREF
DOCUMENTATION
CLERMONT-FERRAND

Bois et forêts des agriculteurs

Actes du Colloque

Clermont-Ferrand
20 et 21 octobre 1999

Bois et forêts des agriculteurs

**Clermont-Ferrand
20 et 21 octobre 1999**

**Colloque de restitution finale
de l'Action Incitative Programmée AGRIFOR
1995 – 1999**

Cofinancement :

**INRA
Cemagref
Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
(DERF)**



Conseil scientifique

Président : Daniel TERRASSON , *Cemagref*, Chef du département Gestion des Territoires

Philippe BALANDIER, *Cemagref-GT*, Clermont-Ferrand

Gérard BALENT, INRA-SAD, Toulouse ;

Alain CABANETTES, INRA-FMN, Toulouse ;

Francis CAILLIEZ, INRA Chef du département Forêts et milieux naturels ;

Jean CAVAILHES, INRA-ESR, Dijon ;

Yves COCHELIN, Conseil Général du GREF ;

Jean-Pierre DEFFONTAINES, INRA-SAD, Versailles ;

Bernard HUBERT, INRA Chef du département Systèmes agraires et développement ;

Robert LIFRAN, INRA-ESR, Montpellier ;

Philippe MEROT, INRA-SAD, Rennes ;

François-Xavier de MONTARD, INRA-Agronomie, Clermont-Ferrand ;

Olivier NOUGAREDE, INRA-ESR, Ivry ;

Michèle PHELEP, Ministère de l'agriculture et de la pêche- DERF-SCDIB ;

Jacques RANGER, INRA-FMN, Nancy ;

Jean-Philippe TERREAUX, *Cemagref-EEE*, Montpellier

Comité d'organisation

Georges BAUD, *Cemagref-GT*, Clermont-Ferrand ;

Claude MALTERRE, INRA, Clermont-Ferrand

Bois et forêts des agriculteurs. Coordination : Francis Caillez et Eric Lecomte.

© 1999 Cemagref éditions. ISBN 2-85362-529-X. Dépôt légal 4^{ème} trimestre 1999.

Impression Cemagref, BP 44, 92163 Antony Cedex. Vente par correspondance :

PUBLITRANS, BP22, 91167 Longjumeau, Cedex 9 ; tél. 01 69 10 85 85. Diffusion aux libraires : TEC & DOC, 14 rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex ; tél. ; : 01 47 40 67 00.

Prix 290 FTTC - 44,21 € ttc

Table des Matières

Introduction	7
Thème 1	
Production de références techniques et de bases de calculs économiques pour les cultures associées	9
Introduction au thème 1 P. BALANDIER, R. LIFRAN	10
Conditions et modalités de l'association d'élevage et de sylviculture dans des exploitations agricoles de Lozère : résultats d'enquêtes et interprétations H. RAPEY, R. LIFRAN	23
Résultats économiques comparés et rôle des incitations publiques dans le choix du mode de conduite des noyeraies du Dauphiné F. MARY, R. LIFRAN, E. DELANNOY	47
Compétition pour l'azote entre arbre et herbe dans des plantations de noisetier (Corylus avellana L.) et de merisier (Prunus avium L.) FX DE MONTARD, P. BALANDIER, H. RAPEY, F. LUCOT, JP DROUOT	73
Influence de quatre années de culture intercalaire de blé et de colza sur la croissance de noyers hybrides en agroforesterie C. DUPRAZ, C. FOURNIER, Y. BALVAY, M. DAUZAT, S. PESTEUR, V. SIMORTE	95
Analyse par simulation de l'effet de techniques agroforestières sur le fonctionnement d'exploitations agricoles M. ETIENNE, H. RAPEY	115
Production de bois et différences de gestion entre forêts privées et forêts publiques JP. TERREAUX	137
Thème 2	
Systèmes agroforestiers, hydrologie et cycles biogéochimiques au sein des systèmes agraires	163
Introduction au thème 2 P. MEROT, J. RANGER, JP. DEFFONTAINES	164
Fonctionnement hydrique et géochimique du talus de ceinture de bas-fond : conséquences sur le transfert et le devenir des nitrates V. CAUBLE-FORGET, C. GRIMALDI	169
Approche spatiale de la pollution par les nitrates C. PUECH, F. CERNESSON, B. BALAS	191

Thème 3	
Valorisation de la forêt paysanne existante	215
Introduction au thème 3	
G. BALENT	216
Réponses comparées des populations d'oiseaux et de chevreuil à la distribution spatiale des fragments forestiers dans l'espace rural	
G. BALENT, JP VINCENT, J. JOACHIM, M. HEWISON	223
Structures et fonctions de la forêt dans les exploitations agricoles du Comminges	
JP GUYON, N. SAUGET, G. BALENT	239
Un critère économique de gestion de la forêt paysanne : la marge d'avenir	
B. ELYAKIME, J.P. GUYON, P. SCHOTT, C. BOUCHEZ, S. BOUCQ, B. VUIDEL	261
Les « ramiers » de Garonne. un damier de peupleraies entre espace de production et paysage identitaire	
S. LE FLOCH, P. DEUFFIC	281
Les agriculteurs et la forêt dans 8 régions françaises	
O. NOUGAREDE	309
Biodiversité comparée des peupleraies matures de la ripisylve garonnaise et des taillis sous futaie de chêne environnants	
G. BALENT, J. JOACHIM	335

INTRODUCTION

Ce recueil de textes présente les communications présentées au séminaire AGRIFOR des 20 et 21 octobre 1999 à Clermont-Ferrand, organisé conjointement par le *Cemagref* et l'INRA.

AGRIFOR, acronyme de Agriculteurs et Forêts, désigne un programme de recherche conjoint à ces deux organismes et soutenu par la Direction de l'Espace Rural et de la Forêt du ministère de l'Agriculture et de la pêche. Le lancement de ce programme, de type Action Incitative Programmée (AIP), qui a mobilisé une vingtaine d'équipes pendant près de 4 ans (1995 à 1998), avait été précédé d'une phase de préparation qui s'était conclue en 1994 par un séminaire dont les actes ont été publiés (Agriculteurs, Agriculture et Forêts. Paris 12-13 décembre 1994 – Editions *Cemagref*, série Actes de Colloque).

Les travaux ont été organisés en trois grands thèmes :

- Production de références techniques et de bases de calculs économiques pour les cultures associées ;
- Systèmes agroforestiers, hydrologie et cycles biogéochimiques au sein des systèmes agraires ;
- Valorisation de la forêt paysanne existante.

C'est dans cet ordre qu'ils sont présentés dans ce recueil, chaque thème étant précédé d'un texte rédigé par les animateurs correspondants.

La gamme des travaux ici restitués est étendue, portant à la fois sur des sujets biotechniques et socioéconomiques, mais la liste des domaines non abordés pourrait cependant être longue. La panoplie des sujets étudiés peut être vue comme reflétant l'état des préoccupations et des forces disponibles dans les deux Instituts dans les années 90, sur des questions posées par cette forme assez délaissée de foresterie. Celle-ci est importante par son étendue, le nombre et la variété de ses acteurs et son rôle dans l'organisation et la qualité du territoire, mais cependant encore mal connue et souvent à la marge de la vie économique organisée. Il faut souhaiter que le séminaire de Clermont-Ferrand permette d'identifier les bases d'une deuxième phase de l'effort collectif de recherche sur cette composante du territoire rural.

Pour le Comité d'Organisation de l'AIP

Daniel TERRASSON
Francis CAILLIEZ

THEME 1

Production de références techniques et de bases de calculs économiques pour les cultures associées

Introduction au thème 1

Sous-thème : Analyse et modélisation de l'interaction arbre-culture

P. BALANDIER

*Unité de Recherche Forêt et Agroforesterie, Cemagref, 24 av. des Landais, BP 50085,
63172 Aubière cedex*

INTRODUCTION

Les expérimentations entreprises dans le cadre du thème 1 de l'AIP AGRIFOR (acquisition de références techniques et économiques sur le fonctionnement des systèmes agroforestiers) visaient :

1. à une meilleure compréhension des mécanismes clés mis en jeu lors de l'interaction entre un arbre et une culture (ou plus généralement avec la végétation qui l'entoure) et notamment la compétition pour un ou plusieurs facteurs du milieu – ou au contraire la facilitation pour l'accès à l'un des facteurs du milieu ;
2. à la modélisation de ces interactions dans le but de prévoir à plus long terme l'évolution du système ;
3. tirer parti des deux points précédents pour choisir les espèces les plus complémentaires dans l'association arbre – culture et mettre au point des techniques culturales performantes garantissant la pérennité du système agroforestier.

Différentes modalités d'association ont ainsi été étudiées en fonction de l'expérience passée des différentes équipes et de l'implantation géographique : association arbre – culture (INRA Montpellier, INRA Guadeloupe, INRA Toulouse, Cemagref Nogent), arbre – prairie (INRA Clermont-Ferrand, INRA Montpellier), arbre – accompagnement ligneux ou arbre – végétation spontanée ou introduite (INRA Nancy, INRA Toulouse). Dans la majorité des cas,

les résultats ont permis d'ébaucher ou d'élaborer plus complètement des modèles plus ou moins complexes d'évolution des systèmes agroforestiers.

PRINCIPAUX RESULTATS

D'une manière générale, il y a une forte compétition pour l'eau et l'azote durant les premières années de la rotation entre les arbres et les cultures ou plus généralement la végétation environnante. Plus tard, avec le développement du houppier des arbres, c'est plutôt une compétition pour la lumière qui s'installe. Cependant il n'y a pas de règle générale. Les résultats diffèrent assez nettement d'un site à l'autre, d'une année à l'autre, en fonction de la variabilité climatique inter-annuelle, de l'âge des partenaires, des modalités d'installation. Tel facteur limitant la croissance des arbres à un moment donné, peut très bien ne plus l'être quelques années plus tard à la faveur de leur développement.

On a ainsi montré que la présence d'une culture très compétitrice (au moins temporairement) pour l'eau et les éléments minéraux peut "forcer" les arbres à développer un système racinaire plus profond leur permettant de mieux faire face ultérieurement à des contraintes hydriques ou minérales (Dupraz). La compétition peut donc ne pas persister et au contraire conduire à un mécanisme de facilitation. L'arbre peut aussi avoir un effet protecteur sur les cultures alors même qu'il limite leur développement par ombrage. On a ainsi mesuré des teneurs en azote foliaire de l'herbe plus fortes à l'intérieur d'une plantation agroforestière qu'à l'extérieur sur un site particulièrement venté (De Montard). Le mécanisme en jeu est probablement une limitation de l'évaporation dans la plantation qui limite le dessèchement de l'herbe. Les cultures fixatrices d'azote atmosphérique peuvent favoriser la croissance des arbres par transferts au niveau racinaire (Dupraz) mais ce n'est pas systématique. Dans d'autres sites, on n'observe pas ce mécanisme de facilitation (Cabanettes), probablement parce que la plantation est trop récente. Les techniques culturales peuvent également modifier l'intensité ou le sens de la compétition. Par exemple, dans la majorité des cas, la fertilisation de la culture profite aux arbres, au moins en partie (Dupraz, De Montard, Cabanettes). La taille des arbres diminue la nodosité d'espèces ligneuses fixatrices d'azote (Bussière).

On le voit donc, il est encore à l'heure actuelle difficile de prévoir et de connaître l'influence qu'aura tel ou tel facteur climatique ou technique culturelle sur l'ensemble des associations possibles dans divers milieux. Les études ne sont encore qu'à un niveau modeste d'avancement. C'est sans doute pourquoi aucun des modèles actuellement développés n'a encore concrètement abouti à une application pratique. Ils restent tous dans le domaine du chercheur, avec différents niveaux d'approche.

Dans le cas le plus simple, on recherche un indicateur de "performance" de l'arbre dans l'association. On espère déduire l'état de contrainte imposée par l'herbe dans laquelle se trouve l'arbre par le ratio "azote foliaire/potential hydrique de base" à des périodes clés (De Montard). Mais il reste encore beaucoup à faire. Des modèles plus complexes visent à une simulation des transferts d'eau et à une prise en compte explicite des facteurs climatiques et de leur partage (Bussière) ou de la compétition pour l'eau (Dupraz). Le premier simule la transpiration de l'arbre et de la culture en régime tropical, l'évaporation du sol, l'interception de la pluie, les transferts d'eau dans le sol, l'extraction par les racines, à une échelle journalière. Il devrait être utilisé pour une transposition du modèle de culture STICS à une culture agroforestière (Bussière). Le second calcule à une échelle journalière la colonisation du sol par les racines des arbres et de la culture, et ainsi l'indice de contrainte hydrique subi par l'arbre et ses répercussions sur le développement architectural de l'arbre (initiation et développement des axes courts et longs chez le merisier par exemple - Dupraz). Dans ces deux cas, on manque encore de validation complète et la prise en compte d'un nombre limité de facteurs du milieu ne permet pas encore d'envisager des applications.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Un important travail a été accompli par les différentes équipes, même si les résultats ne sont sans doute pas au stade où on l'aurait souhaité. Il faut souligner que dans beaucoup de cas l'AIP a permis de mettre en place des essais importants, nécessairement lourds, qui ne donneront leurs fruits que dans plusieurs années. Les travaux soulignent que dans la majorité des cas il est dangereux de vouloir généraliser trop vite le résultat d'une année ou d'un site. Le sens d'une compétition pour l'un des facteurs du milieu évolue dans le temps et l'espace, d'une

espèce à une autre. Telle culture néfaste une année climatique donnée peut ne pas l'être l'année climatique suivante. Il faut donc travailler dans la durée.

Les modèles élaborés pour simuler l'évolution de l'association arbre - culture souffrent de ce manque de données de base. Par ailleurs, on peut regretter qu'il n'y ait pas eu plus de concertation entre les différentes équipes pour la construction d'un modèle unique ou pour confronter leurs différentes approches. Mais est-ce vraiment réalisable ? Les objectifs des différents modèles construits ne sont pas nécessairement les mêmes. Ils ne travaillent pas à la même échelle et n'incluent pas toujours les mêmes processus. Les associations choisies sont fort différentes. Malgré cela, les premiers résultats montrent que ces modèles ont et auront un intérêt, notamment pour étudier dans un premier temps les processus mis en jeu dans l'interaction arbre - culture d'un point de vue théorique. Ils permettent d'affiner les expérimentations, de concevoir de nouvelles stratégies. L'avancée en parallèle des expérimentations et des modèles permettra alors, nous l'espérons, de mettre à la disposition des gestionnaires de réels outils de diagnostic et de gestion.

Sous-thème : Economie - Conditions technico-économiques d'adoption des innovations agro-forestières

R. LIFRAN

INRA/ESR, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 1

RESUME

L'objectif de cette recherche était de préciser les conditions économiques dans lesquelles certaines innovations forestières encore peu diffusées, telles la plantation d'arbres à bois précieux en prairie, pouvaient être acceptées par les agriculteurs ou les propriétaires forestiers. Compte tenu de la très faible diffusion de ces innovations, nous avons procédé en recherchant des références dans des systèmes analogues plus répandus (noyeraies et peupleraies avec culture intercalaire, éclaircies dans des accrues naturels), tout en nous appuyant au plan théorique sur une modélisation intégrant l'impact à court et à long terme de

l'innovation , au double plan de l'équilibre du système de production, et du patrimoine du ménage.

Il apparaît cependant que l'étude des conditions spécifiquement économiques n'est pas suffisante pour expliquer le développement de telles innovations, car elles sont en interaction avec les caractéristiques personnelles et familiales de l'agriculteur, autant qu'avec celles du matériel végétal qu'elles entendent utiliser ou auquel elles sont susceptibles de s'appliquer. C'est ainsi que la valorisation des accrus naturels de résineux est rendue difficile par l'hétérogénéité démographique des peuplements, qui hypothèque souvent la possibilité d'éclaircies économiquement profitables, obligeant les éleveurs qui les utilisent à se limiter à une exploitation pastorale, avec défriche lorsque le besoin de terre se manifeste pour diverses raisons.

De plus, l'incertitude des revenus futurs liés à l'innovation agro-forestière, notamment celle des ventes de bois, et le risque sur le patrimoine ainsi détenu en réserve, sont apparus comme un frein important à la diffusion de l'agro-foresterie. Dans ce contexte, certains systèmes d'incitations publiques peuvent se révéler efficaces, et induire un réel mouvement de régénération d'un patrimoine boisé mis à mal par la tendance à la spécialisation des exploitations. La condition de réussite de ces systèmes nous semble résider dans la mise en place de compensations pour perte de revenu, adaptées aux échéanciers concrets des charges et profits. Encore faut-il que les conditions globales de définition relative des politiques agricoles et forestières, et notamment le partage entre territoire agricole et territoire forestier, n'interdisent pas toute adaptation des systèmes d'incitations aux situations sectorielles ou locales spécifiques.

MOTS CLEFS

Innovation, Actualisation, Patrimoine, Politique agricole, Politique forestière, Agro-foresterie, Systèmes sylvo-pastoraux,

La démarche adoptée dans cette recherche a été fondée sur une confrontation constante entre hypothèses théoriques et enquêtes dans différents contextes régionaux. La faible diffusion des diverses innovations agro-forestières proposées par la recherche et les organismes de développement, et caractérisées par la superposition à la parcelle d'une production agricole et d'une production de bois, a, dès le début, posé un problème de méthode

que nous avons dû contourner, en recherchant des références dans des systèmes assez proches, tout en étant suffisamment répandus (noyeraies et peupleraies avec cultures intercalaires, éclaircies d'accrus naturels). Sans être foncièrement remises en cause, les hypothèses à l'origine de la recherche ont été notablement enrichies et précisées par les résultats des enquêtes et la confrontation à différents contextes régionaux. Les méthodologies prévues ont dû être adaptées en conséquence, et certains aspects proposés initialement ont dû être abandonnés de fait. D'autre part, une étude synthétique sur la coordination des différents aspects de la politique forestière a été menée (HOUSSARD, C., 1998).

I. HYPOTHESES INITIALES

Trois points ont structuré notre démarche :

- le rejet des modèles d'évaluation des investissements forestiers fondés sur le critère de FAUSTMAN, et en corollaire, l'adoption d'un modèle avec contrainte de liquidité,
- la nécessité d'une différenciation des incitations, selon la nature du produit recherché (bois industriels ou bois précieux) et les propriétaires,
- et enfin, l'importance des conditions initiales du système combinant les caractéristiques du projet agro-forestier avec celles du ménage qui le met en oeuvre.

1.1 Problématique de la décision du ménage

Les contraintes de liquidité inter et intra-générationnelles ⁽¹⁾ et l'existence éventuelle d'une valeur non marchande, ou valeur d'aménité, des surfaces boisées rendent inadéquats ou irréalistes les critères habituels utilisés par l'économie forestière, fondés sur l'actualisation ⁽²⁾. Pour comprendre la rationalité des agriculteurs qui se lancent dans la plantation d'arbres ou dans l'éclaircie d'accrus naturels, nous proposons d'aborder le problème de manière

¹ C'est à dire l'impossibilité de gager des dépenses de consommation présentes sur des ressources futures et incertaines.

² Et donc, implicitement, sur l'hypothèse de perfection des marchés financiers.

différenciée, selon la position de l'agriculteur dans son cycle de vie, et selon les caractéristiques forestières du projet. Selon les cas, le modèle d'un investissement réalisé sous contrainte de liquidité sera adéquat, ou bien, il sera nécessaire d'abandonner la perspective des modèles d'investissement pour passer à un modèle dans lequel la plantation d'arbres est considérée comme une dépense de consommation analogue à celle faite pour l'achat de biens durables. Les facteurs qui conditionnent l'option pour un modèle d'investissement ou pour un modèle de consommation sont la vitesse de croissance des arbres ⁽³⁾, qui permet ou non d'anticiper une récolte du bois avant la fin du cycle de vie, la présence ou l'absence d'un marché des parcelles forestières immatures, le risque de perte avant maturité, l'incertitude sur les prix de vente du bois au moment de la récolte prévisible, et enfin l'existence d'une contrainte de liquidité intergénérationnelle. Ainsi, le choix des essences et la modalité de boisement sont-ils en principe révélateurs des préférences des agriculteurs. Compte tenu du fait qu'actuellement peu d'essences permettent d'escompter un retour sur investissement durant la vie de celui qui plante, que les contraintes de liquidité sont très fréquentes pour les ménages agricoles, le boisement des terres agricoles est très sensible à toutes les mesures incitatives des politiques agricole et forestière, et en particulier à celles qui diminuent le coût d'opportunité de la plantation sur le cycle de vie. Sur ces bases, nous avons élaboré une méthodologie fondée sur l'approche duale de la décision (LIFRAN, 1997).

1.2 L'approche duale de la décision

Dans le contexte d'un modèle de décision intégrant les aménités, la décision de boisement affecte la contrainte de budget du ménage et sa fonction d'objectif. Ce n'est plus la valeur actualisée (sur un horizon indépendant de la durée de vie du ménage) qui est le critère de décision, mais le montant de la dépense. Celui-ci comprend les coûts directs de plantation et d'entretien, ainsi que la perte de revenu agricole liée à la fermeture du couvert forestier. De ces dépenses, il faut déduire les recettes éventuelles liées aux complémentarités techniques ou économiques avec l'activité agricole, para-agricole ou touristique. Dans cette logique, il apparaît que tous les facteurs de diminution de la dépense (subventions, avantages fiscaux, gains liés aux complémentarités agronomiques) constituent autant d'incitations positives et font place pour une politique de boisement des terres agricoles.

³ ou l'état du couvert forestier au moment de l'intervention, en cas de reprise d'un couvert existant

Que la motivation de la décision de boisement réside dans la transmission aux descendants et/ou aux aménités espérées, la constitution d'une parcelle boisée induit un flux de dépenses plus ou moins importantes ainsi qu'une perte éventuelle de revenus (coût d'opportunité) si le terrain pouvait être alloué à un autre usage. A condition qu'il n'y ait pas d'interactions avec d'éventuels arguments de la fonction d'utilité (par ex. le loisir), on peut définir un niveau constant d'aménités en raisonnant pour une surface donnée et une essence donnée. La mesure du niveau de dépenses consenties par le propriétaire foncier pour boiser mesure alors indirectement l'utilité attachée à cette décision. C'est l'approche duale du problème de maximisation de l'utilité. Dans le cas général, elle permet de déduire les fonctions compensées de demande (Hicks compensated demand functions) qui donnent la relation entre le prix et la demande du bien, pour un niveau donné d'utilité. Cependant, dans le cas d'une décision discrète, la dérivation des fonctions compensées de demande est différente. Elle a des conséquences quand à l'importance relative des effets de revenu et de substitution, et appelle des méthodes spécifiques d'estimation économétrique.

Le modèle dual permet de définir, pour un niveau donné d'utilité, un coût unitaire limite du boisement, au delà duquel le propriétaire renonce à boiser la moindre partie de sa terre. Ce coût limite est spécifique à chaque propriétaire, il dépend de ses préférences, de son revenu et d'autres paramètres individuels. En dessous de ce coût, la surface boisée sera d'autant plus importante que le coût sera faible, jusqu'à saturation de la surface possédée (⁴). Pour l'observateur extérieur, il a le caractère d'une variable aléatoire distribuée dans la population selon une loi paramétrique (loi normale ou loi logistique). L'estimation de la fonction compensée de dépense requiert donc une procédure à deux étapes, analogues à celle utilisée dans les modèles TOBIT.

II. APPORTS DES ENQUETES

Les enquêtes réalisées en Lozère et dans le Diois nous ont permis de préciser et d'enrichir la problématique théorique précédente.

⁴ Il est clair que la surface à boiser, dans le cas de ménages agricoles, ne peut être assimilée à la surface totale exploitée. Pour ces ménages, le partage entre surface boisée et surface agricole relève d'un calcul antérieur, réalisé sur la base de la maximisation du revenu. Les conditions de séparabilité requises pour cette procédure sont relatives à la formalisation des préférences et à la perfection du marché du travail et du marché financier.

L'incertitude des revenus futurs, notamment ceux escomptés de la vente de bois, et le risque sur le patrimoine ainsi détenu en réserve, sont apparus comme des facteurs déterminants de la faible extension prise par les projets au niveau des exploitations. En même temps, et sur cette même base, certains systèmes d'incitations publiques se sont révélés suffisamment efficaces pour induire au niveau global un réel mouvement de régénération d'un patrimoine boisé mis à mal par la tendance à la spécialisation des exploitations. Entre le risque inhérent à ces innovations, et les contraintes de tous ordres dans lesquelles se situent les décisions des agriculteurs, les préférences des agriculteurs et des propriétaires forestiers ouvrent donc un espace pour une action publique adéquate. Encore faut-il que les conditions globales d'élaboration de cette dernière, et notamment la confrontation entre intérêts agricoles et intérêts forestiers, n'interdisent pas toute adaptation à telle situation sectorielle ou locale.

Il nous est apparu que les conditions proprement économiques pour le développement de telles innovations n'étaient pas suffisantes, car elles entraient selon les cas en interaction soit avec les caractéristiques personnelles ou familiales de l'agriculteur, soit avec les caractéristiques bio-dynamiques du matériel végétal auxquelles elles étaient susceptibles de s'appliquer. C'est ainsi que la valorisation des accrus naturels de résineux est rendue difficile par l'hétérogénéité démographique des peuplements, qui réduit ainsi le nombre de situations dans lesquelles les éclaircies peuvent être économiquement profitables, et obligent les éleveurs qui les gèrent à se limiter à une exploitation pastorale, avec défrichements lorsque le besoin de terre se fait trop pressant.

III. SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES

Malgré les difficultés et les limites rencontrées dans ce travail, il nous paraît possible de proposer quelques éléments de réflexion plus généraux. Il n'est pas dans notre intention de faire ici un plaidoyer pour l'agroforesterie. Mais il est clair que si le développement d'une production de bois précieux ou la lutte contre la fermeture des paysages sous l'effet de la progression des accrus naturels sont des objectifs reconnus socialement et économiquement légitimes et valables, la mobilisation de financements publics pour y parvenir restera de toutes façons limitée eu égard aux sommes considérables engagées pour le soutien des revenus agricoles. En contrepoint, d'ailleurs, il apparaît très clairement que, dans un contexte où agriculteurs et propriétaires fonciers sont contraints par la liquidité, il y a une réelle

concurrence entre les diverses politiques publiques qui les concernent. Dans l'état actuel des choses, les innovations étudiées ont peu de chance de se développer, car elles sont confrontées à un ensemble de mesures et d'instruments qui aboutissent de fait à un partage global du territoire entre forêt et agriculture. En effet, compte tenu de l'augmentation importante des superficies boisées au cours des dernières décennies, le passage d'une partie du territoire agricole sous le statut forestier ne semble pas souhaité. Ce partage de fait s'appuie sur le calibrage des aides agricoles et forestières, et se trouve renforcé par la loi sur le défrichement des terres forestières.

3.1 L'impératif de coordination des politiques agricoles, forestières et d'environnement

Tout au long de cette recherche, nous avons perçu le poids des contraintes globales issues d'un partage implicite des territoires entre intérêts agricoles et intérêts forestiers ⁽⁵⁾. Tout se passe comme si les incitations fiscales et les aides respectives étaient calibrées de manière à éviter un grignotage irréversible du territoire agricole par les boisements. Cet impératif est particulièrement fort pour les meilleures terres arables, et affecte les plantations d'arbres à bois précieux. Dans certaines régions, cette question est même abordée explicitement, à travers la revendication par la profession agricole d'un zonage forêt-agriculture. Dans d'autres, elle fait seulement l'objet d'un affrontement larvé entre partisans de l'agro-foresterie et profession agricole, au sujet de l'application des mesures de la politique agricole aux parcelles agro-forestières. L'exemple de la politique suivie pour reconstituer le potentiel de bois de noyer à partir de plantations à double fin démontre qu'une déclinaison locale astucieuse des mesures nationales est à même de respecter les contraintes globales tout en répondant à un objectif certes socialement moins important que l'équilibre global entre politique agricole et politique forestière, mais cependant non négligeable dans une perspective à long terme.

Enfin, et au delà des aides à la plantation, c'est toute la fiscalité forestière qui devrait être revue, en relation avec la réforme de la fiscalité locale. Initialement conçu dans le double but

⁵ Ce constat est également réalisé par le groupe de travail qui a travaillé dans le cadre de la prospective « Forêt-Bois » :

de compenser l'absence ou la faiblesse de l'impôt direct payé par les agriculteurs et les propriétaires forestiers, et d'abonder les ressources des collectivités locales, l'impôt foncier repose en matière forestière sur la fiction d'un revenu régulier équivalent à la valeur actualisée des ventes de bois. Moyennant quoi ces dernières, lorsqu'elles se réalisent, échappent généralement à l'impôt sur le revenu. Ce système, relativement bien adapté au cas de patrimoines forestiers assez importants pour fournir un volume de ventes régulières, se révèle complètement inadapté et injuste dans le cas de petites propriétés qui subissent un impôt sans jamais percevoir les revenus correspondants. Il en découle une grande difficulté pour induire une motivation de ces propriétaires pour une gestion sylvicole améliorée, ou tout simplement pour accepter des contraintes environnementales imposées par les effets externes de parcelles laissées à l'abandon. Un autre exemple d'incidences de la fiscalité forestière sur les problèmes environnementaux est fourni par l'exonération trentenaire et ses effets pervers. Dans le cas des plantations de peupliers, cette incitation fiscale s'ajoute aux aides directes à la plantation et aux primes compensatoires, et comme les clones disponibles permettent d'obtenir une production avant la fin de la période d'exonération, les superficies correspondantes peuvent échapper légalement à tout impôt. Ainsi, lorsque l'on se pose la question des impacts environnementaux de la politique forestière, est-il absolument indispensable d'envisager aussi les instruments fiscaux de cette politique.

3.2 L'élaboration de plans locaux d'aménagement

L'extension des accrus naturels, liée à l'exode agricole et à la déprise sur une partie du territoire, s'est imposée aux agriculteurs restant qui ont dû s'adapter au processus, en utilisant aux mieux les ressources fourragères et marginalement les ressources en bois. Comme le processus de déprise n'a pas été continu dans le temps, mais s'est réalisé au gré des destins de chaque exploitation agricole, les peuplements qui en sont issus sont très hétérogènes, et d'autant plus difficiles à orienter vers un objectif de production sylvicole qu'ils sont anciens. L'utilisation pastorale, plus ou moins sporadique, a accru cette hétérogénéité. Dans ces conditions, une revalorisation des accrus naturels par des éclaircies ou toute autre technique visant à améliorer la production de bois est soumise à deux séries de conditions interdépendantes :

- les premières sont relatives aux caractéristiques des peuplements, et notamment à leur hétérogénéité,
- les secondes sont relatives au statut juridique des parcelles, et aux contraintes dans lesquelles se trouvent insérés les agriculteurs qui les utilisent ou les propriétaires qui les gèrent.

L'interdépendance de ces deux niveaux détermine l'espace ouvert à des actions ou orientations régionalisées des politiques publiques. Le caractère dynamique des processus en cause, comme les nombreuses interactions spatiales, liées notamment au processus de diffusion, conduisent à préconiser une approche intégrée au niveau d'un territoire.

Nous poursuivons la recherche sur ce thème en insérant les enquêtes réalisées auprès d'exploitations agricoles dans le contexte d'un territoire communal, et en analysant ainsi les interactions stratégiques entre les différents acteurs (dont les agriculteurs ne constituent qu'un sous ensemble) et parties prenantes de la gestion du territoire communal. Le couplage entre un SIG, décrivant l'état initial de l'espace, et un modèle de simulation, décrivant les principales dynamiques et leurs interactions, permet alors de rendre compte de la diversité des situations engendrées, et de la nécessité d'une approche différenciée des situations. Celle-ci renvoie elle même à un processus de mise en œuvre des politiques publiques faisant largement appel à la négociation et à la concertation.

IV. LISTE DES PUBLICATIONS

- DELANNOY, E., 1997 : Fonctions économiques des arbres à bois précieux; la noyeraie du Diois, du revenu ... au patrimoine. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Techniques Agricoles des Régions Chaudes. 33p + annexes. EITARC-CNEARC- Montpellier
- ETIENNE M., HERLANT P. (1997), A model for designing sustainable agroforestry systems. Calatrava J. & Doppler W. (eds).
- ETIENNE M., RAPEY H. (1997), Simulations de techniques agroforestières sur des projets d'exploitations agricoles de Languedoc, Auvergne et Picardie. Proc. International Workshop on « Agroforestry for a Sustainable Land Use », Montpellier, France, :207-210.
- ETIENNE M., RAPEY H. (in press), Simulating integration of agroforestry into livestock farmers' projects in France. Agroforestry Systems
- HOUSSARD, C., 1998, Eléments sur les incitations pour une gestion durable des forêts, Montpellier, INRA, Série Notes et Documents, N° 105, 102 pp.
- IVANES, C., 1998, Propriété, Exploitations, Territoire, Caractérisation des modes d'occupation du sol à l'aide d'un SIG, Application à une commune de Lozère, Montpellier, ENGREF, ENSAM, INAPG, Mastère SILAT, 44 pp.
- LIFRAN, R., 1998, Integrating amenities and liquidity constraint into afforestation decision-making by private property owners : a dual approach, pp. 185-203
in Public Perception and attitudes of forest owners towards forest in Europe, TERRASSON, Ed., Antony, CEMAGREF, 243 PP.
- F. MARY, E. DELANNOY, C. DUPRAZ, F. LIAGRE, R. LIFRAN, 1997 : Walnut growers in Dauphine region (France) : Why do they choose agroforestry systems ? Poster présenté à l'Atelier International "L'Agroforesterie pour une Agriculture Durable", Montpellier, Juin 1997.
- F. MARY, E. DELANNOY, C. DUPRAZ, F. LIAGRE, R. LIFRAN, 1997 : Les planteurs de noyers du Dauphiné : pourquoi optent-ils pour les cultures intercalaires et les noyers double-fin ? in : La forêt privée N° 236, pp53-65, Paris.
- F. MARY, E. DELANNOY, C. DUPRAZ, F. LIAGRE, 1999. Incorporating agroforestry practices in the management of walnut plantations in Dauphiné, France : an analysis of farmers motivations, , in Agroforestry Systems 00, 1999, pp1-14, Kluwer Academic Publishers, Pays-Bas
- MARY F., LIFRAN R., DELANNOY, E., 1998 : Résultats économiques comparés et rôle des incitations publiques dans le choix du mode de conduite des noyeraies du Dauphiné. Communication au colloque de clôture de l'AIP AGRIFOR, 26p. INRA.
- RAPEY H., (1997), Evaluation économique à l'échelle d'un ménage des systèmes agroforestiers de régions tempérées : problématique et méthode. Proc. International Workshop on « Agroforestry for a Sustainable Land Use », Montpellier, France, :231-235.
- RAPEY, H., LIFRAN, R., VALADIER, A., 1998, Identifying social, economic and technical determinants of silvo-pastoral practices in temperate uplands : results of a survey in the Massif Central Region of France, Communication at the 15 th International Symposium of The Association for Farming Systems Research Extension, Pretoria, 29 November, - 4 December 1998, soumis pour publication à la revue Farming Systems
- RAPEY, H., LIFRAN, R., 1999, Associations d'élevage et de sylviculture dans des exploitations agricoles : quelles formes et quels déterminants dans le cas des bois pâturés en Lozère ? Communication au Colloque de clôture de l'AIP, Avril 1999, 15 p.

Conditions et modalités de l'association de l'élevage et de la sylviculture dans des exploitations agricoles de Lozère : résultats d'enquêtes et interprétations

H. RAPEY ¹, R.LIFRAN ²

¹ CEMAGREF, division Forêt et Agroforesterie, 24 avenue des landais, B.P.50085, 63172 Aubière Cedex (France)

² INRA, Economie et Sociologie Rurale, 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 1 (France)

Modes and conditions of silvopastoral systems in Lozere' farms: empirical results and first interpretation

ABSTRACT

In order to answer to the increase of abandoned land in disadvantaged areas, new associations of farm and forest management are tested, but scarcely put into practices. To check their feasibility at a family farm level, an original and large survey has been elaborated in order to analyse variations and determinants of current silvopastoral systems. Different uses of forests, at plot's, farm's and family's level, were described and related to the global functioning of the farm system. Grazing and short term benefits emerge as main forest use and interest; it also results from the survey that these current benefits depend on the land structure and the composition of the farm. Inheritance and long term benefits of forest varied according to age, land and financial farmers's assets... Farmer's benefits for associations of farm and forest management are variable but deeply depend on livestock, land and liquidity stock.

RÉSUMÉ

Dans le contexte d'une déprise agricole, l'intégration de pratiques forestières et agricoles est recherchée, mais, dans l'ensemble, elle reste peu pratiquée. L'exemple de la Lozère est original car, depuis quelques années, l'intérêt des éleveurs pour le parcours d'animaux en forêt se renouvelle. Les formes et conditions de pratiques sylvo-pastorales sont ici observables en grand nombre et permettent des comparaisons entre types d'exploitation.

Nous avons développé une analyse sur l'utilisation et la gestion des bois, et le contexte familial et professionnel sur la base d'une enquête auprès d'un grand nombre d'exploitations de Lozère. L'objectif est de dégager, à partir de diverses situations d'exploitation, des conditions favorables à l'intégration plutôt qu'à la séparation de la forêt et de l'élevage.

L'enquête conçue spécialement pour ce travail montre que l'utilisation prépondérante et régulière des bois est le parcours, mais que les récoltes de bois sont diverses selon les parcelles et les exploitations. Ceci exprime la diversité des conditions d'intégration des bois dans l'exploitation et le patrimoine des ménages. Pour les agriculteurs, les résultats "immédiats" ne sont pas négligeables contrairement à beaucoup d'autres propriétaires forestiers qui évaluent essentiellement à long terme. L'association de récolte de bois et de pâturage dans une parcelle dépend simultanément de facteurs tels que les essences forestières présentes et le morcellement des parcelles, la propriété et composition des surfaces boisées et non boisées de l'exploitation, la composition des biens du ménage, la date d'installation....Ce constat incite à ne pas raisonner les itinéraires sylvo-pastoraux uniquement sur la base de facteurs dendrométriques ou sylvicoles, mais aussi sur la base d'assolement, d'organisation du foncier, de régularité des ressources financières de l'exploitation...

CONTEXTE

L'intensification et la mécanisation des cultures fourragères se sont développées au cours de ce siècle avec des conséquences importantes sur l'utilisation et la gestion des territoires ruraux. En France, entre 1970 et 1988, par exemple, la part des prairies permanentes et parcours (Surfaces Toujours en Herbe) dans les surfaces fourragères a diminué

de 12% au profit des cultures fourragères (source RGA). Cette mise en culture s'est accompagnée d'arrachages d'arbres et de haies. En même temps, des terres agricoles sont abandonnées et la forêt gagne du terrain (10 000 ha /an sur la période 1982-1990) (MICHALLAND, 1998). En 1995, l'enquête TER-UTI ne recense que 0.7% de surfaces boisées avec un usage agricole, soit 203.116 ha. La spécialisation des activités agricoles et sylvicoles sur le territoire est particulièrement prononcée (NOUGAREDE, 1994). L'uniformisation et la fermeture des paysages, les difficultés de restructuration ou d'extension foncière des agriculteurs, les pertes écologiques et économiques (incendies, chablis...) liées aux manques d'entretien des surfaces, suscitent depuis une quinzaine d'années, un regain d'intérêt pour une gestion associant des animaux et des arbres dans une même parcelle (R.F.F.,1995).

Mais, dans la pratique, aujourd'hui, les agriculteurs conservent des bois essentiellement pour le bois de feu et d'oeuvre et pour le règlement de succession (CINOTTI, 1992 ; NORMANDIN, 1994). L'entretien de la forêt paysanne est donc peu ou pas associé à la gestion agricole, sauf dans quelques régions. En Lozère par exemple, les bois parcourus par des bovins et des ovins représentent environ 40% de la surface boisée du département. Ils sont fréquemment l'objet de coupe de bois et servent aussi de réserve foncière pour agrandir les prairies récoltables après coupe à blanc (LIFRAN et al., 1997). Les structures d'exploitation sont relativement différentes, les usages des bois aussi (OSTY et al, 1989, 1994). Ceci montre une diversité de facteurs d'association des bois avec l'élevage.

Différentes monographies aboutissent à des hypothèses sur les motivations des agriculteurs pour la forêt : bois de feu, patrimoine, réserve foncière, loisir, abri...(DAUVISIS, 1993; MERLE, 1994 ; MICHALLAND 1996 ; RAPEY, 1994 ; TRAN, 1995). Les observations à la base de ces travaux sont souvent peu nombreuses ou très partielles : peu d'exploitations, peu d'éléments précis sur la famille et son patrimoine, sur le foncier ou sur le travail. D'autre part, aucune enquête statistique (RGA, TERUTI, IFN...) ne permet d'appréhender simultanément l'utilisation du territoire boisé, et les caractéristiques des utilisateurs, notamment leur localisation. Ceci nous a conduit à développer une enquête, détaillant l'utilisation et la gestion des bois, la famille et l'entreprise agricole. L'objectif est de mieux cerner les facteurs d'association des bois et de l'élevage.

MÉTHODE

Nous sommes partis de quelques hypothèses, en nous aidant d'une analyse bibliographique sur les motivations des agriculteurs vis à vis de la forêt (références citées dans le paragraphe précédent), et sur les stratégies patrimoniales des ménages (ARRONDEL et al, 1989 ; CHARPIN, 1990 ; MASSON, 1995 ; POUPARDIN et al , 1990 ; RATTIN 1994).

Nous en avons déduit que l'introduction d'arbres dans les parcelles agricoles, ou l'introduction d'animaux dans des bois, amenaient plusieurs changements, à des niveaux différents de fonctionnement du système agricole. Ceci implique qu'il y a différents facteurs favorables, ou limitants, pour que l'arbre puisse être intimement associé à l'élevage dans le parcellaire. Une enquête a permis de tester des hypothèses sur ces facteurs, plus particulièrement dans le cas de parcours d'animaux dans des bois existants ; la mise en oeuvre de cette enquête a nécessité une recherche bibliographique supplémentaire sur les systèmes d'élevage lozériens (INRA Coll., 1983 ; OSTY et al, 1989, 1994 ; LIFRAN et al., 1997).

Hypothèses initiales

Un premier niveau de changement est la parcelle ; l'arbre permet d'augmenter les produits ou de diminuer les charges lorsque les aptitudes de la parcelle sont limitées pour la production agricole (sol superficiel, pente...). Dans certains cas, ce sera le principal objectif de maintien des arbres.

Dans un contexte où les contraintes écologiques et foncières sont fortes pour les productions agricoles et forestières, comme en Lozère (climat montagnard, sol superficiel, morcellement et petites structures sur le secteur de la Margeride...), toute parcelle boisée de grande dimension, proche de l'exploitation, permettant le parcours des animaux et la récolte immédiate de bois peut être un atout pour l'éleveur. La surface de la parcelle, sa distance au siège d'exploitation, l'ombrage du tapis herbacé, la qualité et la quantité de bois présents sur la parcelle peuvent être des facteurs d'adoption de pratiques sylvo-pastorales. L'enquête permettra de révéler si ces différents points influent effectivement sur l'utilisation de la parcelle boisée par l'agriculteur.

Un deuxième niveau de changement est l'exploitation ; les bois permettent d'améliorer le résultat économique de l'ensemble de l'entreprise agricole par une meilleure gestion de

l'herbe, du foncier, et du capital d'exploitation dans son ensemble. Ce sera un autre objectif de maintien des arbres.

La faiblesse des ressources fourragères d'hiver ou d'été, les irrégularités de trésorerie en système bovin allaitant, la présence saisonnière de main d'oeuvre familiale, sont des conditions d'exploitation qui peuvent favoriser les coupes de bois et l'introduction d'animaux en forêt. L'enquête permettra de révéler si la composition des surfaces fourragères, du cheptel, et de la main d'oeuvre vivant et contribuant aux activités de l'exploitation présentent un lien avec la surface boisée et son utilisation pastorale et sylvicole.

Un troisième niveau de changement est le ménage ; l'arbre permet des achats et consommations supplémentaires pour la famille, il permet d'augmenter la valeur du patrimoine à long terme et de l'héritage, ou d'améliorer certaines caractéristiques de l'environnement (esthétique, protection...) qui affectent le bien-être de l'exploitant dans l'immédiat ou à long terme. Ce sont des objectifs encore différents de maintien des arbres.

Ceux-ci dépendent de la situation socio-économique, familiale et culturelle, de l'exploitant. L'utilisation et l'estimation de l'intérêt des bois à long terme ne se fondent pas exclusivement sur un simple calcul de rentabilité financière, mais elles dépendent des préférences économiques de l'exploitant. L'enquête permettra de tester si le niveau de ressources, l'héritage ou la démographie familiale, ou l'environnement, influencent effectivement le mode de gestion des bois.

Chacun de ces niveaux correspond en fait à des types d'arbitrage différents lors de décisions de gestion des bois. Selon les niveaux, la fonction des bois est :

- de faire varier les produits et charges des surfaces à court terme,
- de faire varier plus globalement le revenu d'exploitation,
- de faire varier le bien-être du ménage, ce qui signifie aussi que, selon les cas, ce sont des critères relatifs à la parcelle, à l'exploitation ou au ménage qui détermineront le type de gestion.

Pour réaliser l'enquête nous avons pris plusieurs options ; elles concernent :

- la localisation et l'identification des éleveurs - utilisateurs de bois
- le choix de critères pour caractériser l'utilisation et l'utilisateur des bois.

Le repérage des exploitants

L'objectif était de réunir un grand nombre d'exploitations d'élevage utilisant des bois (sans nécessairement être propriétaire) tout en limitant les a priori de localisation. Pour des raisons de coût et de temps d'enquête, nous avons partiellement ciblé la zone d'enquête. Quatre étapes nous ont conduits à un échantillon de 150 exploitations :

- choix d'un département comportant des bois pâturés (département de la Lozère : 517.664 ha dont environ 70.000 ha de bois pâturés, 4.220 exploitations dont 3.356 avec des bois en 1988, 979 m d'altitude moyenne) ; à l'intérieur de celui-ci, sélection de 4 entités géographiques différentes (" Margeride Est ", " Crêtes de la Margeride ", " Margeride Ouest ", " Causse Méjan ", environ 60.000 ha chacune)
- au sein de ces entités géographiques, relevé du type de boisement (naturel ou artificiel, essence forestière...) et des indicateurs de pratiques sylvo-pastorales (présence de déjection, de clôture, de coupe de bois...) pour 817 points, tirés au hasard par les services du SCEES pour TERUTI ; (chaque point est une portion du territoire de 3m x 3m homogène du point de vue de l'occupation du sol),
- classement des 76 communes enquêtées, en fonction de leur taux de boisement en résineux ; puis sélection de 20 communes avec un grand nombre de points en bois résineux (même nombre de communes pour les 4 entités géographiques), et sélection de 2 communes témoins avec un faible nombre de points
- appariement entre les points " bois résineux " de ces communes et les utilisateurs-agriculteurs grâce à une commission de 4 -5 agriculteurs experts (conseiller municipal, responsable de section...) ; réunis pour chaque commune, des experts identifiaient, lorsqu'il y avait lieu, les agriculteurs preneurs ou propriétaires de chaque point " bois résineux ".

Les 22 communes enquêtées couvrent 79.922 ha¹, avec environ 40.000 ha boisés en résineux dont 17.034 ha classés en bois au cadastre ² et 20.000 ha parcourus³. 564 exploitations sont recensées avec des bois ; elles ont une surface recensée en bois de 5.652 ha, en 1988⁴. Ces quelques chiffres permettent de situer l'étendue des bois utilisés par les

¹ source : Inventaire Communal 1970

² source : Cadastre 1996

³ source : TER-UTI 1996

⁴ source : RGA

agriculteurs (environ 25% du territoire de ces communes). Notons cependant que ces chiffres montrent d'importantes différences de surfaces entre les sources statistiques ; celles-ci s'expliquent par des différences dans la définition des bois et le mode d'inventaire de chaque enquête. La quantification de ces surfaces dépend énormément de ces deux points.

On peut néanmoins retenir que l'aire d'enquête correspond donc à 15% de la surface du département, à environ 29% de sa surface boisée et pâturée, et 13% de ses agriculteurs, ce qui représente une part significative de ce département.

Le choix des données recueillies dans l'enquête

Pour appréhender les modalités d'utilisation des parcelles boisées, nous avons relevé des informations sur les récoltes et entretiens des arbres, ainsi que sur les usages non sylvicoles des parcelles. Mais étant donné le morcellement des surfaces et la variété de définition des bois, des parcours boisés, et des landes, nous avons préféré établir et utiliser la notion de "lot boisé"⁵ ; c'est une unité de surface homogène du point de vue de la formation boisée et de la gestion.

Pour connaître les modes de production et d'élaboration du revenu de l'exploitation, nous avons décrit les trois principaux facteurs de production influencés par la présence des arbres : la main-d'oeuvre, le foncier et le cheptel. Pour chacun, nous avons relevé les dimensions de leurs différentes composantes, l'intensification et la pérennité. Ces critères permettent de différencier les entreprises agricoles et leur avenir. Les besoins en travail et en fourrage ont été plus particulièrement relevés, le maintien ou la suppression des arbres affectant spécialement ces ressources.

⁵ Le terme de "lots boisés" est ainsi défini pour l'enquête :

"Ce sont des portions de surface d'un seul tenant portant le même type de formation boisée et sur laquelle l'exploitant pratique le même type de gestion. Un lot boisé peut correspondre à une portion ou à un ensemble de parcelles de natures cadastrales différentes.

Exemple : plusieurs bosquets de hêtre dans une pâture pourront être regroupés sous réserve qu'ils soient traités de façon identique (type ou rythme de coupe par exemple).

On prend en compte tous les lots supérieurs à 500m².

Après classement des lots boisés par ordre décroissant de surface, on décrit les trois premiers et les trois derniers de ce classement.

Si moins de 6 lots boisés à décrire, les présenter dans le tableau successivement du plus important au moins important de la colonne 01 à la colonne 05, sans fractionner l'ensemble." (Extrait du Guide d'instructions aux enquêteurs, établi pour l'enquête)

Il fallait également connaître les consommations, le patrimoine et le cadre de vie du ménage. Ces trois éléments contribuent au bien-être du ménage et peuvent modifier et expliquer la présence et le développement des arbres. Les arbres jouent un rôle sur ces facteurs de bien-être du ménage par les produits des ventes de bois, par l'augmentation de volume des bois sur pied au cours du temps, ou par l'isolement visuel créé...

Mais ces critères sont aussi différemment pris en compte par les personnes selon leurs caractéristiques individuelles et leur histoire. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des bois qui ont une valeur marchande à long terme incertaine (risque naturel, longueur du cycle de production forestière...). Pour cette raison, nous avons caractérisé les préférences des individus vis à vis de biens procurant des bénéfices à court ou long terme, et des bénéfices de nature différente (financiers, fourragers, ou forestiers). Ces préférences révèlent la variabilité des critères pris en compte pour apprécier l'intérêt d'une gestion sylvo - pastorale des bois, selon les individus.

Nous avons ensuite procédé en 5 étapes pour mettre en forme le questionnaire :

- inventaire des différentes associations bois - élevage au sein de la parcelle, de l'exploitation et de l'ensemble du patrimoine, d'après la bibliographie
- inventaire des données qui caractérisent et expliquent ces différences
- mise en forme et normalisation écrite du questionnaire et des consignes aux enquêteurs
- test du questionnaire en exploitation
- mise en forme définitive et précision des conventions pour la réalisation.

Ayant choisi d'observer et d'analyser un grand nombre d'exploitations, nous avons opté pour un questionnaire fermé afin de traiter statistiquement et correctement la masse d'informations.

La mise en œuvre et la réalisation des enquêtes

Les entretiens ont été réalisés par quatre enquêteurs (agriculteurs à temps partiel) du service départemental de statistique agricole⁶. Ces personnes étaient peu familiarisées avec certaines notions comme les “ lots boisés ”(cf note 6) ou le “ ménage ”⁷. De ce fait, un cahier d’instruction aux enquêteurs a été rédigé, définissant chacun des termes au fur et à mesure de son apparition dans le questionnaire. Ce dernier a été présenté et discuté avec les enquêteurs avant les premiers entretiens tests en exploitation. La durée moyenne d’entretien a été de 2 heures. Il s’agit donc d’une enquête relativement lourde et qui nécessite une bonne expérience des enquêteurs. Les qualités des enquêteurs (bonne pratique des enquêtes et connaissance du secteur notamment) ont en effet contribué à la bonne collecte des données : aucun refus d’enquête, collecte rapide (concentrée sur une période d’un mois), et fiable (peu de retours en exploitations nécessaires après les tests d’erreur et de cohérence sur quelques données récoltées).

Le traitement des données

Nous avons au départ considéré que l’arbre touchait trois niveaux : la parcelle, l’exploitation, la famille. Nous avons donc cherché à quantifier et qualifier la place de l’arbre pour chacun d’eux. Nous avons aussi dégagé les éléments distinctifs de systèmes agricoles à chaque niveau. Pour cela, nous avons d’abord analysé les 25 variables relevées sur l’usage et l’état des lots boisés ; quelques caractères distinctifs ont été dégagés . Puis avec les 200 variables relevées sur l’exploitation et la famille, nous avons cherché à restreindre le nombre de variables représentatives des diverses situations. Concrètement, diverses méthodes d’analyse de données (Analyses Factorielles des Correspondances (AFC) et Analyses en Composantes Principales ACP) ont été réalisées, d’abord sur les variables se rapportant à l’assolement, puis sur les variables d’élevage, puis sur le ménage, ses besoins et sa démographie. Dans chacun de ces groupes nous avons alors dégagé 5 variables très représentatives (c'est à dire 5 variables fortement corrélées aux 4 premiers axes d’inertie des

⁶ DDA de Lozère

⁷ Le « ménage » comprend les personnes vivant avec l’exploitant, qu’elles travaillent ou non sur l’exploitation, ainsi que les personnes ne vivant pas temporairement avec l’exploitant mais qui sont à sa charge. Il ne comprend ici que les personnes contribuant au même budget que le chef d’exploitation.

ACP et AFC). Ensuite avec ce nombre restreint de variables (= mise en classe des variables quantitatives pour les intégrer à une AFC avec les variables qualitatives), il est apparu que les variables quantitatives représentaient nettement mieux la diversité des situations. Nous nous sommes alors limités à une ACP sur les variables quantitatives, pour finalement en retenir douze particulièrement significatives.

A partir de ce nombre restreint de caractères sur les parcelles, les exploitations et les familles, nous avons analysé leurs relations.

RESULTATS

La place des bois dans le système sylvo-pastoral peut se caractériser par : l'état et les produits des surfaces, la contribution au système fourrager et à la propriété foncière, le degré d'intérêt et d'attachement exprimé vis à vis des bois. Chacun de ces aspects favorise ou non la mise en valeur concertée des bois avec l'élevage, et modifie les produits et charges de l'exploitation, les revenus, le patrimoine ou le bien-être de l'agriculteur.

Les produits retirés des lots boisés

Le tableau suivant (tabl. 1) décrit la dernière récolte de bois effectuée par l'exploitant sur chaque lot, en distinguant la nature du bois récolté et l'usage pastoral (lors de l'année d'enquête). En s'intéressant plus particulièrement à la dernière récolte, on a recherché une information relativement actuelle et fiable (en limitant les risques d'oubli de l'exploitant).

**Tableau 1 : caractéristiques des différentes récoltes de bois provenant
des lots boisés de l'exploitation.**

Utilisation du lot boisé :	Parcours ⁸	Parcours + Bois	Bois	Aucune
Nombre de lots concernés	388	264	52	101
Pourcentage sur l'ensemble des lots décrits ⁹	48%	33%	6%	13%
Pourcentage d'exploitations ayant ce type d'utilisation sur au moins un des lots boisés	87%	83%	27%	37%
Surface cumulée de ces lots	1.950 ha	1.408 ha	93 ha	238 ha
Volume cumulé bois de chauffage récolté sur ces lots	-	5308 stères	1080 stères	-
Volume cumulé bois d'oeuvre récolté sur ces lots	-	2.204 m3	94 m3	-
Volume cumulé bois de trituration récolté sur ces lots	-	2.897 m3	0 m3	-
Nombre cumulé de piquets récoltés sur ces lots	-	1.260 piquets	1.650 piquets	-

Le parcours est donc l'utilisation la plus répandue des surfaces boisées. Il concerne les lots de grande surface.

Le parcours associé à la récolte occasionnelle de bois est le second mode d'utilisation. Les volumes de bois récoltés sont supérieurs à ceux récoltés dans les parcelles non parcourues, et les types de bois récoltés sont divers.

La récolte exclusive de bois est l'utilisation la moins fréquente, elle n'engendre qu'une faible récolte, le plus souvent pour du bois de chauffage.

La principale utilisation des lots boisés est donc le parcours ; 40% de ces lots ont aussi donné une récolte de bois. D'autre part, 34% des lots boisés non parcourus ont donné une récolte de bois, l'absence de parcours est donc légèrement défavorable à la mobilisation des bois.

⁸ Le terme de parcours signifie que les animaux sont introduits dans le lot boisé au moins une fois dans l'année, il ne précise rien sur la quantité d'herbe ou de bois prélevée, on suppose néanmoins que, dans tous les cas, une quantité de fourrage, même infime, est prélevée par les animaux.

⁹ 805 lots décrits au total dans l'enquête : les trois plus petits lots boisés de l'exploitation, les trois plus grands. Cette réduction du nombre de lot boisé décrit s'est imposée après les premiers tests du questionnaire en exploitation (jusqu'à 2 heures passées sur cette partie !). Ce choix a été fait pour tenir compte de la diversité des structures foncières.

Les types de bois récoltés sont plus variés quand il y a parcours. Le tableau suivant (tabl. 2) permet de caractériser l'intensité des récoltes sur les lots boisés.

Tableau 2 : Fréquences et quantités des bois récoltés lors des dernières coupes.

Récoltes	Parcours + Bois	Bois
Nombre de lots concernés par au moins une coupe	264	52
Pourcentage de ces lots avec coupe de bois de chauffage	84%	87%
Pourcentage de ces lots avec coupe de bois d'œuvre	22%	13%
Pourcentage de ces lots avec coupe de bois de trituration	10%	0%
Pourcentage de ces lots avec coupe de piquets	2%	8%
Prélèvement moyen bois de chauffage récolté / ha / lot	5,8 stères/ha	14,9 stères/ha
Prélèvement moyen bois d'œuvre récolté / ha / lot	7,7 m3/ha	7,5 m3/ha
Prélèvement moyen bois de trituration récolté / ha / lot	15,0 m3/ha	0 m3/ha
Prélèvement moyen de piquets récoltés / ha / lot	93 piquets/ha	214 piquets/ha

Les prélèvements moyens par hectare sont en général différents entre les lots parcourus et non parcourus. Globalement les volumes récoltés par lot parcouru sont plus forts parce que la surface récoltée est importante, mais les volumes par hectare sont par contre plus faibles sauf en bois de trituration (dans ce cas précis l'acheteur exige souvent un volume important de récolte). Dans les bois parcourus, les coupes de bois de chauffage et de piquets sont probablement plus fréquentes mais avec de plus faibles volumes prélevés à chaque coupe.

La récolte de bois intervient dans 39% des lots et chez 92% des exploitants. La récolte est utilisée pour :

- l'autofourniture de bois pour la famille (chauffage, aménagement de maison familiale...) dans 72% des cas de récolte,
- l'autofourniture de bois pour l'exploitation (aménagement de bâtiment d'exploitation, piquet...) dans 15% des cas,
- l'apport de liquidité pour des investissements d'exploitation dans 8% des cas,
- l'apport de surface pour la mise en culture dans 4% des cas,
- l'apport de liquidité pour des investissements familiaux dans 1% des cas.

Les surfaces boisées ont donc d'abord une utilité à court terme comme source de fourrage, de combustible ou de matériau ; de façon plus rare ou plus épisodique, elles apportent de la trésorerie et du foncier pour permettre des investissements ou mettre en culture quand c'est nécessaire. Les principales caractéristiques qui différencient l'utilisation de l'herbe et du bois sur ces surfaces sont la surface et l'essence forestière présente ; le parcours est fréquent en pin sylvestre sur de grandes étendues. Ces deux caractéristiques sont relativement indépendantes de la volonté de l'éleveur ; ce sont des contraintes.

La diversité de contribution des surfaces boisées au système fourrager de l'exploitation

Le produit le plus couramment retiré des bois est l'herbe. Les surfaces boisées complètent les ressources fourragères de l'exploitation. En moyenne, les bois parcourus couvrent 28 ha par exploitation, équivalent à 17% des surfaces fourragères et 91% des surfaces boisées. Mais l'importance de ce complément est très variable selon les exploitations comme l'indique la figure suivante (fig. 1).

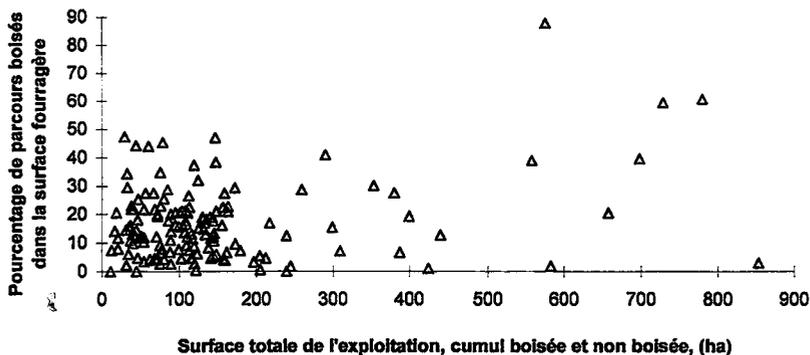


Figure 1 : Dimension du foncier et importance des parcours boisés

Pour caractériser et expliquer ces différences on a d'abord cherché ce qui représentait le mieux la diversité des systèmes fourragers, des élevages et des familles. A partir des 200 variables relevées dans l'enquête, et après une analyse des corrélations et des AFC et ACP sur ces variables (cf. METHODE), des caractéristiques du foncier, de l'élevage, et des charges financières sont apparues significatives de la diversité des situations. Il s'agit de :

- la surface boisée totale (dans le tableau suivant, SBT)
- les surfaces boisée et non boisée parcourues / surfaces boisée et non boisée gérées par l'exploitant (TBP)
- a surface boisée parcourue / surfaces boisée et non boisée parcourues (TPT)
- la variation surface boisée totale depuis installation (DSB)
- le chargement en cheptel de souche sur la surface agricole non boisée (UGBSTH)
- la somme des UGB en cheptel de souche aujourd'hui (UGBT)
- le nombre d'UGB Viande / le nombre d'UGB Viande et Lait aujourd'hui (TUGBV)
- le nombre d'UGB Bovin / le nombre d'UGB Bovin et Ovin aujourd'hui (TUGBB)
- la variation depuis l'installation du pourcentage UGB Bovin (DTUGBB)
- a date d'installation (INSAM)
- le montant de l'annuité professionnelle / ha de surface en herbe de base de l'exploitation (TANNUITSTH)
- la surface de base de l'exploitation / actif agricole (TSTHUT)
- les personnes à charge sans ressources / personnes avec ressources (TUCORUCR).

Les 5 premières variables (SBT, TBP, TPT, DSB, UGBTSTH) caractérisent le type de système fourrager, ainsi que la nature et le niveau de complément apporté par les surfaces boisées. Les 4 variables suivantes (UGBT, TUGBV, TUGBB, DTUGBB) permettent de repérer les liens existant avec la dimension et l'orientation d'élevage ; les 3 dernières variables (TANNUITSTH, TSTHUT, TUCORUCR) révèlent les liens existant avec les besoins financiers et de travail de l'exploitation. L'ensemble caractérise la contribution des bois au fonctionnement d'exploitation.

Ces douze variables permettent, à partir d'une classification ascendante hiérarchique, de construire une typologie d'exploitations sylvo-pastorales. Il ressort sept types¹⁰ se différenciant par le niveau de contribution des parcours boisés dans le système fourrager ; on trouve 5 à 376 ha de parcours boisés selon les types, 25 à 87 % de surface en parcours (boisée ou non) dans l'ensemble de la surface d'exploitation, 16 à 61 % de surface en parcours boisée.

10

TYPE	A	B	C	D	E	F	G	Ensemble
Effectif (exploit.)	18	40	27	11	2	47	5	150
 Valeurs moyennes/types :								
SBT (ha)	24.7	24.9	12.8	26.9	5.2	15.5	376.0	31.4
TBP (%)	16	35	23	17	44	36	61	34
TPT (%)	70	40	49	67	25	51	87	52
DSB (%)	21	15	-13	20	-561	14	00	3
UGBSTH (UGB/ha)	1.76	0.89	1.00	1.11	0.73	1.04	1.28	1.09
UGBT (UGB)	56.1	61.6	36.5	35.9	18.5	26.5	53.9	43
TUGBV (%)	94	77	20	54	7	68	19	62
TUGBB (%)	85	89	100	00	100	97	00	84
DTUGBB (%)	1	00	3	-23	00	6	00	1
INSAM (19XX)	83.9	84.1	82.8	85.3	87.0	72.3	87.2	80.4
TANNUITSTH (FF/ha)	1881	794	1507	863	1087	264	1191	909
TSTHUT (ha/UT)	31.5	36.1	29.3	25.3	18.3	21.5	32.6	34.0
TUCORUCR (%)	150	120	180	60	50	330	140	105

L'alimentation du troupeau et les résultats d'exploitation dépendent par conséquent des parcours boisés à des degrés divers, et, par conséquent encore, les perspectives d'aménagements sylvo-pastoraux ne peuvent être identiques dans des contextes si différents.

Pour illustrer cette analyse, nous avons retenu de présenter ici en parallèle deux des sept types (types A et B). Ce sont des exploitations de grande dimension (effectif du cheptel de 56 à 62 UGB, surface totale de 167 à 188 ha), et assez nombreuses (12 à 27% de l'échantillon de population enquêté). Elles ont une surface boisée de dimension semblable, aujourd'hui comme à l'installation. Par contre, le premier type a une part importante de parcours dans la surface fourragère (79%), qui est peu boisée (15% de ces 79%) ; le deuxième type a peu de parcours dans sa surface fourragère (54%), mais ils sont relativement boisés (27% de ces 54%), ce type a aussi une part importante de prairies ensilées (20%) (fig. 2). Le chargement animal des prairies est deux fois plus important pour le type A. La contribution des parcours boisés à l'affouragement du troupeau est différente.

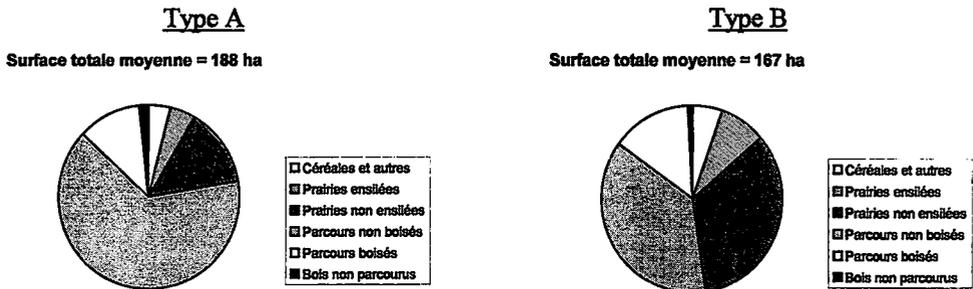


Figure 2 : assolement des deux types d'exploitation

Le système fourrager du type A présente plusieurs limites : peu de surface pour constituer des stocks, environ ¼ de la surface faiblement productive, environ la moitié de la surface peu productive et sans ombrage. La composition du système fourrager du type B est plus diversifiée et offre probablement plus de possibilités d'évolution que pour le type A.

Pour le premier type, c'est probablement la quantité d'herbe produite par les surfaces boisées qui est importante ; pour le deuxième type, il s'agit probablement plutôt de la qualité de l'herbe produite (type de flore, saison de production...).

Pour les deux types l'orientation est en bovin viande, l'effectif de troupeau est légèrement inférieur pour le type A et la spécialisation viande supérieure. Le type B présente une légère diversification du troupeau qui permet de bien valoriser des surfaces fourragères de qualité différente. L'endettement des deux types d'exploitation est fort (en moyenne, 70.550FF d'annuité en 1997 pour le type A, 63.799 pour le type B). L'intensité de la charge financière est particulièrement élevée pour le type A (1881 F/ ha de prairie), ce qui là encore ne lui permet pas beaucoup de possibilités d'évolution à court terme. Les charges familiales sont également élevées : 1,5 et 1,2 personnes à charge par personne avec ressources, et respectivement pour les types A et B, 11.422 FF et 6.580 FF d'annuités d'emprunts personnels. Les besoins financiers sont élevés dans les deux cas alors que les ressources provenant de l'élevage sont sensiblement différentes : plus irrégulières et moins importantes pour le type A par rapport au type B, du fait d'un troupeau bovin viande plus spécialisé et de taille plus restreinte pour le type A.

Les productions attendues des surfaces en bois ne sont probablement pas les mêmes pour ces deux types d'exploitation. Pour le type A, c'est la quantité d'herbe qui est probablement primordiale ainsi que peut-être la quantité de bois négociable à court terme pour la viabilité du système. Pour le type B, c'est la qualité de l'herbe, sa diversité, sa précocité, qui est plus importante pour le système, et peut être aussi la valeur des bois à moyen ou long terme.

Notons que, malgré ceci, les récoltes et les ventes de bois sont semblables pour les deux types d'exploitation ; l'adaptation des bois et des coupes aux besoins des exploitants est actuellement limitée :

- soit par des contraintes techniques : difficulté de mise en marché des bois à cause de la mauvaise qualité des bois, du faible volume des coupes ou du morcellement du foncier...

- soit par des contraintes réglementaires : surface boisée en fermage ne permettant pas les interventions sur les arbres, par exemple...

Nous n'avons cependant pas pu mesurer précisément ces effets dans l'enquête.

Cette analyse sur deux types d'exploitation illustre la diversité de contribution des bois au système fourrager et plus globalement au maintien des exploitations. Les différences les plus significatives proviennent de la composition des surfaces fourragères, du cheptel et de l'endettement.

En général, malgré de faible revenu provenant des surfaces boisées, les exploitants conservent leur propriété boisée ; les bois ont probablement aussi une fonction patrimoniale de long terme qui s'associe à la fonction pastorale de court terme. Quelques données d'enquête confirment cette analyse.

La fonction patrimoniale

La fonction patrimoniale est souvent avancée comme motif d'intérêt pour la forêt, ce qui signifie que les bois seraient gérés pour une transmission à des générations futures, ou que la valeur à long terme serait déterminante pour leur gestion. L'enquête permet d'analyser le devenir à long terme des surfaces boisées de l'exploitation, et notamment leur rôle dans la transmission du patrimoine.

En comparant la composition actuelle du patrimoine des différentes classes d'âge d'exploitants, on constate des différences (fig. 3). La propriété foncière est importante chez les exploitants aujourd'hui âgés et peu importante chez les jeunes, alors qu'en même temps le cheptel est de grande dimension chez les jeunes et de faible dimension chez les plus âgés. Les choix d'investissements et de capitalisation se différencient donc avec l'âge. Par contre, on note qu'il n'y a pas de différence nette entre du foncier boisé et non boisé, le foncier boisé reste pour toutes les classes d'âge une part très réduite du capital foncier, même s'il est plus important chez les agriculteurs âgés (fig. 4). Le foncier dans son ensemble a donc une place originale dans le patrimoine de l'exploitant, il est conservé tardivement pour fournir des revenus complémentaires lors de la retraite, sans distinction particulière pour les bois.

Quarante-six exploitations sur cent cinquante ont aujourd'hui un chef de plus de 50 ans ; ce sont des exploitants qui préparent la transmission. A l'approche de la retraite, la

propriété foncière (cumulée boisée et non boisée) est nettement plus importante lorsqu'il y a un successeur connu (99 ha en moyenne, 50 ha pour les autres). La propriété foncière sert donc à l'installation d'un successeur, sans distinction particulière de la partie boisée. En effet, l'exploitant envisage de donner ou de louer l'exploitation agricole ainsi que les bois.

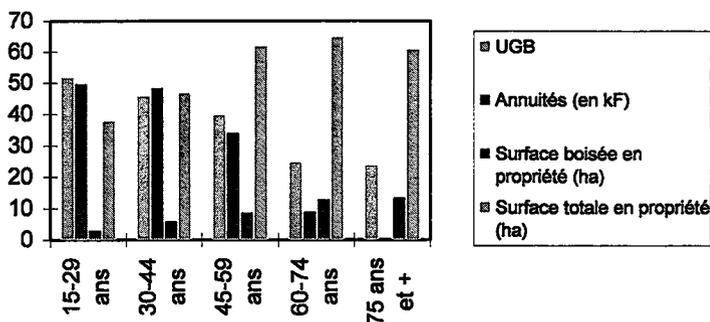


Figure 3 : caractéristiques actuelles du capital d'exploitation en fonction de l'âge

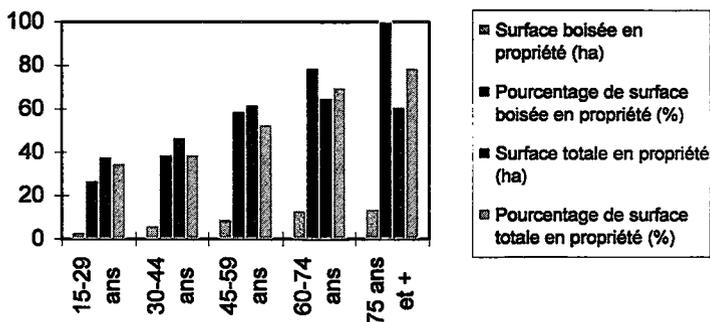


Figure 4 : Caractéristiques actuelles du foncier en fonction de l'âge

Le foncier a donc une fonction d'épargne à long terme et de patrimoine à transmettre, sans distinction particulière entre surfaces boisées et non boisées.

Les préférences temporelles des individus

Des valeurs marchandes, aujourd'hui semblables, peuvent avoir à long terme des valeurs différentes ; c'est notamment le cas des bois, à cause des aléas naturels et financiers qui surviennent au cours du cycle de production forestière... Une personne est diversement sensible à ces variations selon sa situation et son histoire personnelle. De ce fait, elle est plus ou moins attentivé à la valeur à long terme des actifs, plus ou moins intéressée par l'acquisition de biens durables ou intéressée par des techniques qui procurent des bénéfices à long terme. L'enquête nous a permis de mettre en évidence des différences d'intérêt liées au capital et aux moyens mobilisés par l'agriculteur pour investir. Pour caractériser ces différences, nous avons proposé à l'agriculteur, en fin d'enquête, de choisir entre des lots de valeur marchande théoriquement proche mais différents par la nature, le délai et le risque du gain, certains de ces lots étant boisés.

Quelles que soient les caractéristiques d'exploitation agricole et de revenu, les préférences vont aux prairies (55%) et à l'enveloppe financière (25%) ; seulement 11% des éleveurs choisissent les parcours boisés et 9% les bois. D'autre part, lorsqu'on met en jeu des lots boisés se distinguant par le délai de vente du bois, les préférences vont vers des ventes à court terme (69%), et moins fréquemment vers des ventes à moyen terme (17%) ou à long terme (14%). Les préférences et besoins de l'exploitant sont donc fréquemment à court terme, en fourrage et en liquidité.

La minorité d'éleveurs qui choisissent les lots boisés sont aussi ceux qui s'intéressent aux ventes de bois à moyen et long terme. Ce petit groupe intègre donc la valeur des bois sur le moyen et long terme, ils restent plus patients vis à vis du gain. On constate qu'ils détiennent déjà d'autres formes de capital, (cheptel, foncier, financier, notamment) qui leur donnent une relative assurance de ressource à court et moyen terme.

Ces différences d'intérêt vis à vis des lots boisés correspondent aussi à des comportements d'investissement et d'épargne différents, à des dimensions d'exploitation différentes, mais ne correspondent pas à des techniques d'exploitation différentes. Le revenu agricole et le patrimoine du ménage déterminent l'intérêt porté au bois à long terme. Certaines caractéristiques sont corrélées avec les préférences de l'exploitant (tabl. 3).

Tableau 3 : Récapitulatif des caractéristiques corrélées avec les préférences de l'exploitant

Exploitants "impatiens" pour le gain	
<u>= Préférence pour des surfaces en herbe</u>	<u>= Préférence pour une enveloppe financière</u>
- installation : 1982 (en moyenne).	- installation : 1976 (en moyenne).
- effectif total du troupeau : 55 UGB	- effectif total du troupeau : 43 UGB
- emprunt à la banque plutôt qu'utilisation d'épargne ou d'actifs familiaux.	- réserve d'argent disponible à court terme plutôt qu'immobilisation à moyen terme ou investissement.
- prêts "jeunes agriculteurs" fréquents.	- prêts "jeunes agriculteurs" peu fréquents.
	- annuité professionnelle : 32500F en moyenne, faible.
	- propriété foncière : 40 ha, faible étendue.
- propriété foncière : 48 ha, faible étendue.	- diminution du foncier agricole dans les 5 ans à venir.
- augmentation du foncier agricole dans les 5 ans à venir.	
↘ INVESTISSEURS SANS CAPITAL PROPRE	↘ CONSOMMATEURS DE CAPITAUX PROPRES

Exploitants "patients" pour le gain	
<u>= Préférence pour des surfaces de parcours boisé</u>	<u>= Préférence pour des surfaces boisées non pâturées</u>
- installation : 1981, en moyenne.	- installation : 1982, en moyenne.
- effectif total du troupeau : 65 UGB	effectif total du troupeau : 67 UGB
- emprunt à la banque plutôt qu'utilisation d'épargne ou d'actifs familiaux.	- réserve de disponible à court terme plutôt que immobilisation à moyen terme ou investissement.
	- détenteurs d'actifs financiers (livrets épargne, SICAV...).
- propriété foncière : 95 ha, importante	- utilisation d'épargne plutôt qu'emprunt ou qu'utilisation des actifs familiaux.
	- "prêts jeunes agriculteurs" et "modernisation" fréquents.
	- annuité professionnelle : 49821F, élevée.
	- récolte du bois assez fréquente pour investir sur l'exploitation ; aucune coupe à blanc pour installer de l'herbe.
↘ INVESTISSEURS AVEC CAPITAL FONCIER	↘ INVESTISSEURS AVEC CAPITAL FINANCIER

Les exploitants avec un faible patrimoine foncier, ou de faibles produits agricoles, ne sont pas intéressés par les surfaces boisées et leurs produits à long terme. Les plus jeunes d'entre eux investissent sur l'exploitation et empruntent pour améliorer les revenus à court et moyen terme ; ils ont besoin de surface rapidement productive. Les plus anciens n'investissent

plus et augmentent ou maintiennent leur revenu en puisant dans le patrimoine ; pour eux, l'enveloppe financière présente le plus d'intérêt.

Les exploitants intéressés par des surfaces boisées ont déjà un cheptel important et un capital foncier ou financier. Les arbres sont un moyen de diversifier les ressources fourragères et les ressources financières des plus grosses structures agricoles, indépendamment des techniques mises en oeuvre sur l'exploitation.

Contrairement à ce que nous escomptions au départ, nous n'avons pas pu dégager d'éléments sociologiques expliquant la formation de ces préférences, tels que le type de structures familiales, la formation ou l'expérience des personnes... La situation économique (revenu et patrimoine) du ménage apparaît par contre déterminante de l'intérêt porté aux surfaces boisées à long terme.

CONCLUSION

L'enquête a mis en évidence des différences d'utilisation des surfaces boisées. Elles peuvent servir pour le pâturage plus ou moins extensif, pour la récolte de bois destinée au chauffage domestique ou à la vente à court ou moyen terme; elles diversifient le patrimoine des personnes ayant les plus grandes exploitations tout en augmentant le capital d'exploitation quand il y a un successeur familial. Mais toutes les exploitations ne combinent pas ces utilisations avec la même intensité.

La surface des parcelles et l'essence forestière présente sont déterminantes de l'utilisation des parcelles pour le parcours ou la récolte de bois. Dans les grandes parcelles en pin sylvestre, les deux utilisations sont couramment associées, alors que dans les parcelles en feuillus de petite surface, la récolte de bois sans parcours est prédominante... Mais la grande variété des parcelles boisées dans une même exploitation conduit aussi à une grande variété d'utilisation de ces parcelles, et finalement la part de surfaces boisées, récoltées ou pâturées, est semblable pour l'ensemble des exploitations.

Cependant, la charge animale supportée par ces surfaces est différente selon les exploitations, la composition de leur foncier et de leur cheptel et selon leur niveau

d'investissement. Ces différents points sont donc déterminants de la récolte d'herbe effectuée sur ces surfaces.

Pour ce qui est de l'acquisition pour le long terme et le patrimoine, les différences proviennent essentiellement de l'âge et de la composition actuelle du capital de l'exploitant.

Les surfaces des différentes parcelles et les essences forestières présentes, la composition du foncier et du cheptel de l'exploitation, l'âge de l'exploitant et les capitaux détenus déterminent l'utilisation de l'ensemble des surfaces boisées, et leur prise en compte dans la gestion de l'exploitation familiale. Selon ces caractéristiques, c'est la quantité d'herbe de printemps ou d'été produite, le volume ou la valeur marchande des arbres en stock, ou encore, la valeur d'avenir des arbres, du parcours, ou du foncier qui sera le critère de décision déterminant pour la gestion des bois.

On trouve ici une application particulière des modèles de maximisation de l'utilité du ménage sous contrainte. L'utilité ne varie pas en fonction de la même variable pour tous les exploitants. La contrainte n'est pas unique, c'est en fait une série de contraintes, indépendantes l'une de l'autre, qui limitent l'élaboration de l'utilité. On doit en tenir compte pour analyser différents scénarios sylvo-pastoraux, et notamment pour bâtir des outils de simulation. Les modèles doivent intégrer et estimer plusieurs natures de résultats en fonction des caractéristiques des parcelles, de l'exploitation et de la famille. Ces résultats doivent être estimés en fonction de l'état de chaque parcelle, de chaque exploitation et de la situation de chaque ménage.

La gestion sylvo-pastorale est multi-fonctionnelle ; elle nécessite un diagnostic à plusieurs niveaux, sans substitution ou prédominance possible d'un niveau à l'autre ; elle nécessite aussi de prendre en compte la diversité des situations. En cela on retrouve les conclusions des expériences méditerranéennes (HUBERT et al, 1989) ou tropicales (BUTTOUD, 1995) antérieures. Notre travail permet de cibler les critères de parcelle, d'exploitation et de famille qui différencient aujourd'hui les utilisations de bois déjà existants par des éleveurs. Il permet de mesurer la faisabilité de différents types de gestion sylvo-pastorale et de mesurer les moyens nécessaires pour les faire évoluer. Dans la perspective d'aides contractualisées entre l'agriculteur et l'état pour l'entretien de l'espace rural, ce travail peut permettre de différencier les aménagements et aides prioritaires pour chaque exploitation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARRONDEL L., MASSON A. , 1989. *Déterminants individuels de la composition du patrimoine : France 1980*, *Revue économique* n°3, pp 441-502.
- BUTTOUD G., 1995. *Les systèmes agroforestiers dans les pays en développement : quels enseignements ?* , n° spécial R.F.F. 1994, Nancy (France), pp 152-164.
- CHARPIN F., 1990. *Théorie du cycle de vie, croissance et endettement*, thèse Université Paris X, 414 pages
- CINOTTI B., 1992. *Les agriculteurs et leurs forêts*, R.F.F. XLIV 4-1992, Nancy (France), pp 356-364.
- DAUVISIS I.M., MATHURIN J., 1993. *Insertion de l'activité forestière dans le fonctionnement global de l'exploitation agricole*, ENSSAA Dijon (France), 47 pages.
- HERLANT P., 1995. *Simulation de l'effet de techniques agroforestières sur la dynamique et l'organisation de systèmes d'exploitation*, ENGREF, INRA Avignon (FRA), 1995/10, 84 pp.
- HUBERT B., BELLON S., CHASSANY J.P., GUERIN G., MARTINAND P., PREVOST F., 1989. *Intégrer les activités pastorales et forestières dans la gestion de l'espace méditerranéen, Forêt Méditerranéenne, tome XI, n°3*, Aix en Provence (France), pp. 238-251.
- I.N.R.A., 1983. *La Margeride : la montagne, les hommes*, Paris (France), 786 pages.
- LIFRAN R., 1998. *Integrating amenities and liquidity constraint into afforestation decision-making by private property owners: a dual approach*, in "Public perceptions and attitudes of forest owners towards forest in Europe", INRA-FERMAT Montpellier, CEMAGREF Editions, Antony (France), pp. 185- 203
- LIFRAN R., RAPEY H., VALADIER A., 1997. *Nouveau regard sur la tradition sylvo-pastorale en Lozère*, Agreste Les cahiers n°21, septembre 1997, Paris (France), pages 17-22.
- MASSON A., 1995. *Préférence temporelle discontinue, cycle et horizon de vie*, in : *Le modèle et l'enquête. Les usages du principe de rationalité dans les sciences sociales*, Editeurs VARET L.A.G. et PASSERON J.L., Edition EHESS Paris (France), pp. 325-400
- MERLE F. , 1994. *La place de la forêt au sein d'exploitations agricoles sur deux cantons cantaliens*, ENITA Clermont-Ferrand (France). 78 pages.
- MICHALLAND B. , 1996. *Place de la forêt dans les exploitations agricoles en France et évaluation des biens et services non commercialisés produit par cette forêt, état de l'art*, Cemagref division Forêt et Agroforesterie, Clermont-Ferrand, 65 pages + annexes
- MICHALLAND B. , 1998. *Impact spatial de la politique forestière*, Division Forêt et Agroforesterie, Cemagref Clermont-Ferrand (France). 122 pages.
- NORMANDIN D., 1994. *Relations actuelles agriculture-forêt en France : bilan statistique et socio-économique*, Colloque Agriculteurs, Agricultures et forêts, Paris, 12-13 décembre 1994, Cemagref (France), pp. 19-31.
- NOUGAREDE O., 1994. *Processus historique de dissociation de l'agriculture et de la forêt*, Colloque Agriculteurs, Agricultures et forêts, Paris, 12-13 décembre 1994, Cemagref (France), pp. 11-18.
- OSTY P.L. , AURICOSTE C. , 1989. *Une image des élevages du Causse : évolutions récentes (1975-1983) et questions pour l'avenir, Annales du Parc Naturel des Cévennes*, Florac, pp. 15-54.
- OSTY P.L., LARDON S., LHUILLIER C., 1994. *Elevage extensif et gestion de l'espace rural. Dynamiques des systèmes techniques en élevage ovin. Le cas du Causse Méjan*, in *The study of livestock farming systems in research and development framework*, Saragosse (Espagne) EAAP, pp. 302-306.
- POUPARDIN D., LARRERE R. , 1990. *La gestion forestière : rationnelle ou raisonnable ?*, *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, n°15-16, pp. 40-73.
- R.F.F., 1995. n° spécial 1994 *Agroforesterie en zone tempérée, Chapitre I : le sylvo-pastoralisme*, Nancy (France), pp. 19-58.
- RAPEY H., 1994. *Eléments d'analyse sur de nouvelles stratégies d'utilisation de l'espace rural : étude d'une application en Auvergne avec l'agroforesterie*, Mémoire de DEA, Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand II, Cemagref Clermont-Ferrand (France), 61 pages.
- RATTIN S. , 1994. *Les retraités agricoles premiers bailleurs de terre*, SCEES, AGRESTE, *La Statistique Agricoles, Cahier n°17-18, Spécial foncier*, Paris, pp 5-13.
- TRAN M., 1995. *La diversité des modes d'utilisation de la forêt dans les exploitations agricoles des coteaux de Gascogne*, INRA Toulouse, ENITA Clermont-Ferrand, (France), 112 pages.

REMERCIEMENTS

Le personnel du service statistique de la DDA de Lozère, et notamment son responsable Alain Valadier, ont été fréquemment, et longuement, sollicités au cours de ce travail, qu'ils soient ici cordialement remerciés pour leur soutien et leur action.

Les financements du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (Direction de l'Espace Rural et de la Forêt), du Cemagref et de l'Institut National de la Recherche Agronomique ont d'autre part contribué à la réalisation de ce travail.

Résultats économiques comparés et rôle des incitations publiques dans le choix du mode de conduite des noyeraies du Dauphiné.

F. MARY*, R. LIFRAN**, E. DELANNOY*

* CNEARC, BP 5098, 34033 Montpellier cedex 1

** INRA/ESR, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 1

SUMMARY

The traditional walnut plantations in Dauphiné produce both walnut and valued wood. They constitute one of a few examples of agroforestry systems in temperate climate. Decreasing trend in walnut sawwood production led public and private Institutions (Ministry of Agriculture and CRPF) to set up an incentive program in order to stimulate double objectives traditional walnut plantations. Ten years later, we conducted surveys for evaluating this program, and understanding economic factors operating in planters decision-making process. While uncertainty, risk, and liquidity constraints reduce the average size of new planted plots, the incentive program for planting double production walnut appears very efficient. Anyway, the global amount of public funds invested in this program remains low. Using orchards' lifecycle models for several modes of plantations' management, we highlight the possible improvement for the public incentives.

Keywords: Public incentives, farmers decision-making, agroforestry systems, walnut production

RESUME

Les noyeraies traditionnelles, à double fin: fruit et bois, du Dauphiné constituent en France un des rares exemples d'agroforesterie (définie comme l'association au niveau de la parcelle d'une production agricole et d'une production de bois). Dans cette région, depuis trente ans, plusieurs facteurs ont entraîné une diminution importante des volumes de bois de noyer sciés. Cette régression n'a pas été compensée par le développement des plantations spécialisées pour le bois. C'est pourquoi le Centre Régional de la Propriété Forestière (CRPF) a mis en place depuis 1983 un programme d'incitations pour relancer la plantation de vergers à double fin. Nous présentons les résultats d'une enquête effectuée dans le Diois pour évaluer les résultats de ce programme et comprendre les facteurs qui orientent la décision des planteurs en faveur du verger spécialisé à fruits ou du verger double fin. Avec une dizaine d'hectares plantés en moyenne chaque année, les programmes d'incitations ont une efficacité globale non négligeable et contribuent bien à la relance de la production, notamment à double fin. La faible dimension des parcelles plantées,

ainsi que la faible part relative des vergers dans la SAU des exploitations, témoignent de l'importance des incertitudes et des risques, ainsi que de celle des contraintes de liquidité, dans la décision des planteurs. L'analyse sur modèles des cycles de vie et des performances économiques de chaque mode de conduite des vergers permet ensuite d'expliquer les différenciations de comportements observés selon les types de planteurs et de proposer des systèmes d'incitations adaptés.

Mots clés: Incitations, politique agricole, décision des agriculteurs, modèles de ménages agricoles, agroforesterie, noyers

INTRODUCTION ET CONTEXTE

Si l'on définit l'agroforesterie comme l'association au niveau de la parcelle d'une production de bois et d'une production agricole (culture annuelle, herbe ou fruit), les noyeraies traditionnelles du Dauphiné sont assurément, en France, un des rares cas présentant une extension significative, en nombre de producteurs et en superficie. Dans les noyeraies à double fin en effet, la récolte de fruit prend au bout de quelques années le relais des cultures intercalaires dans la fourniture d'un revenu au planteur. La récolte du bois intervient, selon les cas, à un horizon qui se situe au delà de 50 ans après la plantation. Dans le système à double fin, le délai de mise à fruits est de 15 ans. Il est suivi d'une période de croissance d'une durée analogue, la pleine production de fruit n'étant atteinte qu'après trente ans, et s'étendant sur une quarantaine d'années en moyenne. C'est donc entre deux et trois générations qui sont concernées par la décision de plantation. Dans les vergers à fruits, le délai de mise à fruits est raccourci à cause de la réduction de la concurrence entre production de bois et production de fruit, par une taille de formation précoce (CHARLOT, GERMAIN 1998; IDF 1983). La hauteur de bille s'en trouve réduite, et la seule utilisation possible du bois est pour le déroulage. Le Dauphiné, et en particulier le Diois, sont des régions productrices propices à une telle étude, car on y rencontre tous les modes de conduite du noyer, de la noyeraie fruitière intensive à basse tige, à la noyeraie à bois, en passant par les vergers double fin. Dans ce contexte, l'objectif n'est pas d'expliquer pourquoi le propriétaire choisit de planter une parcelle, mais pourquoi il choisit la conduite en verger spécialisé ou en double-fin. (MARY et *alii* 1999)

Pour les deux modes de conduite possibles, l'échéancier des charges et des recettes, ainsi que les phases du cycle productif de l'arbre et sa longévité, sont différents. Notre

hypothèse est que les caractéristiques du cycle de production de chacun des modes de conduite sont plus ou moins adaptés aux objectifs et aux contraintes des planteurs. La plupart d'entre eux, même s'ils ont des objectifs de long terme, doivent les réaliser dans le cadre de contraintes de court terme (DURY et *alii* 1997, LIFRAN 1998). Dans ce cadre, la décision fait intervenir des anticipations sur les aspects technico-économiques du choix. Celles-ci sont d'autant plus déterminantes que les choix techniques initiaux sont plus ou moins réversibles. Dès lors, les incitations jouent un rôle important.

Dans une première partie, nous présenterons les caractéristiques des planteurs, et tenterons de cerner les facteurs objectifs et subjectifs de leur décision. Dans une deuxième partie, nous conduirons une analyse comparée, au niveau de la parcelle, des caractéristiques économiques de différents modes de conduite. Nous évaluerons finalement l'incidence des incitations publiques, tant au niveau global qu'au niveau des résultats économiques à l'échelle de la parcelle.

METHODOLOGIE

Les résultats présentés ici sont issus de 2 enquêtes menées en 1995 et 96, et de la simulation des résultats technico-économiques de 9 modes de conduite de la noyeraie.

L'enquête de 1995 avait pour objectif de préciser les raisons qui conduisent les planteurs à choisir l'option double fin ou le verger en basse tige. 23 entretiens semi-directifs ont été réalisés avec les propriétaires de noyeraies, dont 11 avaient opté pour la noyeraie double-fin, essentiellement dans le Diois, et 12 pour le verger, essentiellement dans les plaines de l'Isère. L'échantillon retenu visait à couvrir la plus grande diversité de situations agro-écologiques, de systèmes d'exploitation, et de pratiques culturelles dans les noyeraies. L'entretien concernait l'histoire de l'exploitation et de la propriété familiale, le calendrier du travail et les pratiques culturelles, les résultats économiques de la noyeraie et la commercialisation des produits (bois et fruits), les aides et avantages fiscaux à la plantation de noyers.

L'enquête de 1996 avait pour objectif de mettre en évidence les éléments intervenant dans le choix de l'option technique, en particulier la structure de l'exploitation, la structure et le niveau de patrimoine et de revenu des ménages, les motivations patrimoniales ou

esthétiques. Elle a été conduite dans le Diois exclusivement, pour éliminer les effets des caractéristiques agro-écologiques et de l'environnement institutionnel très différenciés entre le Diois et les plaines de l'Isère. Quarante-sept personnes ont été enquêtées, totalisant 94 parcelles et représentant la quasi-totalité des personnes ayant planté dans le Diois depuis 1983, date de démarrage du programme double-fin du CRPF. Le questionnaire, bâti sur les résultats de l'enquête 1995 était organisé en trois parties: la première relative aux parcelles plantées depuis 1983, la seconde concernant la structure de l'exploitation et la troisième décrivant les caractéristiques du ménage propriétaire, soit au total 85 questions concernant une soixantaine de variables. La variable à expliquer est la « hauteur de bille » considérée comme traduisant l'option technique choisie par l'exploitant (double fin : hauteur H3 > 2,50m, vergers de noix: hauteur H1 < 1,80m).

Dans le Diois, la hauteur de bille varie de 1,30m à 3,00 m. La hauteur de bille maximale fixée dans le cahier des charges du Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL) pour l'octroi des subventions à la plantation est de 1,80m (Taille basse : H1). La hauteur de bille minimale autorisée par le CRPF pour la subvention d'aide à la plantation du FFN est de 2,50m (taille haute : H3). Sur 47 planteurs enquêtés, totalisant 94 parcelles plantées depuis 1983, 17 ont opté pour la taille basse sur 30 parcelles, et 27 pour la taille haute sur 54 parcelles. Seuls 3 planteurs ont taillé à une hauteur intermédiaire (H2), sur 10 parcelles. Vingt-six planteurs ont planté plusieurs parcelles (jusqu'à 9 parcelles) sur la période considérée; parmi eux, 20 ont choisi la même hauteur de bille pour toutes leur parcelles. Les 6 autres ont pu néanmoins être classés comme planteurs de verger ou de double-fin dominant, au vu des réponses données aux questions concernant les produits prioritaires et la conduite de l'exploitation.

A/ PLANTEURS ET PLANTATIONS DANS LE DIOIS

A1. Typologie des planteurs

Les résultats suivants concernent les 44 planteurs ayant pris une option H1 ou H3 (Tabl.1). Tous les planteurs (sauf un) du groupe H1 sont agriculteurs à plein temps, et 3/4 d'entre eux ont une exploitation spécialisée dans les cultures pérennes (arboriculture, nuciculture ou viticulture). Par contre, 63% seulement des planteurs du groupe H3 sont agriculteurs à plein temps, parmi lesquels la moitié sont en polyculture-élevage. L'adhésion à

une coopérative de vente des noix et l'équipement en matériel de récolte et de post récolte sont deux fois plus fréquents pour le groupe des planteurs de vergers.

Compte tenu de la diversité des orientations technico-économiques des exploitations de la zone, le critère de la SAU n'a pas été pris en compte, car 1 ha de pâturage n'a pas du tout la même valeur et ne génère pas le même revenu que 1 hectare de vignoble en Clairette de Die.

Les deux groupes de planteurs, caractérisés par leur choix en matière d'orientation des noyeraies se différencient également par le niveau de leur revenu et de leur patrimoine agricole. Les planteurs de vergers ont des revenus supérieurs, un patrimoine agricole supérieur, et sont plus nombreux à annoncer une reprise certaine de l'exploitation que les planteurs de noyeraies double-fin, ce qui s'explique en partie par la spécialisation des exploitations du groupe H1 en cultures pérennes.

Nous avons identifié six types de planteurs, sur la base de leurs motivations principales, deux groupes ayant opté pour le verger de basse tige, et quatre pour le verger à double-fin. Leurs caractéristiques sont résumées dans le tableau 2 (DELANNOY 1997).

-1. Les planteurs plutôt jeunes du type 1 ont opté pour des vergers conduits en basse tige, dont ils attendent principalement un revenu monétaire dans le court terme en complément des revenus agricoles assez élevés, fournis par leur activité viticole ou d'élevage hors sol. Cinquante pour cent des planteurs de ce groupe n'ont pas été subventionnés, 20% pour des raisons de taille de la parcelle, 30% parce qu'ils préfèrent commercialiser la noix par vente directe, sans adhérer à un groupement de producteurs, ce qui est une des conditions d'octroi de la subvention ONIFLHOR. Ces planteurs se définissent eux mêmes comme des investisseurs, peu ou pas contraints financièrement, conduisant leur exploitation d'abord selon une logique d'entreprise.

-2. Les planteurs âgés du type 2, ayant un revenu modeste, ont également opté pour des vergers de noyers en basse tige. Mais ils en attendent un revenu complémentaire de leur retraite et assez stable, comparé à celui de la céréaliculture ou de l'élevage ovin. Davantage contraints financièrement que ceux du groupe 1, ils ont opté pour le verger en basse tige, sur des petites surfaces, et souvent sans subvention car ils préfèrent ne pas se lier à des groupements de producteurs et vendre par les négociants.

-3. Les viticulteurs du type 3, plutôt jeunes, disposant de revenus et d'un patrimoine assez élevés, ont choisi l'option double fin d'abord pour en retirer un revenu complémentaire de retraite. L'incitation financière de la subvention a été, pour eux, décisive dans le choix de l'option double-fin, voire même de planter des noyers.

-4. Les agriculteurs (nuciculteurs et éleveurs) du type 4, plutôt jeunes poursuivent plusieurs objectifs avec une plantation double-fin: revenus, constitution d'un patrimoine à léguer aux héritiers. La noix représente pour eux une part importante des revenus du ménage. Ayant déjà, au cours de leur vie professionnelle, bénéficié de la vente de billes de noyer plantées par les générations précédentes, ils sont sensibles à l'argument patrimonial du programme double-fin et conduisent leurs plantations avec un réel souci de production de billes de qualité.

-5. Les planteurs âgés du type 5, retraités de l'agriculture ou d'autres secteurs, ont opté pour la noyeraie double fin pour constituer un patrimoine à transmettre aux héritiers, et, pour certains d'entre eux, pour conserver une activité agricole minimale. Les revenus et niveaux de patrimoine des ménages sont très variables.

- 6. Enfin les agriculteurs plutôt jeunes, pour la plupart double-actifs, du type 6 ont comme motivation première l'amélioration du cadre de vie par la présence de "beaux arbres", conduits en haute tige (production d'aménités). Ils ont un niveau moyen de patrimoine privé et de revenu, mais la part agricole est très variable du fait de la double-activité de 75% d'entre eux.

A2. Des plantations de diversification et de faible taille

La taille des 94 parcelles plantées depuis 1983 est faible: 0,82 ha en moyenne, la médiane est à 0,77 ha. La plus grande parcelle fait 3 ha. D'après les entretiens que nous avons eus en 1997 avec quelques nuciculteurs de la zone, la faible taille des parcelles correspond à la structure du parcellaire dans le Diois. En cumulant les parcelles plantées la même année par un même planteur, on obtient 77 plantations annuelles cumulées. Les superficies cumulées sur l'année restent faibles : moyennes et médiane sont inférieures à 1 ha, et le maximum est toujours de 3 ha. Il n'y a pas de relation nette entre la taille des parcelles plantées et le niveau de revenu du planteur: on trouve des plantations de faible importance chez des planteurs disposant de revenus élevés, ainsi que l'inverse.

Sans tenir compte de la valeur du foncier, l'investissement pour la plantation, estimé au coût de 1996, varie de 10 000 F/ha en sec, à 18 000 F/ha en irrigué ¹. Du fait des faibles superficies plantées, pour 42% des planteurs, l'investissement de plantation est inférieur à leur revenu mensuel moyen de 1996. Pour estimer le poids de l'investissement auquel correspond la plantation d'une noyeraie, il faut aussi tenir compte de la longueur du délai d'entrée en production, qui varie de 8 à 15 ans environ. Dans le Diois, le coût d'entretien annuel d'une plantation non productive varie de moins de 500 F/ha (pour 27% des planteurs) à un peu plus de 3000 F/ha (pour 8% des planteurs) ². Cela s'explique à la fois par la taille réduite des jeunes plantations qui représentent moins de 10% de la SAU et par l'absence de traitement en conduite extensive, très répandue dans le Diois.

Ainsi, dans cette région, la plantation d'un verger ou en double fin ne représente donc pas, en général, un investissement lourd, mais plutôt une diversification du patrimoine du ménage. Ceci est dû à différents facteurs, notamment à l'incertitude et aux risques relatifs à la production de noix, et nous conduira à réaliser une évaluation au niveau de la parcelle plutôt qu'au niveau global de l'exploitation et du ménage, comme nous l'avions prévu initialement.

A3. Facteurs objectifs et subjectifs de la décision

A31. Délai escompté de mise à fruits

Les délais d'entrée en production annoncés par les planteurs sont donnés dans le tableau 3. Nous avons distingué les planteurs selon leurs choix techniques concernant l'irrigation et la nature de la plantation (verger fruitier ou plantation double fin), puisque ces deux paramètres ont un effet important sur la durée du délai de mise à fruit.

On compte 10 irriguants parmi les planteurs enquêtés, dont 5 en vergers et 5 en double fin. Ce résultat est surprenant dans la mesure où il est communément admis que la plantation double fin est extensive dans le Diois, et non irriguée. Néanmoins, rapportée au nombre de

¹ L'estimation du coût de plantation prend en compte le nombre de noyers, le coût unitaire du plant, celui de la greffe en tête pour les plantations de double fin, celui de la plantation et de la protection des jeunes arbres, enfin, le coût éventuel de l'installation de l'irrigation.

² L'estimation du coût d'entretien des jeunes noyeraies prend en compte le nombre de traitements sur le houppier des noyers, le désherbage sur le rang, la fertilisation et l'irrigation des noyers, le type d'entretien de l'espace intercalaire. Si cet espace est cultivé, le coût est considéré comme nul. La marge brute dégagée par la culture intercalaire sera prise en compte dans l'analyse de la trésorerie de court terme.

planteurs, l'irrigation est relativement plus fréquente chez les planteurs de vergers (29%) que chez les planteurs de double fin (19%).

Les réponses apportées par les planteurs concernant le délai de mise à fruits ne correspondent pas aux normes communément admises dans la région. En effet, on annonce généralement 5 ans de retard pour l'entrée en production des noyers double fin par rapport aux vergers. Or les écarts calculés sur la moyenne des réponses des planteurs sont de 2 ans pour les non irriguants, et 3 ans pour les irriguants. De même, les techniciens annoncent un écart de 2 ans entre plantations irriguées et non irriguées, et les réponses des planteurs donnent un écart nul pour les double-fin et de 2 ans pour les vergers (tabl.3).

Si l'on étudie la réponse de chaque planteur concernant le délai d'entrée en production, en référence aux indications des techniciens appuyées sur leurs observations dans la zone, la représentation du cycle de vie du noyer juvénile apparaît « optimiste » (délai plus court) pour 36% des planteurs, « pessimiste » (délai plus long) pour 7% seulement d'entre eux, et "réaliste" (délai similaires aux observations des techniciens) pour 57% d'entre eux, parmi lesquels on trouve principalement les planteurs expérimentés c'est à dire ayant déjà des noyeraies productives. Les optimistes se comptent principalement parmi les planteurs de double-fin, alors que les planteurs de vergers sont globalement réalistes (Fig 1). La connaissance relative au verger de haute tige double-fin semble avoir disparu avec l'orientation progressive des plantations vers le verger de basse tige.

A32. Rendement annuel moyen escompté en phase de pleine production fruitière.

Nous avons comparé les réponses des planteurs aux normes des techniciens pour le rendement moyen en phase de pleine production fruitière (Tabl.4).

La moyenne des résultats des planteurs est, dans tous les cas de figure, supérieure aux rendements annoncés par les techniciens. Bien que l'irrigation soit perçue comme un facteur de stabilisation plutôt que d'augmentation du rendement en noix, l'écart entre les rendements annoncés par les planteurs de double-fin irriguants et non irriguants est très important : 0.9t/ha. Par contre, le même écart pour les planteurs de vergers est comparable à celui annoncé par les techniciens : 0.1 t/ha.

A33. Anticipations sur la qualité et le prix du bois

Le critère jugé le plus important pour asseoir la qualité de la bille est le diamètre de la bille pour 56% des planteurs de double fin, et la longueur de la bille pour 26% seulement d'entre eux. Quarante-six pour cent des planteurs de double-fin sont incapables d'estimer la proportion de billes de sciage, de tranchage et de bois de feu qu'ils récolteront dans leur parcelle nouvellement plantée. Ils ne peuvent pas non plus donner de fourchette de résultats. Ils expliquent cela par l'existence d'aléas climatiques peu fréquents (gel), ou rares (tornade comme celle de 1997), mais qui peuvent endommager une plantation, voire la détruire. De même, 40% des planteurs de double-fin ne savent pas estimer le prix du bois à court terme (2-3 ans), faute de connaître les prix actuels car ils n'ont pas vendu de bille récemment, et 60% ne font pas de prévisions sur l'évolution du prix du bois dans le long terme (50 ans).

Globalement, les planteurs de double-fin sont donc dans une incertitude quasi totale concernant la valeur de leur récolte de bois d'oeuvre. De plus, ce revenu arrive bien au delà des prévisions que font les planteurs. On peut en conclure que ceux-ci ne font pas leur choix de plantation en se basant sur une valeur escomptée du bois. La production de bois d'oeuvre n'est donc pas prise en compte dans notre évaluation économique. Par contre, et le tableau 2 le montre, la motivation de transmettre un patrimoine est présente, et, même si les prix ne sont pas estimés, les planteurs pensent que le bois de noyer "aura toujours une valeur".

B/ EVALUATION ET COMPARAISON DES RESULTATS ECONOMIQUES

Pour comparer les modes de conduites entre eux, nous avons construit un ensemble de neuf cas représentatifs des modes de conduite observés, et nous avons évalué leurs résultats à partir des paramètres technico-économiques recueillis lors des enquêtes et validés par les techniciens du CRPF. Plus que les résultats absolus de ces calculs, ce sont les hiérarchies obtenues entre les modes de conduites qui seront analysées.

B1. Caractérisation des modes de conduite et simulation de leurs résultats techniques

Les neuf modes de conduite technique sont caractérisés à partir de 4 critères déterminants leurs résultats techniques :

- le premier critère est l'option verger (V)/double-fin (DF);
- le second est la densité de plantation des noyers: deux niveaux de densité ont été privilégiés : 80 arbres/ha, fréquent dans 27% des parcelles, et bien représenté tant dans les

vergers que dans les plantations double-fin; 64 arbres/ha, présent dans les plantations double-fin uniquement (44% des parcelles double fin enquêtées);

- le troisième critère est le niveau d'intensification de la conduite technique des noyers³.

Trois niveaux ont été retenus et décrits par 2 variables principales, le nombre de traitements sur le houppier, et l'emploi de fertilisant sur la ligne d'arbres :

- faible (noté "-"): <2 traitements par an, pas de fertilisation (DF uniquement);

- moyen (noté "o"): 2 à 4 traitements par an, pas de fertilisation;

- élevé (noté "+"): > 6 traitements par an, fertilisation (V uniquement);

- le quatrième critère est l'irrigation (noté "i").

Ces quatre critères influencent le déroulement du cycle de vie du noyer que nous décrivons par 3 variables: le délai de mise à fruits (DMF), le nombre d'années de production fruitière progressive, avant pleine production fruitière (nPFP), la durée de la phase de maturité fruitière (dPMF). Ils influencent aussi le niveau moyen de rendement en noix durant la phase de pleine production fruitière (Tabl.5). Nous avons introduit un écart moyen d'entrée en production de 6 ans, et une différence moyenne dans la durée de la phase de croissance (début de mise à fruit jusqu'à pleine production fruitière) de 6 ans également, entre verger et noyers double fin. Ces paramètres du cycle de vie de la noyeraie jeune ont été validés par les techniciens et des planteurs, lors de réunions de restitution de nos résultats.

On considère que, dans des conditions agro-écologiques analogues, à même conduite technique, et même densité, les plantations double fin et les vergers ont le même niveau de production fruitière en phase de maturité fruitière. Par ailleurs, les interactions agronomiques entre cultures intercalaires et croissance des noyers ou production fruitière sont mal connues, des planteurs, comme des techniciens et des chercheurs. La simulation des résultats technico-économiques des 40 premières années du cycle de vie des noyeraies ne prend pas en compte ces interactions. Les cultures intercalaires ne sont prises en compte que dans l'analyse de la trésorerie à court terme.

³ A ne pas confondre avec la densité de plantation (vergers à haute densité).

B2. Résultats économiques hors subvention

Afin de prendre en compte la nature des motivations à la plantation, révélée par l'enquête auprès des planteurs, l'évaluation économique repose sur plusieurs indicateurs, calculés à partir des résultats techniques simulés sur 40 années:

- à court terme : coût de l'investissement calculé hors subvention;
- à moyen terme, évolution de la trésorerie calculée jusqu'à l'entrée en production fruitière, hors culture intercalaire;
- à long terme, marge brute /ha calculée pour la période de pleine production fruitière;
- à long terme, présence ou absence d'un patrimoine de transmission, de revenu de retraite, selon l'âge à la plantation sans calcul de valeur.

Les résultats ont été calculés pour une parcelle carrée de 1 ha.

B21. Coût de l'investissement

Le coût de plantation a été estimé entre 8660 et 22633 F/ha selon la densité des noyers, le type de plants, greffés ou baliveaux, et la présence de l'irrigation. Le coût de l'irrigation est variable selon la technique utilisée. Pour simplifier nous avons pris un coût unique de 100F/arbre (Tabl.6).

Pour un même mode de conduite, l'installation d'un verger coûte 3000F/ha de plus que celle d'une plantation double-fin : cela provient du coût des plants (81F/plant greffé de 2 ans, contre 44 F/ pour les baliveaux des double-fin)

Les cultures intercalaires pratiquées dans la région sont le tournesol, le blé dur, le blé tendre, le lavandin sur les coteaux, la luzerne, ou des vergers fruitiers (pommes, poires, vigne). La rotation la plus fréquente est un tournesol suivi de 3 années de blé. En première année de plantation, on peut cultiver une bande intercalaire de 7 m de large. D'après les résultats départementaux relatifs aux cultures pures, et en prenant en compte la perte de surface dédiée aux noyers, on peut escompter une marge brute de 1500 à 2500 F/ha selon la nature de la culture intercalaire. Hors subvention, la culture intercalaire de première année ne couvre pas les coûts d'installation de la noyeraie, quel que soit le schéma d'installation.

B22. Trésorerie de court et moyen termes

A court terme, c'est à dire avant le début de production fruitière, les coûts d'entretien de la noyeraie jeune dépendent du nombre de traitements sur le houppier et de l'emploi d'engrais, utilisés sur les seuls vergers intensifs. Durant cette période, l'impact économique des cultures intercalaires (CI) est important, puisque leur présence permet de compenser les coûts d'entretien pour tous les itinéraires techniques sauf ceux qui sont intensifs (Tabl.7). Les calculs sont effectués avec une marge brute annuelle moyenne des cultures intercalaires de 2000 F/ha.

Les résultats calculés montrent l'intérêt économique de court terme du mode de conduite extensif, à coût d'entretien nul, qui génère, avec les cultures intercalaires des revenus non négligeables dès la deuxième année. Ce mode de conduite est fréquent dans le Diois.

A moyen terme, c'est-à-dire durant la phase de production fruitière progressive, les cultures intercalaires ont disparu, et le revenu issu des noix augmente progressivement. La conduite extensive génère toujours une trésorerie positive, au fur et à mesure que les noyers entrent en production. Il faut attendre la 9ème année dans les vergers et la 16ème année dans les plantations double fin pour avoir une trésorerie positive avec la conduite semi-extensive. Les modes de conduite intensifs coûtent cher durant cette phase, jusqu'à la 11ème année, où la marge brute devient positive.

B23. Revenu moyen en phase de pleine production

Faute de données sur les variations interannuelles de rendement en noix, nous n'avons utilisé que des paramètres de rendement moyen pour les calculs. Les résultats économiques obtenus par la simulation doivent être utilisés avec précaution, car le prix de la noix n'est pas stable. On peut cependant classer les modes de conduite par ordre de revenu annuel moyen croissant obtenu avec la production fruitière. Les calculs sont obtenus avec un prix moyen de 10F/Kg de noix sèches, déduction faite des charges de cultures, de récolte et de séchage. Le prix est le même pour les noix issues des vergers ou des double fin, ces derniers étant aussi greffés. Le rapport entre marge brute la plus faible (double fin extensif) et la plus élevée (verger intensif irrigué) est de 1.5 (tabl.8).

Nous comparons pour les modes de conduite semi-intensifs irrigués ou non, les écarts de trésorerie entre verger et double fin (Fig 2 et 3). Nous constatons que l'écart en faveur des vergers croît de 9 à 19 ans, puis décroît jusqu'à s'annuler vers la trentième année. L'irrigation

augmente légèrement l'écart en faveur des vergers, et avance de deux ans environ l'avantage des vergers (tracé en continu sur la figure 2). Ces différences dans le profil des marges brutes expliquent pourquoi des agriculteurs à titre principal vont préférer vraisemblablement la plantation de vergers à fruits plutôt que du double fin. Pour développer la plantation de vergers double fin, il faudrait mettre en place une prime compensatoire pour perte de revenu qui pourrait être modulée en fonction du temps. La possibilité d'appliquer l'exonération trentenaire d'impôt foncier aux vergers double fin permet de réduire l'écart de trésorerie, et constitue donc une incitation forte.

C/ QUELLES AIDES PUBLIQUES POUR INCITER A LA PLANTATION DOUBLE - FIN ?

C1. Principes généraux

Les incitations publiques sont destinées à orienter la décision du propriétaire foncier. Les incitations portent selon les cas sur l'allègement de l'investissement initial ou des charges d'entretien (primes compensatoires pour perte de revenu, exonération de l'impôt foncier). Dans certaines conditions, des allègements d'impôt sur les successions peuvent être concédés (type amendement Serrot-Monichon). Une politique est constituée par un ensemble d'incitations et un ensemble de critères d'éligibilité relatifs à la plantation et au planteur (Annexe 1). Le principe qui a guidé la conception de ces incitations est la spécialisation, en vergers à fruit d'un côté, et plantations de type forestier de l'autre. Il implique en principe l'exclusion mutuelle de la production de bois et de la production de fruit. La simulation des différents modes de conduite montre que le coût d'un ha de verger est supérieur au coût d'un ha de double fin principalement à cause de la différence de densité et du prix des plants. Dans certains cas, les subventions accordées peuvent inverser ce classement, selon les caractéristiques du planteur (Tabl.9). Les planteurs âgés, ou non engagés dans un Plan d'Amélioration du Matériel (PAM) ont tout intérêt à se diriger vers l'option double-fin, assortie d'une subvention du FFN. Pour les jeunes, l'ONIFLHOR accordent une aide à la plantation plus avantageuse, qui annule la charge de l'investissement initial.

C2. Contexte local

La diminution importante, depuis les années soixante, des volumes de bois sciés (environ 50 %) liée au remembrement, à la reconversion des noyeraies vers la spécialisation

fruitière, ainsi qu'à la destruction des noyers par les tempêtes et le gel, a entraîné la disparition des scieries. Cette régression des volumes n'a pas été compensée par le développement de la production de bois issue des plantations spécialisées en noyers hybrides, qui restent confidentielles. Les techniciens forestiers se sont vite aperçus que la noyeraie spécialisée à bois ne pouvait apporter de solution au problème de la disparition des plantations dans les conditions pédo-climatiques du Diois. Le noyer est en effet un arbre relativement exigeant en eau, en particulier entre juin et septembre et supporte assez peu la concurrence. Pour éviter que les plantations réalisées ne disparaissent après quelques années, il fallait donc trouver une solution qui garantisse leur entretien régulier sur l'ensemble du cycle. Pour cela, la production de noix semble le moyen d'intéresser les générations futures de propriétaires. C'est la raison pour laquelle le CRPF a mis en place, à partir de 1983, un programme de relance de la plantation de vergers à double fin. Ce programme d'incitations existe donc depuis 15 ans, et permet chaque année la plantation d'une dizaine d'hectares. L'existence d'une politique incitative alternative à celle de l'ONIFLHOR constitue une condition favorable à l'étude de l'impact des incitations et de leur mode de gestion sur la décision des planteurs.

C3. Des incitations globalement efficaces

Sur 94 parcelles, 51 ont été subventionnées par le FFN, 16 par l'ONIFLHOR et 27 n'ont pas été subventionnées. Lors de l'enquête, les planteurs n'ont pas été interrogés sur les causes pour lesquelles leur plantations n'ont pas été subventionnées, mais l'observation des données suggère les raisons suivantes: certaines parcelles sont de taille trop petite pour être éligibles pour les subventions notamment FFN. Les planteurs de vergers retraités ne peuvent recevoir les subventions de l'ONIFLHOR. Les arbres sont parfois taillés à des hauteurs qui ne sont acceptées ni par l'ONIFLHOR, ni par le FFN. Enfin, pour recevoir la subvention de l'ONIFLHOR, il faut s'engager à adhérer à un groupement de producteurs, ce que certains planteurs refusent, suite aux difficultés enregistrées par plusieurs coopératives nucicoles locales ces dernières années.

Excepté un cas pour lequel la parcelle plantée correspond à l'unique parcelle détenue par le planteur, donc à 100% de la superficie totale, dans tous les autres cas, les surfaces plantées annuellement correspondent à une très faible partie de la SAU, moins de 13% pour plus de 90% des cas. Si l'on étudie la part relative des noyeraies dans la SAU, sur les 13 dernières années, c'est-à-dire la contribution des parcelles plantées à l'importance des

noyeraies dans la SAU totale (Figure 4), on constate que pour 38 planteurs sur 44 (soit 9/10), la part des noyeraies dans la SAU totale reste inférieure à 30% après plantation. Pour ces planteurs là, on peut considérer que les plantations des années 1983 à 1996 sont des investissements de diversification qui n'affectent pas profondément la structure de l'exploitation. Mais de plus, ces exploitations ont un taux de vergers productifs inférieurs à 20 %, ce qui montre bien que les plantations effectuées contribuent à créer une nouvelle génération de vergers.

C4. Une Prime Compensatoire pour Perte de Revenu (PCPR) ?

L'étude des différents modes de conduite dans le Diois a mis en évidence des profils de production, de coûts et de revenus très décalés dans le temps, entre vergers et plantations double-fin, quel que soit leur mode de conduite. Pour inciter au choix d'une option double-fin, il faut donc proposer une Prime Compensatoire et/ou une exonération fiscale qui comblerait l'écart de trésorerie durant les années où, à même mode de conduite, le verger fruitier produit déjà, alors que la plantation double-fin ne produit toujours rien. (Fig 2). Cependant, dans cette voie, la question qui se pose est celle du revenu de référence: s'agit-il de celui de la production agricole, et laquelle, ou celui de la production de fruit? L'écart des marges brutes peut être très important, puisque la marge brute moyenne de la région agricole est de 3000 F/ha, alors que la marge brute en période de production d'un verger de noyer est de 10000 F/ha. Comme les cultures intercalaires peuvent être pratiquées pendant 7 à 8 ans après la plantation, la nécessité d'une prime compensatoire ne devient évidente qu'entre la fin de cette période et la 31ème année. A ce moment, en effet, l'écart entre les marges brutes s'annule. En combinant, au cours de cette période, exonération de l'impôt foncier et prime compensatoire à hauteur de la marge brute des cultures intercalaires, on obtiendrait un système incitatif efficace ⁴ (HOUSSARD 1998).

CONCLUSION

L'étude des planteurs de noyers du Diois confirme dans un premier temps la multiplicité des objectifs qui sous-tendent la décision de planter et le choix de l'option verger ou double-fin. Ce résultat, issu de l'analyse des cycles de vie superposés de la plantation et du planteur, n'est pas étonnant en soi, mais il nous conduit à remettre en question le critère d'évaluation fondé sur la valeur nette actualisée de l'ensemble des produits (cultures annuelles,

fruits, bois) (TERREAUX et *alii* 1990). Le principe de l'actualisation suppose en effet une capacité de gestion inter-temporelle des revenus sur la période de l'actualisation, ce qui n'est pas le cas pour des noyeraies dont le bois se récolte à la seconde ou à la troisième génération selon l'âge du planteur. Pour répondre à cet argument, on pourrait envisager une évaluation qui ne prennent pas en compte la valeur du bois d'oeuvre, parce qu'il sort de l'horizon de planification du décideur (MASSON 1995). Cela correspond assez bien à la situation réelle des planteurs qui prennent leur décision dans un contexte d'incertitude très grande concernant la valeur du bois à récolter à un horizon de 70 ans. Et c'est ce que nous avons fait. Mais nous avons aussi préféré nous en tenir à des critères quantitatifs de court et moyen termes (investissement, trésorerie), ne faisant pas intervenir le principe de l'actualisation, et un critère qualitatif de long terme sur la nature des fonctions de la noyeraie au cours de son cycle de vie.

La comparaison de ces critères pour le verger et la plantation double-fin pour plusieurs modes de conduite montre l'avantage de la conduite extensive que l'on observe sur les plantations double-fin uniquement. Lorsqu'elles sont subventionnées par le FFN, elles demandent un investissement initial modeste et sont peu coûteuses en intrants. Elles correspondent à la stratégie de constitution d'un patrimoine à faible coût, générant un revenu assez faible avec la noix, mais dont on espère qu'il sera suffisamment incitatif pour les héritiers de seconde génération qui devront maintenir ce patrimoine. Actuellement, le programme du CRPF, expérimental, s'appuie principalement sur l'aide à la plantation et semble bien adapté aux planteurs âgés ou sans succession, mal subventionnés s'ils choisissent l'option verger, et qui choisissent la conduite extensive avec un objectif patrimonial dominant. Si le programme attire aussi des jeunes agriculteurs, c'est parce qu'ils sont particulièrement sensibilisés à la valeur patrimoniale de la noyeraie de haute tige, tant à l'échelle privée que régionale. Ce sont de plus des agriculteurs peu contraints par la liquidité. Pour attirer vers le double fin des agriculteurs plus jeunes, à la recherche de revenus de court ou moyen terme, d'autres montages incitatifs doivent être envisagés. Une prime compensatoire pour perte de revenu entre la 7^e et la 31^{ème} année pourrait être adaptée aux particularités technico-économiques du mode de conduite en double fin.

Enfin, l'étude du noyer double-fin suggère de raisonner de façon plus nuancée le conseil en production fruitière, exclusivement orienté vers la productivité à court terme, et qui s'accompagne d'un raccourcissement de la durée de vie du verger. Une réorientation du conseil

⁴ La PCPR à 1000F/ha pour un agriculteur, et 500F/ha dans les autres cas, pendant 10 ans.

passant par une modification des cahiers des charges, assortie d'un soutien pour compenser le retard de mise à fruit, devrait cependant veiller à assurer une production de bois de qualité actuellement fondée sur la couleur du bois (donc son âge), le diamètre et la longueur de la bille. Bien évidemment, ces propositions restent conditionnées par les orientations globales de la politique agricole. Si l'enjeu est localement important, il n'en reste pas moins relativement faible au regard des autres enjeux de la politique agricole et de la politique forestière, et ceci peut constituer un atout de réussite d'une politique visant au développement d'une production de bois précieux.

REFERENCES

- CHARLOT, G., GERMAIN, E., 1998, *Le Noyer*, Nouvelles techniques, Paris, CTIFL, 207 p.
- DURY, S., LIFRAN, R., MARY, F., 1997, L'arbre dans la gestion patrimoniale des ménages ruraux à Java Ouest. de l'approche pluridisciplinaire à la modélisation économique, in *Dynamique des Systèmes Agraires, Thème et Variations*, collection Colloques et Séminaires, ORSTOM Editions, Paris, 1997, pp. 219-238
- DELANNOY, E., 1997, *Fonctions économiques des arbres à bois précieux: la noyeraie du Diois, du revenu...au patrimoine*, Montpellier, CNEARC, mémoire de fin d'études, 33 p., Annexes
- HOUSSARD, C., 1998, *Eléments sur les incitations pour une gestion durable des forêts*, Montpellier, INRA, ESR, Série Notes et Documents n° 105, 102p
- IDF, 1983, *Les noyers à bois*, Paris, 2^e édition, 132 p.
- LIFRAN R., 1998, *Integrating amenities and liquidity constraint into afforestation decision-making by private property owners: a dual approach*, in « Public perceptions and attitudes of forest owners towards forest in Europe », INRA-FERMAT Montpellier, CEMAGREF Editions, Antony (France), pp. 185- 203.
- MARY, F., DELANNOY, E, DUPRAZ, C., LIAGRE, F., , 1999, *Incorporating agroforestry practices in the management of walnut plantations in the Dauphiné Province of France : an analysis of farmers motives*, in *Agroforestry Systems*, N° spécial actes de l'atelier international, à paraître en 1999, Dordrecht, Pays-Bas.
- MASSON A., 1995, *Préférence temporelle discontinue, cycle et horizon de vie*, in : *Le modèle et l'enquête. Les usages du principe de rationalité dans les sciences sociales*, Editeurs VARET L.A.G. et PASSERON J.L., Edition EHESS Paris (France), pp. 325-400.
- TERREAUX, J.P., MOREAUX, M., FRAYSSE, J., 1990, *Actualisation et gestion forestière*, INRA, cahiers d'économie et Sociologie rurales, N° 15-16.

ANNEXE 1 : REGIME DES SUBVENTIONS

1. Subventions à la plantation de vergers

Pour encourager la production fruitière et essayer de faire face à la concurrence étrangère (Californie), l'ONIFLHOR subventionne de façon importante les nouvelles plantations. Pour y avoir accès, les exploitants doivent remplir un certain nombre de conditions :

- Etre agriculteur (inscrit à la MSA),
- Adhérer à un groupement de producteurs reconnu,
- La surface minimum de plantation doit être de 50 ares pour une parcelle nouvellement plantée et de 25 ares en extension de verger,

• Planter et conduire la plantation selon les normes du CTIFL, quelles que soient les conditions pédo-climatiques et la variété des plants :

- Installer les variétés CTIFL (Franquette, Mayette, Parisienne (pour les variétés AOC), Lara, Hartley),
- Les noyers doivent être greffés au pied et les pieds doivent faire 1,50 m à la plantation, avant rabattage (les noyers double fin ne peuvent donc pas prétendre à la subvention ONIFLHOR),
- Tailler les noyers en gobelet ou en axe structuré,
- La densité de plantation doit être comprise entre 70 et 150 arbres par hectare,
- La hauteur du tronc doit être de 1,00m à 1,80m au maximum
- Les C.I. sont tolérées pendant six ans avec une bande d'entretien de part et d'autre de la ligne de noyers de 2 m minimum.

La surface de plantation pouvant bénéficier d'une subvention est limitée.

Le plafond est fixé à :

- 2,5 ha/an si l'exploitant est au forfait
- 5 ha/an si l'exploitant est au bénéfice réel simplifié
- 7 ha/an si l'exploitant est au bénéfice réel,

sur une durée maximale de 3 ans, soit au total 7,5 ha, 15 ha ou 21 ha.

Le montant des subventions varie selon l'âge de l'exploitant et selon qu'il est ou non titulaire d'un Plan d'Amélioration du Matériel (tabl.10).

Montant des subventions ONIFLHOR.

	Titulaire d'un PAM Jeune Agriculteur	Titulaire d'un PAM aîné	Exploitant hors PAM Jeune Agriculteur	Exploitant hors PAM aîné
Plantation traditionnelle	20 000	15 000	15 000	11 300

2. Subventions à la plantation de noyeraies à bois ou double fin.

Les noyeraies à bois et les noyeraies double fin peuvent bénéficier des aides à la plantation du FFN. Comme dans le cas des plantations fruitières, l'attribution des subventions est conditionnée par un certain nombre d'éléments :

- La superficie minimale des flots de boisement ou de reboisement doit être de 0,50 ha ou 50 arbres d'un seul tenant.
- Les plants de noyer commun non greffé ou d'hybride doivent être âgés de 1 à 2 ans (plants de semis) ou de 3 ans (plants repiqués) et pris chez des pépiniéristes agréés par le FFN.
- Les densités comprises entre 100 et 200 tiges par hectare.

Pour des projets d'une superficie comprise entre 0,5 et 10 ha, les aides sont données sous forme de bons subvention correspondant à des subventions en nature (fourniture des plants à 100% pour les noyers communs et 50% pour les hybrides,).

A partir de 5 ha, les plantations de noyers (ou peupliers) peuvent recevoir une aide sous forme de subvention principale en espèces ou d'un prêt en numéraire couvrant entre 20 et 50% du devis des travaux HT.

A partir de 88, ces subventions ont pu être complétées par des aides communautaires (fonds FEOGA) dans le cadre des différents plans de développement :

Plan Intégré Méditerranéen (PIM) de 88 à 92,

Plan de Développement des Zones Rurales (PDZR) de 92 à 95,

Plan de Développement Rural (PDR) de 95 à 99,

pour atteindre jusqu'à 95% du montant TTC des frais de plantation. Actuellement, l'ensemble des aides couvrent 85% du coût TTC de plantation.

L'effet du régime actuel de subvention n'est pas sans incidence sur la quote part payée par un planteur subventionné.

3. Prime compensatoire et exonérations fiscales

Les parcelles plantées en noyers noirs ou hybrides, et donc pour un objectif de production de bois, ayant une superficie minimum d'un hectare d'un seul tenant, peuvent bénéficier de la prime au boisement des terres agricoles (décret 88/1049 du 18/11/88). L'aide de 1000F/ha/an sera versée pendant dix ans. Cette prime est cumulable avec les subventions à la plantation du FFN. Mais cette mesure ne concerne pas les plantations de verger à double fin.

Les noyeraies à bois peuvent bénéficier de l'exonération trentenaire de l'impôt sur le foncier non bâti, accordée par l'état dans la mesure où la densité est supérieure à 65 arbres par hectare. Tant qu'elle n'est pas greffée, une plantation de noyer double fin peut donc être considérée comme une noyeraie à bois et bénéficier de l'exonération trentenaire. Le système d'exonération fiscale n'est pas sans générer quelques conflits dans le Diois. Nous avons pu constater lors de nos enquêtes que certains nuciculteurs trouvent inadmissibles que les planteurs de double fin perçoivent des subventions jusque là réservées aux noyeraies à bois alors qu'ils produisent des noix et, fait plus grave encore, que ces plantations soient souvent déclarées comme reboisement et bénéficient ainsi de trente ans d'exonération. Ces dizaines d'hectares de noyeraies vont, selon eux, finir par entrer en production et inonder un marché de la noix fragile, non préparé, ces surfaces de « vergers » n'étant, selon ces nuciculteurs, recensées nulle part. Il est vrai que le Diois est une petite région, que la filière noix rencontre, depuis quelques années, certaines difficultés et que, dans ce contexte, quelques nuciculteurs supplémentaires font figure d'épouvantail mais lorsqu'on compare le volume de production que les noyeraies double fin peuvent représenter, au volume total des importations en provenance des Etats Unis (environ 15000 tonnes /an), ces critiques apparaissent vite comme un faux procès. A noter par ailleurs que pour tous types de noyeraie confondus, on peut estimer qu'une noyeraie sur deux est déclarée au cadastre⁵. S'il est aujourd'hui difficile d'avoir une bonne estimation de la surface en noyeraie, il ne semble pas que cela soit dû uniquement aux plantations double fin.

⁵ En déclarant sa noyeraie en culture, l'agriculteur paie, d'une part, moins d'impôts d'autre part, moins de cotisations sociales (calculées en partie sur le revenu cadastral) et enfin peut bénéficier des primes de la PAC.

Tableau 1 : Caractères distinctifs des planteurs selon le type de plantation

caractéristiques des planteurs	H1: planteurs de vergers	H3 : planteurs de double-fin
double - actifs ou non agriculteurs	6%	37%
fréquence d'expl. spécialisées cultures pérennes	75 %	50 %
Récolte mécanisée	100%	66%
Équipement post-récolte	58%	22%
Adhérent d'une coopérative nucicole	47%	22%
Revenus annuels < 120 000F	47%	67%
Patrimoine agricole >1000000F	64%	34%
Reprise certaine de l'exploitation	29%	18%

Tableau 2: caractéristiques des groupes de planteurs et motivations principales

option de plantation	verger basse tige		double-fin			
	revenus	revenus et retraite	retraite	revenus et patrimoine	patrimoine	recherche d'aménités
Motivations principales						
âge moyen au moment de l'enquête	42 ans	64 ans	43 ans	43 ans	68 ans	42 ans
taux de propriété dans la SAU	50 %	75 %	60 %	80 %	90 %	> 90 %
SAU noyeraie	> 6 ha	4,2 ha	2,5 ha	5,5 ha	3,2 ha	1,5 ha
% noix dans le revenu	10 %	25 %	< 5 %	25 à 95 %	peu de données	< 5 %
activité principale	viticulture	retraité	viticulture	élevage nuciculture	retraité	agriculteur double-actif
Effectifs	10	7	6	5	8	8

Tableau 3: Moyenne des délais de mise à fruits (en années) anticipés par les planteurs en fonction de leurs choix techniques

Modes de conduite	H1		H3		Total
	Effectif de planteurs	délai d'entrée en production	Effectif de planteurs	délai d'entrée en production	Effectif de planteurs
Non irriguants	12	9.8	22	11.6	34
Irriguants	5	8.0	5	11.0	10
Total	17		27		44

Tableau 4 : Moyenne des rendements moyens escomptés par les planteurs et fourchettes de rendements annoncés par les techniciens.

Rendement (t/ha)	Moyenne des rendements moyens annoncés par les planteurs		Fourchettes de rendements moyens annoncés par les techniciens	
	verger	double-fin	verger	double-fin
Type de plantation				
non irriguée	1.76	1.40	1.2 à 1.4	0.98 à 1.2
irriguée	1.90	2.33	1.3 à 1.5	1.33

Tableau 5 : Résultats techniques simulés pour 9 modes de conduite

Option	DOUBLE-FIN					VERGER			
	64		80			80			
densité de noyers /ha	faible	moye n	faible	moye n	moyen	moye n	moye n	élevé	élevé
niveau d'intensification	non	non	non	non	oui	non	oui	non	oui
irrigation	non	non	non	non	oui	non	oui	non	oui
DMF (ans)	15	15	15	15	13	9	7	7	7
nPFP (ans)	15	15	15	15	15	9	9	8	7
dPMF (ans)	40	40	40	40	42	22	24	25	25
production moyenne en PMF (t/ha)	0.9	1.1	1.1	1.4	1.5	1.4	1.5	1.6	1.8
Nom du mode de conduite simulé	DF-64	DF*64	DF-80	DF*80	DF*180	V*80	V*180	V+80	V+180

Tableau 6 : Coût d'installation des noyeraies, hors subvention (F/ha)

densité (arbres/ha)	64	64	80	80	80
niveau d'intensification	faible	moyen	faible	moyen ou élevé	moyen ou élevé
irrigation	non	non	non	non	oui
double fin	8660	9740	10329	11679	19679
verger				14633	22633

Tableau 7 : Evolution de la trésorerie avec cultures intercalaires, pour 9 itinéraires techniques, avant l'entrée en production fruitière.

Nom du mode de conduite modélisé	DF-64 ou DF-80	DF°64 ou DF°80	V°80	DF°i80	V°i80	V+80	V+i80
DEP (ans)	15	15	9	13	7	7	7
Durée des cultures intercalaires (ans)	8	8	6	8	6	6	6
Nombre d'années de trésorerie négative (ans) et montant (F/ha)	0	7 700	3 700	5 1000	1 1000	1 1860	1 2000
Nombre d'années de trésorerie positive (ans) et montant (F/ha)	8 2000	8 1300	6 1300	8 1000	6 1000	6 140	0
Nombre d'années de trésorerie nulle (ans)	7	0	0	0	0	0	6

Tableau 8 : Marges brutes issues de la production de noix par mode de conduite .

Mode de conduite simulé	DF-64	DF°64	DF-80	DF°80 et V°80	DF°i80 et V°i80	V+80	V+i80
Marge brute annuelle moyenne (F/ha)	6970	7500	8520	9480	9720	10280	10520

Tableau 9 : Investissement à la charge du planteur selon le régime de subvention et la situation du planteur (âge et engagement dans un PAM)

Mode de conduite	DF-64	DF°64	DF-80	DF°80	V°80 ou V+80	DF°i80	V°i80 ou V+i80
Type de subvention	FFN	FFN	FFN	FFN	ONIFLHOR	FFN	ONIFLHOR
Montant moyen (F/ha) à charge du planteur	-1120	-1278	-1320	-1518		-9518	
Jeune et PAM					+367		2-2633
Jeune ou PAM					-3383		-7633
Non jeune et non PAM					-6158		-11333

Figure 1 : Classement des planteurs en fonction de leur perception du cycle de vie du noyer juvénile

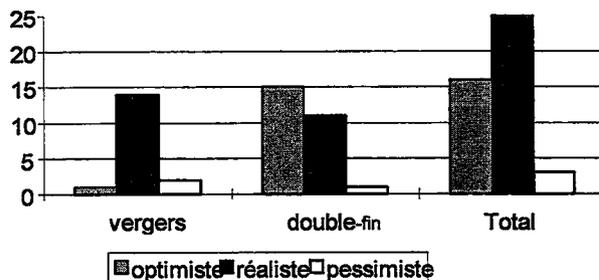


Figure 2 : Evolution de la marge brute des noyeraies semi-intensives non irriguées

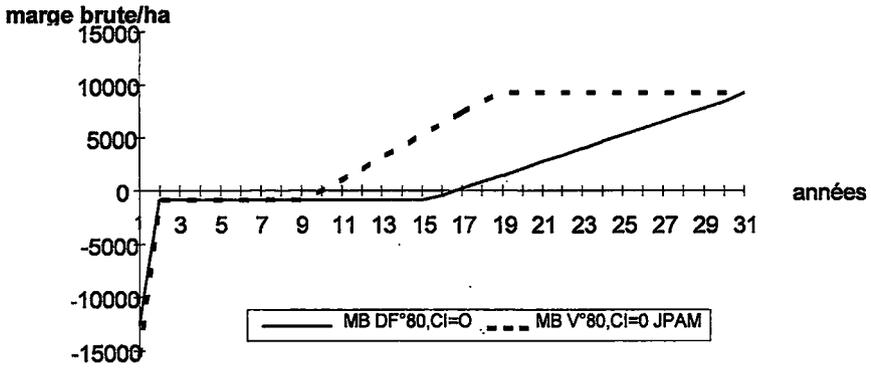


Figure 3 : Ecart de marge brute entre noyeraie fruitière et noyeraie double-fin, avant pleine production

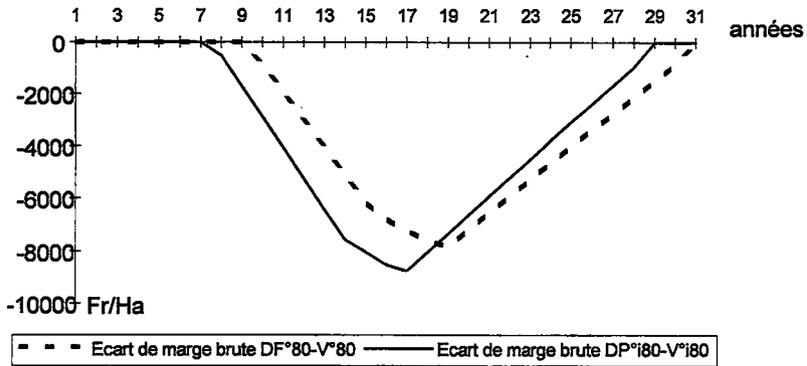
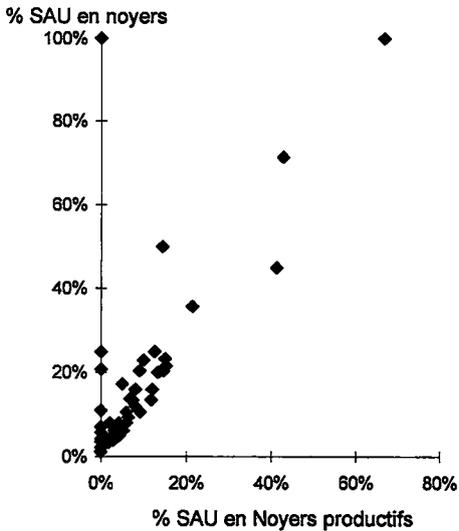


Figure 4 : Progression de la part en noyers dans la SAU, après plantation



Compétition pour l'azote entre arbre et herbe dans des plantations de noisetier (*Corylus avellana* L.) et de merisier (*Prunus avium* L.)

F.X. DE MONTARD¹, P. BALANDIER², H. RAPEY², F. LUCOT², J.P. DROUOT¹
COLLABORATION TECHNIQUE : R. DELPY, P. MASSEY, A. MARQUIER, F. LANDRE

¹ Unité d'agronomie, INRA, 234 av du Brézat, 63039 Clermont-Ferrand

² Unité de Recherche Forêt et Agroforesterie, Cemagref, 24 av. des Landais, BP 50085, 63172 Aubière cedex

RESUME

La culture d'arbres forestiers à bois précieux à faible densité dans des prairies pâturées fait l'objet de recherches et de mises au point techniques depuis une dizaine d'années en France et en Europe de l'Ouest. Elle concerne surtout la période d'installation et de formation des arbres et leur protection contre la dent des herbivores. Le présent article traite de la nutrition azotée de l'herbe et de l'arbre, associés ou en culture pure, pour identifier d'éventuels effets de compétition ou d'amélioration pour l'absorption de l'azote. La nutrition azotée de l'herbe dans la plantation se révèle peu sensible à la proximité des arbres; toutefois, dans un site venté, la présence des arbres crée un microclimat favorable à une meilleure nutrition. Dans des plantations à faible densité, noisetiers et merisiers ont montré un net fléchissement de leur nutrition azotée en présence d'herbe faiblement ou pas fertilisée, en comparaison d'arbres maintenus sans herbe depuis la plantation ou désherbés récemment. Des relations fortes ont été établies entre les croissances annuelles en circonférence des arbres et le rapport "*teneur azotée foliaire pondérale / potentiel hydrique*".

SUMMARY

Tree-on-pasture plantation and management for quality timber are studied in France and Western Europe from ten years about. Studies have mainly concerned tree establishment, protection, thinning and pruning during early growth. This article concerns the effect of adult trees (*Corylus avellana* and *Prunus avium*) and grass

association on nitrogen nutrition of both canopies, as to compare to monocrops. N nutrition level of the intercropped grass was not affected by the distance from the tree, no matter the light transmission rate was. However, due to increasing windspeed from inside to outside the plantation, grass N nutrition was frequently lower on the monocropped grass. Tree N nutrition suffered the presence of grass while the light transmission rate at grass level was more than 65%, amount of broadcasted N fertilizer less than 25 kg ha⁻¹ and localised N absent. Girth growth of both species were closely related to the ratio "Leaf N content per unit of weight / pre-dawn water potential".

Keywords : Tree, grass, pre-dawn water potential, nitrogen nutrition, tree growth, potential growth diagnosis

INTRODUCTION

La production de bois d'oeuvre et d'herbe sur la même parcelle est un moyen potentiel de diversification dans l'utilisation des terres des exploitations d'élevage ovin ou bovin; elle permettrait une meilleure conciliation des intérêts de l'éleveur et du propriétaire terrien dans les régions où la friche (pour la chasse) ou le boisement constituent des alternatives fortes à la continuation de l'activité d'élevage. Ce type de plantation est envisagé à faible densité (150 à 400 tiges par ha); le pâturage limite les frais d'entretien du sous-bois, permettant une circulation aisée, facilitant le suivi des arbres et la protection contre l'incendie, et créant un paysage agréable de parc (Guitton et al., 1994; Etienne, 1996; Sibbald, 1996).

En France, la recherche sur la croissance et la production des arbres et de l'herbe en culture associée a commencé en 1988 en Auvergne (Guitton et al., 1991) et en Languedoc (Dupraz et Lagacherie, 1990). En Auvergne, les expérimentations concernent principalement le merisier, le frêne, l'érable sycomore et le noyer. Cependant, pour permettre d'analyser les interactions aériennes (transmission de la lumière et des précipitations) et racinaires (alimentation en eau et en azote) entre arbre et herbe avec des arbres plus avancés en âge et faciliter les observations, on a d'abord utilisé des plantations de noisetiers (1991-1993; 1995-1998). En 1997 et 1998, les observations ont été étendues à des merisiers plantés depuis dix ans dans une prairie permanente (Lucot 1997; Drouot 1998).

La production d'herbe en fonction du taux de transmission de la lumière a été montrée régulièrement croissante en climat tempéré humide (Sibbald, 1996; Knowles et al., 1997) ; elle suit une courbe à maximum (pour un taux de 60 à 90%) en climats méditerranéens (Msika, 1993; Qarro et De Montard, 1992). En climat tempéré, De Montard et al. (1998) ont montré que la production d'herbe d'une prairie de dactyle cultivée sous noisetiers, avec et sans irrigation, pouvait être exprimée en fonction de l'état reproducteur ou végétatif, en interaction avec quatre facteurs climatiques dominants: le rayonnement transmis, le bilan hydrique, la température et le déficit de saturation de l'air.

Très tôt, la comparaison d'arbres sans ou avec désherbage sur une surface de 1,5 m² localisée au pied a montré la rigueur de la compétition exercée par l'herbe sur les jeunes arbres (Balandier et al., 1997). Le gain de croissance est lié à une meilleure alimentation en eau (Lucot 1997; De Montard et al., 1997); simultanément, la nutrition azotée de l'arbre est améliorée (De Montard et al., 1998). L'absorption d'azote a lieu à partir du pool minéral constitué des apports minéraux en surface et de l'azote minéralisé dans les horizons organiques, principalement dans l'horizon supérieur (Triboï, 1987).

Le présent article étudie la nutrition azotée de l'arbre et de l'herbe en association, comparés à l'arbre en sol désherbé et à la prairie non plantée. L'objectif est de tester les hypothèses concernant le poids respectif de la compétition et de l'amélioration de la nutrition azotée des partenaires dans l'association et ses conséquences sur la croissance des arbres.

Dans les pâturages boisés non fertilisés, le bilan azoté de l'herbe est amélioré par la présence de l'arbre, soit directement en fonction du recyclage de la litière de feuilles et à la mesure de l'amélioration de la porosité et de la capacité de rétention du sol sous la couronne (Joffre, 1987), soit indirectement par concentration des déjections des herbivores recherchant l'abri (Belsky et al., 1993).

Les expérimentations entreprises en Auvergne visent à tester trois hypothèses, H₁ à H₃, concernant la nutrition azotée de l'herbe et de l'arbre et ses conséquences sur la croissance de l'arbre et la production d'herbe:

- H1 : L'amélioration de la fertilité azotée du sol et de la productivité des herbacées sous l'arbre a été montrée sous des climats à bilans hydriques fortement déficitaires; nous posons l'hypothèse qu'en climat tempéré la nutrition azotée de l'herbe est modifiée par la présence de l'arbre non fixateur d'azote atmosphérique de façon variable, en relation avec la sévérité des contraintes hydriques et l'intensité des apports azotés extérieurs;

- H2 : La nutrition azotée de l'arbre est, indirectement, fortement affectée par la compétition hydrique qu'exerce l'herbe dans l'horizon supérieur, le plus riche en azote minéral, réduisant ainsi la quantité d'azote transportée par le flux hydrique. Nous posons l'hypothèse que l'herbe exerce aussi une compétition directe pour la nutrition azotée de l'arbre;

- H3 : Dans un article précédent (De Montard et al., 1998), nous avons montré l'importance de la compétition pour l'eau pour la croissance de l'arbre et la production de l'herbe dans l'association. Nous posons l'hypothèse d'une co-limitation par l'alimentation en eau et le niveau nutritionnel azoté *a contrario* de l'hypothèse d'un facteur limitant unique, l'eau.

MATERIELS ET METHODES

Trois expérimentations ont permis de tester ces hypothèses :

Expérimentation 1

La production de matière sèche et la nutrition azotée de l'herbe, soumise ou non à la présence d'arbres, ont été étudiées de 1991 à 1993 dans un petit verger constitué de trois rangées de noisetiers adultes plantées est-ouest en quinconce (6 m sur la ligne, 4.5 m entre les arbres les plus proches sur deux lignes différentes) sur le domaine INRA de Mondésir à Clermont-Ferrand (63). Le sol du site est argilo-calcaire (terre de Limagne), avec une nappe d'eau profonde vers 2.5m. La pluviométrie annuelle est de 550 mm et la température moyenne annuelle de 10.5 °C.

Ce verger a été semé en dactyle, cv *Lutetia*, en avril 1990. Le dispositif a été

complété par un semis hors de la plantation d'arbres pour constituer un témoin "herbe à découvert". Une moitié du dispositif a été irriguée à saturation des besoins en eau en 1991 et 1992 (split-plot) par une série de micro-tubes disposés en peigne et percés de multiples trous de 1 mm; l'autre moitié ne recevait que les précipitations naturelles.

Des apports azotés (ammonitrate) calculés sur le potentiel de croissance saisonnière (durée du jour et état physiologique, reproducteur puis végétatif) ont été épandus en couverture au 1^{er} mars puis après chaque coupe (60, 50, 40, 40 et 40 kg ha⁻¹). Des surfaces carrées de 50 cm de côté ont été récoltées 5 fois par an aux distances 0.75 et 3 m des troncs dans la plantation ou en lisière et hors plantation. Ces surfaces récoltées ont été réparties régulièrement de la ligne d'arbres au nord jusqu'à la lisière au sud de façon à réaliser un gradient du taux de lumière transmise variant de 15% à 75%; d'autres récoltes ont été faites à l'extérieur de la plantation, à 4 et 10 m de la bordure Est, ce qui correspondait à un taux de transmission de 90 et 100% respectivement. Chaque combinaison "apport d'eau x distance à l'arbre x exposition" était répétée 2 à 4 fois par coupe. 14 coupes successives ont été réalisées sur trois ans.

La totalité de l'herbe récoltée sur ces surfaces a été séchée à l'étuve à 60 °C; les matières sèches obtenues ont été regroupées par date et par combinaison et intimement mélangées; un échantillon moyen de chaque combinaison a été broyé et analysé pour le dosage de l'azote (méthode Kjeldahl). L'expérimentation a été décrite en détail dans un article précédent (De Montard et al., 1998) et notamment les mesures climatiques et le calcul de l'évapotranspiration réelle.

Expérimentation 2

Des noisetiers ont été plantés (667 tiges ha⁻¹) en décembre 1992 dans une parcelle semée en dactyle des Coteaux de Limagne d'Auvergne. Cette parcelle est caractérisée par une faible pluviométrie (P annuelle = 550 mm), un sol argilo-calcaire de profondeur 120 à 140 cm sur plancher marno-calcaire et une pente de 7%. Les noisetiers plantés avaient été précédemment élevés en conteneurs pendant 8 ans. 80 arbres ont été plantés en 5 placeaux, à 3 m sur la ligne (lignes orientées nord-

sud) et à 5 m entre lignes et ont reçu 5 traitements différents; un sixième plateau a été maintenu en herbe sans arbre (tableau 1).

Tableau 1 Traitements successifs appliqués aux arbres et leurs désignations:

Numéro de plateau	Traitement	de mai 1993 à mars 1997	de juin 1997 à novembre 1998
1	arbres avec racines libres	sol nu (SN1)	enherbé (RLF)
2	arbres avec racines libres	enherbé (RL1)	enherbé (RL1)
3	arbres avec racines libres	enherbé (RL2)	sol nu (SN2)
4	arbre avec cernage des racines sur 25 cm	enherbé (C25)	enherbé (C25)
5	arbre avec cernage des racines sur 50 cm	enherbé (C50)	enherbé (C50)
6	herbe seule	enherbé (HS)	enherbé (HS)

L'aire de l'essai a été considérée comme très homogène compte tenu de sa situation sur le milieu d'une pente longue et très régulière. Cette homogénéité a été vérifiée en constatant de 1993 à 1997 l'égalité des croissances des arbres (et de leur variance) de deux plateaux de traitement identique, RL1 et RL2, situés l'un après l'autre le long de la pente ; une autre vérification a été faite par l'observation de l'homogénéité de la profondeur de sol en 28 points différents répartis dans l'ensemble de la parcelle; elle variait entre 125 à 140 cm, de manière aléatoire. En conséquence, les effets liés à la position relative des 6 plateaux ont été considérés comme négligeables.

On distingue deux périodes dans la conduite de l'essai (tableau 1): dans une première période, de mai 1993 à mars 1997, les plateaux ont été maintenus enherbés en dactyle sauf SN1 qui a été maintenu en sol nu; une deuxième période a commencé après ressemis en juin 1997. En effet, en mars 1997, le dactyle qui entrait dans sa 5^{ème} année a dû être retourné; le semis d'un mélange ray-grass, fétuque et trèfle blanc a alors été effectué le 5 juin 1997 (pluies tardives) pour reconstituer la prairie. Les arbres du plateau en sol nu (SN1) étant devenus

beaucoup plus vigoureux du fait de l'absence de compétiteur herbacé, il a été procédé également au ressemis sur ce plateau en juin 1997 de façon à tester la compétitivité d'arbres vigoureux vis à vis de l'herbe en comparaison des arbres ayant subi la concurrence de l'herbe depuis mai 1993 (SN1 devient alors RLF pour "arbres forts enherbés à racines libres"). RL2 n'a pas été ressemé de façon à conserver un témoin sans herbe (RL2 devient SN2) à comparer à RL1 (arbres faibles à racines libres enherbés depuis 1993).

Pour les traitements C25 et C50, l'extension latérale des racines des arbres fut limitée dès 1992 par un cylindre vertical de diamètre 60 cm et de profondeur 25 cm et 50 cm respectivement.

A partir de 1995, chacun des 6 plateaux a été partagé entre 2 niveaux d'apport azoté en couverture sur l'herbe, N1 et N2, correspondant pour N1 à 20 kg ha⁻¹ par coupe et pour N2 à 40, 60 et 40 kg ha⁻¹ par coupe respectivement en 1995, 1996 et 1998. La variable "azote en couverture" est donc indépendante de la variable "plateau".

A partir de 1996, un arbre sur deux sur chaque ligne de plantation a reçu au printemps 75 g d'azote sous forme ammonitrate. La variable "azote localisé" est donc indépendante des variables "azote en couverture" et "plateau". Ces conditions d'orthogonalité entre les trois types de traitements ont permis d'effectuer des analyses de variance multifactorielles et d'étudier les interactions éventuelles entre les variables.

La croissance de l'herbe a été suivie par semaine au 1^{er} cycle et par quinzaine au 2^{ème} cycle en 1995; la production par coupe a été déterminée sur 3 coupes par an en 1995 et 1996 à 3 distances des lignes d'arbres et en herbe seule. L'accroissement en circonférence à 30 cm au dessus du collet des arbres a été suivi tous les deux mois de 1995 à 1998.

Les teneurs en azote des feuilles ont été déterminées sur l'herbe à chaque récolte et sur une dizaine de feuilles bien éclairées (exposition SE) par arbre tous les deux mois de façon à exprimer le jeu des facteurs de variation saisonniers (effets de stade en début et fin de saison) et du niveau d'alimentation en eau de mai à

septembre. Dans cette démarche de prélèvements réguliers, il ne s'agissait pas pour nous de mettre en évidence une éventuelle carence en azote des feuilles des arbres ou de l'herbe mais de suivre l'évolution des teneurs en azote des feuilles de l'arbre et de l'herbe dans diverses situations d'association et de contrainte.

Pour les mesures sur les arbres, deux analyses de variance séparées ont été nécessaires de façon à respecter l'orthogonalité entre traitements "placeaux": l'une concernant tous les arbres enherbés a permis de tester les effets "cernage", "apport d'azote localisé" et "apports d'azote en couverture" et leurs interactions; l'autre concernait tous les arbres à racines libres et permettait de tester les effets "sol nu", "apport d'azote localisé" et "apports d'azote en couverture" et leurs interactions. Les arbres enherbés avec racines libres étaient à l'intersection de ces deux sous-ensembles.

Les potentiels hydriques de base et de milieu de journée des feuilles des arbres ont été suivis à l'occasion des périodes de déficit hydrique. En 1997, ces mêmes potentiels hydriques ont été mesurés avant le ressemis en début mai et après pleine réimplantation de l'herbe en début août.

Expérimentation 3

La troisième expérimentation concerne 8 merisiers de 9 ans. Elle visait à vérifier certains résultats importants obtenus avec les 80 noisetiers du dispositif précédent. Elle est située à 810 m d'altitude dans une plantation de merisiers (2 clones de *Prunus avium* L.) installée dans une prairie permanente en mars 1989 à la densité de 200 tiges par ha (6 x 8 m). La température moyenne annuelle est de 9.5 °C et les précipitations annuelles de 835 mm, assez bien réparties sur l'année avec cependant un déficit hydrique estival de 50% 1 an sur 2 et de 80% 1 an sur 5 (De Montard, 1983). Le sol est du type brun légèrement acide (pH à l'eau = 5,8) sur granite avec quelques colluvions basaltiques.

La prairie fait partie d'un ensemble de pâturages utilisés en rotation par des moutons. Elle est composée principalement de *Dactylis glomerata* L., *Bromus erectus* Huds., *Festuca rubra* L., *Trifolium repens* L., et *Achillea millefolium* L. Les

arbres furent protégés du broutage par des tubes plastique individuels (diamètre 10 cm, hauteur 1.80 m, TubexTM) tuteurés qui furent remplacés par des filets plastiques (Nortène climatique) après cinq ans, lorsque les troncs devinrent suffisamment solides pour résister à la pression du vent et des animaux (Agrech et al., 1999). Les arbres furent désherbés localement pendant les 4 premières années après plantation sur un rayon de 0.7 m autour du tronc afin de limiter la compétition pour l'eau avec la prairie et faciliter leur installation.

Les arbres utilisés dans cette étude ont été choisis parmi les sujets vigoureux et ont été laissés à leur forme naturelle : ils n'ont subi ni taille de formation, ni élagage. La parcelle étant assez hétérogène au niveau des caractéristiques du sol et de la topographie, il n'a pas été possible de choisir 8 arbres exactement dans les mêmes conditions. Ils sont donc répartis entre deux positions topographiques: le premier a une pente de 15% et un sol à forte charge caillouteuse, le second situé sur un replat relatif (pente de 7%) a un sol moins grossier. Le tableau 2 donne le détail des traitements et leur répartition sur ces deux positions topographiques.

Tableau 2: Nombre d'arbres étudiés par traitement et année en fonction de la position topographique.

Position topographique	Traitement 1997	Ajout 1998
pente 15 %	4 arbres laissés enherbés	+1 arbre désherbé
Pente 7 %	2 arbres désherbés	+1 arbre laissé enherbé

Par comparaison avec les arbres restés enherbés, les arbres désherbés permettaient d'observer d'éventuels effets de la présence de l'herbe sur le potentiel hydrique, la nutrition azotée et la croissance des arbres. Cependant, en 1997, les sites respectifs des arbres enherbés et désherbés présentant des différences de pente et de sol appréciables pouvant gêner l'interprétation, le dispositif a été complété en 1998 par un arbre laissé enherbé sur le site topographique des désherbés de 1997 et un arbre désherbé sur le site des enherbés de 1997, à bonne distance toutefois des précédents (20 m). Les désherbages sur un rayon de 4 m autour du tronc des arbres ont été effectués chimiquement au glyphosate ou au

glufosinate 1 fois par an après suppression de quelques drageons présents, puis la surface désherbée a été entretenue par binage.

La zone d'étude a été entièrement clôturée pour empêcher le pâturage et entretenue par une fumure de fond phospho-potassique en 1998 et par 3 à 4 coupes d'herbe par an pour permettre un développement normal de la prairie à trèfle blanc. Les apports PK ont été réalisés à la plantation, puis en hiver 97/98 à 20 cm de profondeur sur un rayon de 4 m autour des arbres et en couverture sur l'ensemble de la surface de sorte que ces éléments ne constituent pas des facteurs limitant la croissance. Les arbres ont été traités régulièrement contre les aphides et *Blumeriella jaapii*.

De nombreuses mesures ont été effectuées et décrites en détail précédemment (Lucot et al., 1997; Drouot, 1998). L'exposé des résultats est ici limité à 1998, de façon à pouvoir séparer sans ambiguïté les effets de la présence d'herbe de ceux, éventuels, liés au site topographique. L'indépendance des variables "site" et "désherbage" est alors réalisée. Les résultats concernent la nutrition azotée de l'arbre, son statut hydrique et leurs effets éventuels sur sa croissance. L'état hydrique a été caractérisé par la mesure des potentiels hydriques de base et de milieu de journée sur des feuilles bien exposées; la teneur en azote foliaire pondérale a été mesurée sur ces mêmes feuilles. La circonférence à 1.30 m a été mesurée chaque semaine.

Traitement et présentation des données

Les résultats concernant la nutrition azotée de l'herbe sous les noisetiers et les teneurs pondérales en azote des feuilles de merisier sont présentés sous forme d'histogrammes représentatifs des moyennes par traitement et de l'erreur standard sur la moyenne (barres d'erreur) issues de l'analyse de variance. Un tableau rassemble les résultats des analyses de variance des teneurs azotées foliaires pondérales des noisetiers. Les accroissements en circonférence du tronc des arbres (noisetiers et merisiers) sont exprimés en fonction de variables actives déterminées par la méthode de la régression multiple pas à pas ascendante.

RESULTATS

Nutrition azotée de l'herbe

En ce qui concerne l'expérimentation 1, les variations du niveau nutritionnel azoté des feuilles de l'herbe (rapport des teneurs "N observé / N critique", No/Nc, Lemaire et Salette, 1984; Lemaire et Gastal, 1997) au cours des quatorze coupes sont négativement liées à l'évapotranspiration réelle ($r = -0.618$ pour 149 observations, $p=0.0000$, figure 1); l'ETR a été calculée pour le couvert herbacé situé à découvert (De Montard et al., 1998). Les moyennes du niveau nutritionnel azoté, 0.734, 0.633, et 0.526 pour les 3 classes d'ETR respectivement (figure 1), sont significativement différentes au seuil $\alpha=5\%$.

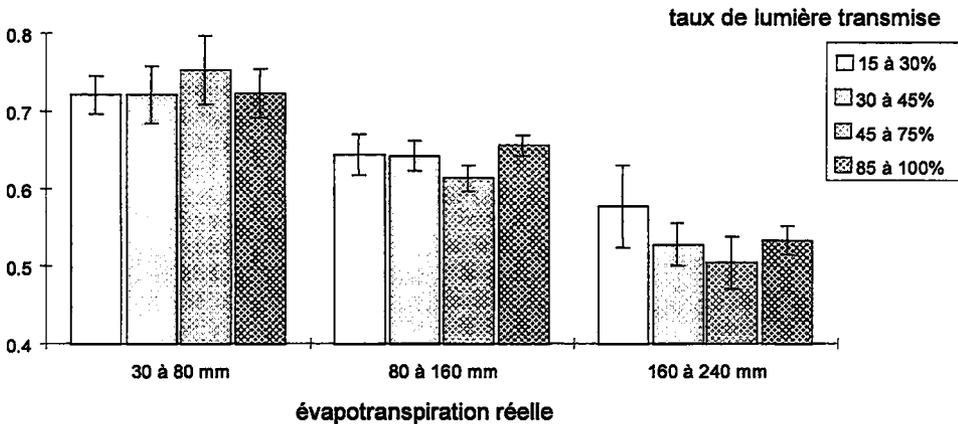


Figure 1 - Niveau nutritionnel azoté du dactyle pour 3 classes d'ETR et différentes intensités d'éclairage. En abscisse : évapotranspiration réelle du couvert herbacé en pleine lumière. En ordonnée : rapport "teneur observée / teneur critique"; la teneur critique est égale à 4.8% pour les récoltes inférieures à 1 t MS ha⁻¹.

Le rapport No/Nc est par ailleurs indépendant du taux de transmission de la lumière, de la température, des apports azotés, de la date de coupe et de l'état, reproducteur ou végétatif, de la graminée.

Dans la deuxième expérimentation, la nutrition azotée du dactyle à l'extérieur de la plantation est le plus souvent inférieure à celle observée à l'intérieur (figure 2);

l'analyse de variance indique un effet positif puissant de l'apport azoté ($F=169$; $p=0.0000$) et un effet positif de la situation abritée dans la plantation ($F=6.85$; $p=0.0002$). Aucun effet de la distance à l'arbre n'apparaît, bien que la transmission de la lumière varie de 75 à 95% en 1995 et de 65 à 80% en 1996 aux 3 distances à l'arbre considérées.

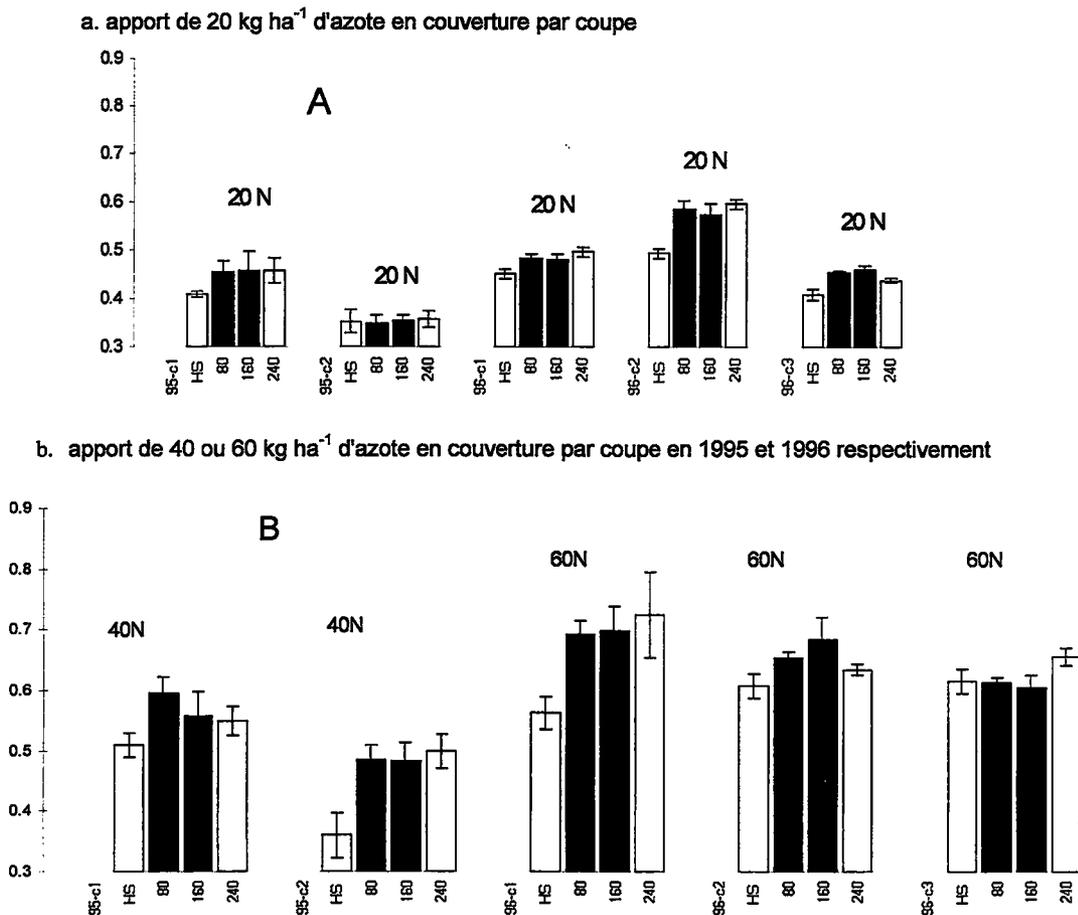


Figure 2 - Nutrition azotée du dactyle en 1995 et 1996 hors plantation (HS) et à trois distances des troncs dans la plantation (80 cm, 160 cm et 240 cm). A: apport par coupe de 20 kg ha⁻¹ d'azote en couverture et B: apport par coupe de 40 kg ha⁻¹ d'azote en 1995 ou de 60 kg ha⁻¹ d'azote en 1996, en couverture. c1, c2 et c3 : coupes successives de mai à août.

Nutrition azotée des noisetiers

Les changements introduits par la rupture du tapis herbacé en 1997 ont conduit à analyser les données par année (tableau 3). Avec le renouvellement de la prairie en 1997, la dénudation du sol a été générale de mars à juin estompant l'effet des traitements; par contre, des effets significatifs sont observés en 1996 et se manifestent à nouveau en 1998.

Tableau 3 : Effets des différents traitements (voir tableau 1) sur la teneur pondérale azotée des feuilles des noisetiers de l'expérimentation 2. (p donne la probabilité de l'hypothèse nulle et les groupes homogènes distincts sont indiqués par des lettres différentes: a, b, c... NS: non significatif).

a. Arbres à racines libres			b. Arbres enherbés				
	1996	1997	1998		1996	1997	1998
azote en couverture			azote en couverture				
	NS	NS	NS		NS	NS	P=0.0012
20	2.23	2.48	2.50	20	2.11	2.42	2.29 a
40 ou 60	2.27	2.51	2.52	40 ou 60	2.19	2.51	2.39 b
azote localisé			azote localisé				
	P=0.018	NS	P=0.0506		P=0.0161	NS	P=0.0000
oui	2.36 a	2.56	2.54 a	oui	2.26 a	2.50	2.44 a
non	2.14 b	2.44	2.47 b	non	2.04 b	2.42	2.24 b
Sol nu			Cernage				
	P=0.011	NS	P=0.0000		NS	NS	P=0.0008
non	2.13 a	2.48	2.41 a	0 cm	2.13	2.46	2.41 a
oui	2.37 b	2.51	2.60 b	25 cm	2.13	2.53	2.32 b
				50 cm	2.19	2.40	2.29 c
				interaction en 1996		interaction en 1998	
				"azote localisé x		"cernage x azote localisé"	
les interactions ne sont pas significatives				azote en couverture"		P=0.0027	
				P=0.0284		50 & non	
				non & 20		25 & non	
				non & 60		0 & non	
				oui & 20		50 & oui	
				oui & 60		25 & oui	
						0 & oui	

Sur l'ensemble des arbres à racines libres, en 1996 et 1998, l'apport localisé d'azote au pied de l'arbre et le maintien d'un sol nu ont été favorables à la nutrition azotée des arbres. Sur l'ensemble des arbres enherbés, un effet favorable de l'apport localisé d'azote est observé en 1996 et 1998. En 1996, année humide, l'apport en couverture compense l'absence d'apport localisé et le cernage reste sans effet; en 1998, année très sèche, l'effet de compensation de l'apport en couverture

est annulé par le cernage: en l'absence d'apport azoté, la nutrition des arbres est alors d'autant plus déficiente que le cernage des racines intervient profondément.

Nutrition azotée des merisiers

Les teneurs azotées foliaires des merisiers désherbés sont en moyenne beaucoup plus élevées que celles des merisiers enherbés. Pour les arbres désherbés, les teneurs sont élevées et quasi stables au cours de la saison autour de 3%; au contraire, elles diminuent rapidement pour les arbres enherbés, de 3 à 1.7% en moyenne, traduisant une difficulté d'approvisionnement en azote (figure 3).

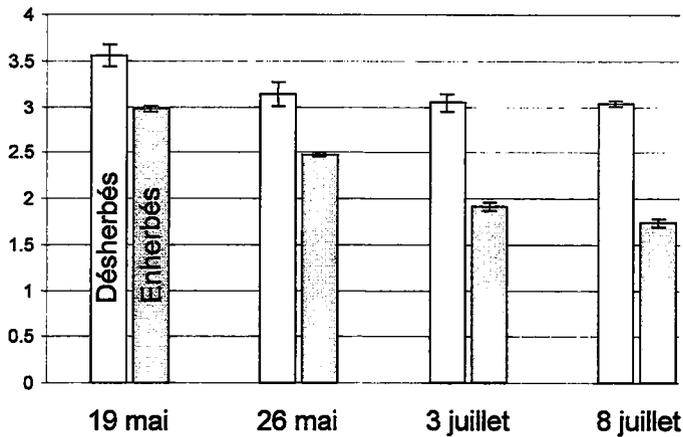


Figure 3 - Teneurs en azote des feuilles de merisiers désherbés et enherbés en fonction des dates de prélèvements en 1998.

Teneur en azote des feuilles et croissance en diamètre des arbres

Pour les deux essences, de fortes liaisons statistiques ont été mises en évidence entre la croissance en circonférence des arbres et le potentiel hydrique foliaire (potentiel de base ou potentiel de milieu de journée) de certaines périodes clés (phase de dessèchement notamment) ou le rapport "*teneur azotée foliaire pondérale / potentiel hydrique foliaire*" (tableau 4).

Tableau 4: Equations liant la croissance en circonférence (dC) des arbres au potentiel hydrique foliaire de base (Ψ_b), au potentiel hydrique foliaire de milieu de journée (Ψ_m) et à la teneur azotée foliaire pondérale (N%).

Période	Relation	Signification
Noisetiers (croissances moyennes établies pour 20 groupes de 4 arbres)		
De août 1995 à août 1996	$dC = 0.747 + 0.577 (\Psi_m - 12.5)^{-1}$	$r^2 = 0.875$; $p=0.0000$ (1)
De août 1996 à août 1997	$dC = 1.840 + 0.289 (\Psi_b - 6.5)^{-1}$	$r^2 = 0.556$; $p=0.0001$ (2)
De août 1997 à août 1998	$dC = 0.08 + 0.469 \text{ N\% } (\Psi_b - 9.5)^{-1}$	$r^2 = 0.842$; $p=0.0000$ (3)
Merisiers (moyenne des croissances individuelles de 8 arbres)		
Du 20 mai au 9 juillet 1998	$dC = 1.67 + 0.470 \text{ N\% } (\Psi_b - 3.0)^{-1}$	$r^2 = 0.721$; $p=0.0240$ (4)
Du 9 juillet au 1 ^{er} septembre 1998	$dC = 0.00 + 0.726 \text{ N\% } (\Psi_b - 3.0)^{-1}$	$r^2 = 0.914$; $p=0.0003$ (5)
Du 20 mai au 1 ^{er} septembre 1998	$dC = 1.24 + 1.368 \text{ N\% } (\Psi_b - 3.0)^{-1}$	$r^2 = 0.951$; $p=0.0008$ (6)

DISCUSSION

Nutrition azotée de l'herbe

Dans l'expérimentation 1, l'évapotranspiration réelle cumulée du couvert sur la période qui s'étend entre deux coupes exprime la disponibilité de l'eau pour la croissance de l'herbe; elle conditionne l'ouverture des stomates et le flux de dioxyde de carbone disponible pour l'assimilation. L'accumulation de matière sèche qui en résulte s'est faite ici en conditions limitantes en azote (rapport N_o/N_c inférieur à 1) et d'autant plus limitantes que le flux d'eau cumulé a été important. On peut interpréter cette observation comme un appauvrissement en azote minéral du sol exploré d'autant plus marqué que le prélèvement de l'eau cumulé au cours d'une repousse est important. Cela peut aussi être dû à l'approfondissement progressif de la zone de prélèvement de l'eau, de moins en moins riche en azote (Lemaire et Denoix, 1987).

Cependant l'ETR calculée ici est celle de la prairie extérieure à la plantation; il faut donc admettre pour accepter cette hypothèse que les consommations d'eau

sous le couvert arbre+herbe sont voisines de celles de la prairie extérieure pour l'horizon supérieur qui reçoit l'azote minéral épandu; ceci a été vérifié avec les mêmes espèces, dactyle et noisetier, dans la deuxième expérimentation en 1995 et 1996 (De Montard et al., 1997).

L'absence de réponse du niveau d'alimentation de l'herbe aux apports azotés et au taux de lumière transmise est attribuée au rôle de facteur limitant joué par l'humidité de l'horizon supérieur dans le prélèvement d'azote par la plante. La comparaison des exportations d'azote pour différentes ETR (tableau 5) à celles d'une prairie alimentée au niveau critique non limitant, $N_{\text{exporté}} = 48 \text{ MS}^{0.68}$ (Lemaire et Salette, 1984) montre que les exportations sont stables et égales à 65% de l'exportation potentielle jusqu'à 160 mm; elles ne sont plus qu'à 53% entre 160 et 240 mm (tableau 5).

Tableau 5: Expression du prélèvement d'azote par la prairie en fonction de la matière sèche récoltée (MS) pour différentes ETR.

$$N \text{ kg ha}^{-1} = a \text{ MS}^{0.68}$$

	valeur de a	E.S.	ratio <u>a observé :</u> a référence
référence L&S	48.0		
30 à 80 mm	31.2	1.03	0.65
80 à 160 mm	30.9	0.49	0.64
160 à 240 mm	25.2	0.67	0.53

La comparaison des résultats entre l'expérimentation 1 et l'expérimentation 2 fait apparaître que le taux de transmission de la lumière n'agit pas sur le niveau nutritionnel azoté quelle que soit la date de la coupe; toutefois, dans le deuxième site, la nutrition est moins favorable à l'extérieur de la plantation. L'hypothèse avancée pour rendre compte de cette différence est que, *primo*, le deuxième site est extrêmement venté (couloir nord-sud du val d'Allier) tandis que le premier est abrité (colline barrant l'horizon sud à 150 m, bâti urbain et arbres à 30 m); *secundo*, dans le site venté, la vitesse du vent dans la plantation a été mesurée 30% inférieure à celle de l'extérieur (De Montard et al., 1998); la vitesse de dessèchement du sol devrait donc s'en trouver ralentie et l'absorption d'azote facilitée.

Nutrition azotée des noisetiers

Sur toute la période d'observation (1996 à 1998), les teneurs pondérales azotées des feuilles des noisetiers associés à l'herbe et fertilisés localement n'ont pas été différentes de celles des noisetiers maintenus sans herbe montrant ainsi, pour cette expérimentation, la levée de la compétition pour l'azote si l'arbre reçoit un apport localisé de fertilisation.

Lorsque aucune fertilisation n'est apportée au pied des arbres associés (traitement différencié à partir du printemps 1996) et que l'herbe est peu fertilisée, les teneurs azotées foliaires des noisetiers sont plus faibles. Ce déficit azoté est observé en 1996 puis disparaît en 1997 à la suite de la destruction du tapis herbacé et du ressemis tardif de la prairie qui supprime toute compétition de mars à juin: cette période sans herbe a entraîné une homogénéisation des teneurs en azote foliaire des noisetiers.

En 1998, la nutrition azotée des arbres qui ne reçoivent pas d'apport azoté localisé se dégrade d'autant plus que le cernage est profond, montrant ainsi, *contrario*, qu'une partie de l'azote présent dans l'horizon supérieur exploré par l'herbe est restée accessible aux noisetiers à racines libres. Lorsque l'herbe est bien fertilisée, les teneurs en azote des feuilles des noisetiers sans apport localisé se rapprochent ou égalisent celles obtenues par fertilisation localisée. Cette observation montre que les doses 40 ou 60 kg ha⁻¹ d'azote en couverture sur l'herbe ont contribué tardivement à la nutrition azotée des arbres et indique qu'un transfert en profondeur a pu avoir lieu à la faveur du retournement de la vieille prairie en 1997.

L'effet positif sur la nutrition azotée des noisetiers du maintien des arbres en sol nu met en évidence la compétition pour l'azote exercée par l'herbe (directe ou indirecte par le biais de l'alimentation en eau) et est à rapprocher des teneurs en nitrate plus élevées observées dans les sols de vergers bien fertilisés sans herbe par rapport aux sols de vergers enherbés (Tagliavini et al., 1996).

Nutrition azotée des merisiers

Les teneurs azotées foliaires des merisiers désherbés sont beaucoup plus élevées que celles des merisiers enherbés; la différence est d'ailleurs beaucoup plus forte que chez les noisetiers homologues (à racines libres). Cette différence est explicable par la forte différence de richesse azotée existant entre les deux sols: 2.7 p mille d'azote organique total sous les merisiers et 1.8 p mille sous les noisetiers dans l'horizon 0-50 cm. Les merisiers ont pu bénéficier aussi du flux considérable de minéralisation produit par le désherbage de la prairie permanente, tandis que les noisetiers installés et maintenus sans herbe sur un sol arable cultivé de longue date ne pouvaient bénéficier que d'un flux modéré (Loiseau et al., 1995). La différence entre la teneur en azote des feuilles entre merisiers désherbés et merisiers enherbés a par ailleurs évolué au cours de la saison: diminution de la teneur en azote foliaire pour les merisiers enherbés, traduisant une difficulté croissante d'approvisionnement en azote qui peut éventuellement provenir d'un déficit d'alimentation en eau ou être renforcée par un déficit d'alimentation en eau.

Teneur en azote et croissance en diamètre des arbres

Le déclin accéléré de la croissance en diamètre lorsque croît la contrainte hydrique est avéré: l'arrêt de la croissance en diamètre du tronc des merisiers a été observé en cours de journée dès que le potentiel hydrique courant du xylème descendait à environ -0.9 Mpa (Drouot, 1998); pour les noisetiers, on a constaté l'arrêt de croissance (mesurée sur 60 jours) en simultanéité avec la stabilisation du potentiel de base vers -1,4 Mpa.

Une augmentation de la teneur en azote foliaire conduit à une augmentation de l'activité de photosynthèse, ainsi qu'à une augmentation de l'allocation d'azote au tronc (Millard, 1989). Ces plus fortes disponibilités en C et N expliqueraient la réponse positive de la croissance en diamètre des arbres à une teneur en azote foliaire plus élevée. Cependant, l'absorption d'azote dépend aussi de l'état d'humidité du sol; par conséquent, une faible teneur en azote des feuilles des arbres peut provenir directement d'une faible quantité d'azote disponible mais aussi être limitée

indirectement par une diminution des flux hydriques. C'est le cas des noisetiers en 1996 et 1997 où l'accroissement du diamètre des arbres n'est lié qu'à leur statut hydrique (équations 1 et 2). Par contre, la forte liaison de l'accroissement en diamètre des arbres avec le rapport "teneur en azote/potentiel hydrique" en 1998, sur noisetier (équ. 3) et sur merisier (équ. 4 à 6), plus forte qu'avec aucune de ces deux variables isolées, indique un effet propre de chacune d'elle.

En 1997 et 1998, l'accroissement annuel en diamètre des arbres est largement expliqué par la valeur du potentiel hydrique de base dans la période d'épuisement progressif de la réserve en eau du sol (période de dessèchement); les périodes de référence utilisées ont été le mois de mai en 1997 (noisetiers) et le mois de juillet en 1998 (noisetiers et merisiers). La liaison de l'accroissement en diamètre avec le potentiel de milieu de journée est alors faible. Lorsque la contrainte hydrique devient encore plus sévère, un seuil est dépassé au-delà duquel il n'y a plus d'accroissement (voir ci-dessus): celui-ci devient nul et indifférent aux variations du potentiel de base. Les choses sont un peu différentes en 1996 où la contrainte hydrique est restée modeste: le potentiel de base n'exprime alors pas ou peu la contrainte hydrique subie durant le jour; la meilleure liaison est observée avec le potentiel hydrique de milieu de journée, qui traduit alors plus efficacement la contrainte subie au niveau des échanges gazeux.

CONCLUSION

En l'absence de toute déjection d'herbivores et 4 à 12 ans après plantation des noisetiers (expérimentations 2 et 1 respectivement), on n'a pas constaté de modifications de la nutrition azotée de l'herbe liée à la proximité des arbres; toutefois entre les deux sites, le ralentissement du vent dans la plantation apparaît comme un facteur favorable à son amélioration. Les effets améliorateurs du couvert arboré constaté par d'autres auteurs ne sont pas mesurables ici sur ces sols argilo-calcaires bien structurés et fertiles. L'hypothèse H1 n'est donc retenue qu'en partie.

La nutrition azotée de l'arbre est affectée par la présence de l'herbe. Toutefois cet effet est effacé par l'application d'une fertilisation localisée et/ou par une

fertilisation plus abondante sur l'herbe. L'hypothèse H2 de compétition de l'herbe pour l'azote peut être retenue lorsque les apports azotés sont non localisés et faibles.

L'hypothèse H3 d'une co-limitation de la croissance de l'arbre par l'eau et par l'azote est vérifiée pour les deux espèces en 1998. A l'occasion des périodes humides l'arbre peut constituer des réserves en azote et ainsi équilibrer son bilan nutritionnel azoté au fil des saisons successives, mais a *contrario* il pourrait connaître une dégradation progressive de cet état si la concurrence de l'herbe pour l'azote devient prédominante. Les observations de croissance et de nutrition minérale sur le réseau expérimental du CEMAGREF en Auvergne sur merisier confirmeraient ce point de vue (Balandier, non publié). Campbell et al. (1994) ont observé l'absence d'effet sur la croissance de jeunes merisiers d'un enrichissement de leurs feuilles en azote et l'ont interprété comme résultant d'une forte compétition pour l'eau. Avec des arbres plus âgés, mieux enracinés, les deux facteurs eau et azote ont exercé une co-limitation de la croissance de noyers (Simorte et al., 1997)

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été réalisés grâce au soutien financier de la DERF (Agrifor), de l'Union européenne (projet FAIR Always) et de la région Auvergne.

REFERENCES

AGRECH G, BALANDIER P, BAUD G, BRETIERE G, CURT T, LANDRE F, MARQUIER A, RAPEY H, RUCHAUD F, (1999). Dossier technique pour la mise en place d'une plantation agroforestière. Cemagref édition, Antony, France, 72 pp., sous presse.

BALANDIER P, RAPEY H, GUITTON JL, (1997) Mise en valeur et développement durable des zones de moyenne montagne par l'agroforesterie : l'association arbre-herbe-animal. *XI^{ème} congrès forestier mondial, Antalya, Turquie*, vol 1 topic 2, 6pp + fig.

BELSKY AJ, MWONGA SM, DUXBURY JM, (1993) Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understorey environments in tropical savannas, *Agroforestry systems* 24 : 1-20

CAMPBELL CD, ATKINSON D, JARVIS PG, NEWBOULD P (1994) Effects of nitrogen fertilizer on tree/pasture competition during the establishment phase of a silvopastoral system. *Ann appl Biol* 124: 83-96

DROUOT JP, (1998) Contribution à l'étude de la compétition racinaire entre merisier et prairie permanente pour l'eau et pour l'azote. *Mémoire ENITA Clermont-Ferrand* 46 p

- DUPRAZ C, LAGACHERIE M (1990) Cultures de feuillus précieux en vergers pâturés sur des terres agricoles du Languedoc-Roussillon: le réseau expérimental Appel. *Forêt méditerranéenne* 12: 447-457
- ETIENNE M (1996) Research on temperate and tropical silvopastoral systems: a review; in *Western European silvopastoral systems*, M. Etienne editor Science update INRA: 5-19
- GLEASON SK, TILMAN D (1992) Plant allocation and the multiple limitation hypothesis; *The American Naturalist* 139 (6) 1322-1343
- GUITTON JL, DE MONTARD FX, RAPEY H (1991) Agroforesterie moderne en Auvergne. Principes et premier bilan d'une expérimentation multilocale. *Informations Techniques du Cemagref* 81: 2-7
- GUITTON JL, DUPRAZ C, AUCLAIR D, DE MONTARD FX (1994) Quel projet agroforestier pour l'Europe tempérée? *Rev For Fr* 46: 179-188
- JOFFRE R (1987) Contraintes du milieu et réponses de la végétation herbacée dans les dehesas de la Sierra Norte. *Thèse Montpellier* 201 p
- KNOWLES RL, HORVATH GC, CARTER MA, HAWKE MF, (1997) Using a canopy closure model to predict understorey pasture production in *Pinus radiata* silvopastoral systems. in *L'agroforesterie pour un développement durable* Atelier International Montpellier 23-29 juin 1997, 409-413
- LEMAIRE G et DENOIX A, (1987) Croissance estivale en matière sèche de peuplements de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) et de dactyle (*Dactylis glomerata* L.) dans l'Ouest de la France. II Interaction entre les niveaux d'alimentation hydrique et de nutrition azotée *Agronomie*, 7 (6), 381-389
- LEMAIRE G et GASTAL F (1997) N uptake and distribution in plant canopies in *Diagnosis of the nitrogen status in crops* 3-44
- LEMAIRE G, SALETTE J, (1984) Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. II. Etude de la variabilité entre génotypes. *Agronomie* 5: 685-692
- LOISEAU P, DELPY R, D PEPIN, DUBLANCHET J, (1995) Utilisation de la lysimétrie en sol nu pour apprécier la minéralisation de l'azote en fonction des systèmes de culture fourragers précédents *CR Acad Agric Fr* 81 (4) 85-100
- LUCOT (1997) Ecophysiologie du douglas et du merisier : analyse bibliographique et étude in situ de la relation entre croissance et partage des ressources *DUS Sciences Naturelles Université Clermont-Ferrand* II 94 p
- DE MONTARD FX (1983) La production prairiale, in *Système agraire et pratiques paysannes dans les Mont Dômes* ed INRA (205-247)
- DE MONTARD FX, R DELPY, E VILLENEUVE, P MASSEY (1997) Croissance racinaire et utilisation de la réserve en eau dans une association noisetier-dactyle in *L'agroforesterie pour un développement durable* Atelier International Montpellier 23-29 juin 1997, 333-337
- DE MONTARD FX, RAPEY H, DELPY R, MASSEY P. (1998) Competition for light, water and nitrogen in an association of hazel (*Corylus avellana* L.) and cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) *Agroforestry Systems* 43 (1/3) 135-150
- MILLARD P, NEILSEN G H, (1989) The influence of nitrogen supply on the uptake and remobilization of stored N for the seasonal growth of apple trees. *Annals of Botany* 63, 301-309
- MSIKA B (1993) Modélisation des relations arbre-herbe sous peuplements de *Quercus pubescens* Willd. et *Pinus austriaca* Höss. dans les Préalpes du Sud. *Thèse Université Aix-Marseille III* 112 p

QARRO M., DE MONTARD F.X. (1992) Etude de la productivité des parcours d'Aïn-Leuh.(Moyen Atlas). II Modélisation de la production d'herbe ; interactions "climat x sol x recouvrement arboré" *Agronomie* 12 (7) 489-501

SIBBALD AR (1996) Silvopastoral systems on temperate sown pastures: a personal perspective; in *Western european silvopastoral systems*, M. Etienne editor Science update INRA, 23-36

SIMORTE V, DUPRAZ C, DAUZAT M, BERTONI G, BERNADAC A, MASSON P (1997) Effets de culture intercalaires sur la croissance et la nutrition azotée de jeunes noyers en climat méditerranéen in *L'agroforesterie pour un développement durable* Atelier International Montpellier 23-29 juin 1997, 369-374

TAGLIAVINI M, SCUDELLARI D, MARANGONI B, TOSELLI M (1996) Nitrogen fertilization management in orchards to reconcile productivity and environmental aspects. *Fertilizer Research* 43 : 93-102

TRIBOI E, (1987) Recovery of mineral N fertilizer in herbage and soil organic matter in grasslands of the Massif Central, France *Fertilizer Research* 13 : 99-116

Influence de quatre années de culture intercalaire de blé et de colza sur la croissance de noyers hybrides en agroforesterie

C. Dupraz¹, C. Fournier¹, Y. Balvay¹, M. Dauzat¹, S. Pesteur¹, V. Simorte²

¹ INRA, Laboratoire d'écophysiologie des plantes sous stress environnemental, 2, Place Viala, 34060 Montpellier, France

² ENSAT, Laboratoire d'ingénierie agronomique, 145, avenue de Muret, 31076 Toulouse, France

RESUME

En 1995, 1502 noyers hybrides (*Juglans nigra* x *regia* type NG23) ont été plantés sur le Domaine de Restinclières (Hérault, France), sous climat méditerranéen sub-humide frais. On y compare une plantation forestière de référence à 204 tiges par hectare (plantation à 7 x 7 m) et une plantation agroforestière à 192 tiges par hectare (plantation à 13 x 4 m). Dans la plantation agroforestière, la culture intercalaire est une rotation quadriennale de colza et blé dur. Deux proximités arbre-culture sont comparées : une modalité intensive (distance arbre culture de 0.5 m) et une modalité extensive (2 m). Aucun impact des arbres sur la production des cultures intercalaires n'a été mis en évidence au cours des 4 premières années. Par contre, les arbres se sont révélés sensibles à la présence et à la proximité des cultures, mais dans un sens inverse de ce qui était prévisible. La culture intercalaire a favorisé la croissance des noyers qui présentent à l'issue des 4 premières années une avance sur les noyers sans culture intercalaire de 85% en hauteur et 62% en diamètre. Les croissances des noyers dans les associations extensives et intensives sont quasiment équivalentes après quatre années, mais on observe l'apparition d'un léger retard de croissance des noyers dans l'association intensive. On a caractérisé les contraintes hydriques des arbres par des mesures régulières d'échanges gazeux des feuilles et le statut nutritionnel des arbres par des analyses foliaires. On montre que, au cours des 4 années, les noyers ont connu des enchaînements de conditions de stress hydrique différents dans les deux systèmes agroforestiers. Ainsi, en troisième année, ce sont les noyers extensifs, pourtant protégés de la compétition du blé, qui ont le plus souffert du stress hydrique en fin de saison. L'inverse a été observé en quatrième année. La mesure

régulière des teneurs en eau du sol au cours des 4 années permet d'interpréter les résultats obtenus, et indique que les enracinements des noyers ont été fortement influencés par les cultures intercalaires. Une meilleure nutrition azotée est mise en évidence pour les noyers agroforestiers, et pourrait contribuer à expliquer l'écart de croissance entre les parcelles forestières et agroforestières. Les implications micro-économiques de ces résultats sont discutées. On souligne l'amélioration de la croissance des arbres par la présence de la culture intercalaire, mais aussi la protection des arbres contre les risques d'incendie. On relativise enfin la portée de ces résultats : l'utilisation d'un modèle de compétition arbres - cultures est indispensable pour transposer ces résultats à d'autres sites ou pour d'autres conditions climatiques. La mise au point et la validation de ce modèle sont en cours.

ABSTRACT

Hybrid walnut response to 4 years of wheat and canola crop competition in a temperate silvoarable system. A silvoarable experiment with hybrid walnuts (192 stems per ha, 13 x 4 m spacing) and a wheat-canola rotation was established in 1995 at the Restinclières farm (Hérault, France) in a sub-humid Mediterranean climate. Two control treatments were included in the experimental design : a pure forestry plantation (204 stems per ha, 7 x 7 m spacing), and an agricultural monocrop. Two levels of tree-crop distance were compared : an intensive design (0.5 m distance) and an extensive design (2 m distance). So far, no influence of trees on crop yield could be demonstrated. Conversely, an unexpected positive influence of the intercrops on tree growth was evidenced, resulting in 85% higher and 62% wider stems in agroforestry trees after 4 growing seasons. Intensive and extensive designs resulted in similar tree growth during the 3 first years, but a slight advance in extensive trees was noticeable during the fourth year. The water status of the trees was characterised by conductance measurements, and the nutritional status was assessed by leaves analysis. Different patterns of water stress were evidenced for intensive and extensive agroforest trees. During the third growing summer, intensive trees surprisingly exhibited less water stress than extensive ones, but the reverse was observed during the fourth year. Weekly monitoring of soil water content at the tree - crop interface showed that the rooting pattern of the trees was strongly influenced by the crop distance. A better nitrogen content in the leaves of intercropped trees suggested that the trees may benefit from the crop fertilisation. Micro-economic consequences of the results are discussed. The need for a model taking into account the year to year rainfall variability is advocated to extrapolate the results to different soil and climate conditions.

INTRODUCTION

Alors que les interactions arbre-herbe dans les systèmes sylvopastoraux ont fait l'objet de travaux approfondis (Bird, 1998, Etienne *et al.*, 1994, Sibbald *et al.*, 1994), les relations entre des arbres et des cultures intercalaires annuelles sont moins bien connues. Les connaissances acquises par les études sur les haies brise-vent en région tempérée (Nuberg, 1998) sont peu transposables à la mise en place de systèmes agroforestiers, car elles font références à des arbres adultes installés. De même les travaux sur la compétition entre de jeunes plants d'arbres et des adventices forestières pérennes tels que ceux de Collet *et al.* (1996) sont également délicats à extrapoler, les cultures annuelles présentant la caractéristique de libérer entièrement l'espace aérien et souterrain entre deux cycles de culture. La création de parcelles agrisylvicoles consiste à gérer ensemble de jeunes arbres avec des cultures intercalaires à cycle court. Les relations de compétition et de facilitation entre ces deux composantes détermineront les chances de réussite de ces associations (Vandermeer, 1990).

Peu d'études ont abordé la compétition entre jeunes arbres et cultures intercalaires annuelles (Incoll *et al.*, 1997). Pour la plupart, ces études ont mis en évidence que l'influence des jeunes arbres sur les cultures est négligeable au cours des premières années (Garrett *et al.*, 1995, Newman *et al.*, 1991), mais peut devenir marquée assez brutalement, parfois par suite d'inhibitions allélopathiques (Singh *et al.*, 1988). L'influence réciproque des cultures sur les jeunes arbres a rarement été mise en évidence, faute de dispositifs appropriés (Dupraz, 1999), car les témoins forestiers sont souvent oubliés dans les dispositifs (par exemple dans Gordon et Williams, 1991).

Comment les arbres cultivés en agroforesterie réagissent-ils à l'environnement très particulier qui résulte de la présence des cultures intercalaires? Cette question est controversée, de nombreux auteurs étant pessimistes sur les chances de réussite d'arbres plantés à large espacement, dans une ambiance non forestière (Savill et Spilsbury, 1991) ou soumis à la compétition de cultures agricoles très compétitrices (Paris *et al.*, 1998, Frochot *et al.*, 1986). Certains auteurs soulignent la différence d'impact des cultures d'été et d'hiver, sous climat tempéré (Williams et Gordon, 1993). Nous présentons 4 années de résultats de croissance de noyers hybrides cultivés selon trois modalités: une modalité forestière (arbres sans cultures intercalaires), une modalité agroforestière extensive (arbres et cultures éloignés), et une modalité agroforestière intensive (arbres et cultures proches).

MATERIEL ET METHODES

Le Domaine de Restinclières, propriété du département de l'Hérault, est situé à 15 km au nord de Montpellier. Le climat est de type méditerranéen sub-humide, avec des précipitations annuelles moyennes de 747 mm à la station de référence de Prades le Lez, située à 1 km environ des parcelles expérimentales. Le sol est profond, constitué d'alluvions récents du Lez, de texture argilo limoneuse, et contient peu de cailloux (<10%). Une plantation de 1502 noyers hybrides de type *nigra x regia* (NG23) a été effectuée en janvier 1995. Dans les parcelles forestières sans culture intercalaire, les arbres sont plantés à une densité de 204 tiges par hectare (7 x 7 m) et protégés par des filets anti-lapins. Dans les parcelles agroforestières, la densité est quasi la même (192 tiges par hectare), mais résulte d'un espacement entre les lignes d'arbres de 13 m, choisi pour permettre l'utilisation de rampes de pulvérisation de 12 m d'envergure par les exploitants, et d'un espacement sur la ligne de plantation de 4 m. Les arbres y sont protégés des produits phytosanitaires par des manchons de type TUBEX de 1.2 m de hauteur. Une culture intercalaire est mise en place chaque année en suivant une rotation quadriennale constituée de 3 années de blé dur (1995, 1996 et 1997) et d'une année de colza (1998). Dans les parcelles forestières, un bourrage peu dense (204 tiges par ha) d'aulnes de corse a été mis en place, à raison d'un aulne planté entre chaque noyer sur la ligne de plantation. Aucun aulne n'a été installé entre les lignes de noyers, de manière à permettre l'entretien mécanique des interlignes. La croissance des aulnes a été très faible au cours de ces 4 premières années, et leur influence sur les noyers peut être considérée comme négligeable pour l'instant.

Le dispositif expérimental

La proximité spatiale des arbres et des cultures est le principal facteur de cet essai. 4 modalités sont comparées : une plantation sans culture intercalaire (témoin forestier), une culture annuelle en plein (témoin agricole) et deux associations agroforestières. L'association agroforestière intensive correspond à une distance arbre - blé de 0.5 m et arbre - colza de 1 m. L'association agroforestière extensive correspond à une distance arbre - culture de 2 m. La part de la surface de la parcelle en culture annuelle est de 92.3% (blé) ou 84.6% (colza) dans l'association intensive, et de 69.2% dans l'association extensive. Un exploitant agricole gère les cultures annuelles, en appliquant le même itinéraire technique aux cultures en plein et aux cultures intercalaires. Les traitements différenciés intensifs et extensifs n'ont été mis en place

qu'à partir du blé de 1996. La première année, l'ensemble de la plantation agroforestière était en traitement intensif, les arbres ayant été plantés dans un blé semé en plein à l'automne précédent, et détruit uniquement autour du plant sur un rayon de 0.5 m. Le dispositif comprend trois répétitions des traitements intensifs et extensifs, dans trois parcelles différentes, mais un seul témoin agricole (sur 1.0 ha) et un seul témoin forestier (sur 1.2 ha). L'entretien du témoin forestier est assuré par deux destructions mécaniques (disques) de la végétation adventice en avril et en juin. Dans les parcelles agroforestières intensives et extensives, les labours et le déchaumage sont effectués à raz des arbres. Ils débordent donc la zone cultivée pour la modalité extensive, où la végétation adventice printanière de la bande non emblavée est détruite mécaniquement en mai, avec un tracteur étroit de type viticole et un rotavator. Dans la modalité intensive, aucun accès mécanique au pied des arbres n'est possible pendant la saison de culture, et un désherbage chimique au pied des arbres a été effectué en avril les trois premières années avec du glyphosate épandu avec un pulvérisateur porté à dos d'homme. Chaque année, les croissances des arbres sont mesurées au cours de la période hivernale (hauteur, diamètre à la base, diamètre à 1.3 m). Peu de temps avant les moissons, une cinquantaine de placettes de 1 m² sont récoltées afin de connaître le niveau et les composantes des rendements. Ces placettes sont réparties dans l'ensemble des parcelles cultivées de manière à décrire la variabilité spatiale intraparcélaire des rendements des cultures intercalaires. Des échantillons d'arbres moyens pour chaque traitement sont sélectionnés chaque année, le critère utilisé étant le diamètre à la base de la tige. Ce critère est fortement corrélé à la surface foliaire de l'arbre, car ces arbres n'ont jamais été taillés au cours de ces 4 premières années. Ces échantillons servent aux mesures écophysologiques décrites ci-dessous.

Mesure de la teneur en eau du sol à l'interface arbre - culture

Cette teneur est mesurée tous les 7 à 15 jours de avril à octobre depuis 1996 avec une sonde à neutron (Modèle Solo 25, Nardeux Humisol, Saint-Avertain, France). Les cultures annuelles nécessitent des travaux du sol (labour) qui nous obligent à enlever chaque année les tubes d'accès avant la préparation du sol, puis à les remettre en place après les semis. En 1996 et 1997, lors de l'installation des tubes de sonde à neutrons, des échantillons de sol ont été prélevés tous les 0.2 m jusqu'à 1.6 m de profondeur pour mesurer l'humidité pondérale par gravimétrie, et des mesures de la densité apparente humide du sol ont été effectuées tous les 0.2 m avec une sonde gammamétrique (Modèle Solo 40, Nardeux Humisol). Chaque année

depuis 1996, trois arbres moyens par traitement agroforestier sont équipés pour ce suivi, et à partir de 1998, trois arbres du traitement forestier sont également suivis. Le dispositif comprend deux transects (arbre - arbre et arbre - culture) de tubes d'accès de 1.8 m de profondeur, placés à 0.5, 1, 1.5, et 2 m de la base des arbres. Un tube supplémentaire est placé à 3 m des arbres sur le transect arbre - culture de l'association extensive. Deux tubes placés en sol maintenu nu loin de l'influence des arbres permettent de mesurer l'évaporation du sol nu. La conversion des humidités volumiques en potentiel matriciel de l'eau a été effectuée en utilisant une courbe d'étalonnage déduite des mesures effectuées en laboratoire avec une presse à plaques sur des échantillons de sol non remaniés (Rasendra, 1997).

La caractérisation de la contrainte hydrique des noyers

Nous n'avons pas retenu le potentiel hydrique de base comme un indicateur de contrainte hydrique pour les noyers. En effet, pour des ligneux isolés, il a été montré (Archer et Améglio, 1995) que le potentiel de base reflète l'état hydrique du compartiment de sol le plus humide exploré par les racines, et qu'il suffit d'une racine modeste accédant à une zone humide pour rééquilibrer entièrement un jeune noyer au cours de la nuit. Dans ces conditions, la mesure du potentiel de base est peu utile, puisqu'elle ne permet pas de caractériser les difficultés d'approvisionnement en eau de l'arbre au cours de la journée qui suit. Dans le cas de nos noyers agroforestiers, il est légitime de penser que le sol prospecté par les racines des arbres sera très hétérogène du point de vue des teneurs en eau, par suite de la juxtaposition de zones sèches (extraction d'eau par la culture intercalaire) et humides (bande désherbée au pied des arbres). Nous avons vérifié en 1996 et 1997 que ce critère ne permettait pas de différencier les traitements (Mortier, 1996; Rasendra, 1997).

Valancogne (1995) montre que le prunier et le pommier, qui sont pourtant deux Rosacées proches du point de vue systématique, ont des comportements très différents face à la contrainte hydrique édaphique. Le pommier réagit par une fermeture stomatique très précoce (comportement de type isohydrique), alors que le prunier réagit beaucoup plus progressivement (type anisohydrique). La mesure de la conductance stomatique au midi solaire est donc un bon indicateur de la contrainte hydrique chez le pommier, pas chez le prunier. Chez le prunier, c'est la contraction diurne des tiges qui était un bon indicateur de la contrainte. Faute d'informations plus précises sur le comportement du noyer, nous avons

retenu la mesure de la conductance stomatique au midi solaire pour caractériser la contrainte hydrique à l'échelle de la plante.

Une chambre portable de mesure d'assimilation (Modèle 6200, LI-COR, Lincoln, Nebraska) nous a permis de mesurer la densité de flux d'assimilation nette de CO₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2}$), la conductance stomatique ($\text{mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$) et la transpiration ($\text{mmol H}_2\text{O s}^{-1} \text{ m}^{-2}$). La mesure était effectuée sur la foliole terminale d'une feuille entièrement déployée et pleinement éclairée. Ces mesures au midi solaire ont été effectuées au cours de trois à cinq journées de mesure selon les années, réparties tout au long de la saison de croissance de mai à septembre. En 1998, elles ont eu lieu les 30/6, 24/7, 26/8 et 21/09, par temps très ensoleillé, sur une dizaine d'arbres moyens par traitement. Pour pouvoir interpréter les résultats de prélèvement en eau du sol et de contraintes sur les échanges gazeux, nous avons également mesuré les surfaces foliaires des arbres étudiés, le 18 juin (déploiement en cours) et le 22 juillet (déploiement terminé) pour l'année 1998. Cette mesure fait appel à la construction de relations allométriques entre le diamètre des axes d'ordre 2 et leur surface foliaire, relation établie sur un sous-échantillon de 7 arbres dont chaque feuille a été mesurée (Pesteur, 1998).

Le statut nutritionnel des noyers

Des analyses foliaires des limbes de la plus jeune feuille complètement déployée ont été réalisées chaque année en juin, juillet et septembre, et analysées pour les teneurs en N, P, K, Ca et Mg. Dix arbres moyens par traitement ont été ainsi échantillonnés en 1998, le prélèvement étant constitué de 4 feuilles en position phyllotaxique identique, prélevées à mi-hauteur du houppier, dans les 4 directions cardinales. L'azote total était obtenu par la méthode de Kjeldahl, alors que les autres nutriments étaient mesurés après calcination à 550°C par colorimétrie (P), spectrophotométrie d'émission de flamme (K) ou d'absorption atomique (Ca, Mg).

RESULTATS

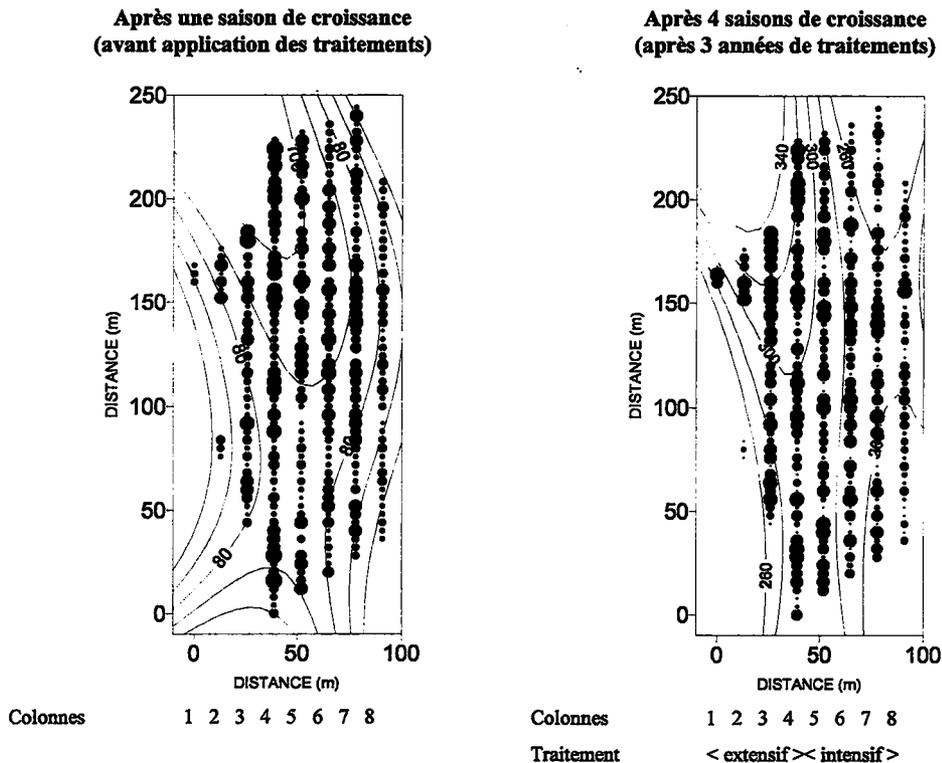
Les rendements des cultures

Aucun effet des arbres sur les rendements des cultures n'a pu être mis en évidence au cours de ces quatre premières années. La réduction du rendement parcellaire des cultures provient donc uniquement des surfaces non emblavées occupées par les lignes d'arbres.

La croissance des arbres

Le contrôle de l'hétérogénéité du milieu

Du fait de la grande dimension des parcelles expérimentales, il est indispensable de vérifier l'homogénéité préalable des conditions stationnelles, afin d'éliminer une éventuelle interférence avec les effets des traitements. Nous l'avons fait pour la parcelle où sont effectuées les mesures du bilan hydrique (Figure 1).



Chaque arbre est représenté à sa position exacte dans la parcelle par un symbole proportionnel à sa hauteur. La cartographie placée en arrière plan utilise un ajustement cubique pour l'interpolation des hauteurs.

Figure 1 : Variabilité individuelle des hauteurs des arbres de la parcelle expérimentale.

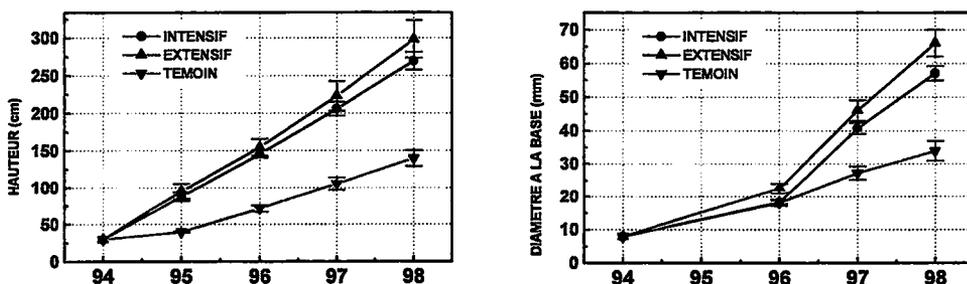
On constate que la parcelle est homogène, à l'exception du quart nord-ouest qui bénéficie de croissances légèrement plus rapides et de la colonne de bordure est (colonne 8) qui est en retard. Ces effets étaient apparents dès la première saison de croissance, alors qu'aucun traitement comparatif n'était encore en place (Figure 1, gauche). Après 4 saisons de croissances, dont 3 avec application des traitements, on constate une répartition toujours très homogène des hauteurs des arbres (Figure 1, droite), qui aurait été encore plus apparente dans

une cartographie des résidus normés centrés par rapport à la moyenne des traitements. Seule la colonne 8 (bordure est) semble vraiment affectée par une fertilité du milieu inférieure. Afin d'éviter tout risque de biais dans les comparaisons de traitements, nous conserverons uniquement les colonnes 3 et 4 (extensives) et les colonnes 6 et 7 (intensives). On élimine de l'analyse les bordures (colonnes 1, 2 et 8), l'association intermédiaire (colonne 5), et les 10 plants morts remplacés en seconde année. Le témoin forestier est mitoyen de la parcelle agroforestière, situé exactement à la même altitude, avec la même histoire culturale antérieure, et la même physionomie au départ.

La croissance des arbres

Les résultats font apparaître deux éléments troublants (Figure 2):

- les arbres du témoin forestier, bien que non confrontés à la compétition d'une culture intercalaire, sont pourtant après 4 saisons de croissance très en retard sur les arbres agroforestiers;
- aucune différence significative de croissance n'est apparue entre les arbres en situation de forte ou de faible concurrence avec la culture intercalaire (agroforesterie intensive et extensive) au cours des trois premières années. En quatrième année, un écart favorable aux arbres de l'association extensive devient significatif.



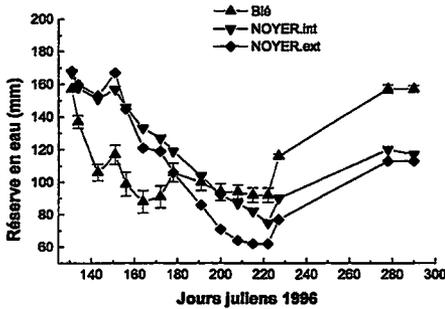
Les erreurs standard de l'estimation des moyennes sont représentées

Figure 2 : Croissance en hauteur et diamètre des noyers hybrides dans les parcelles agroforestières intensives et extensives et dans le témoin forestier de Restinclières

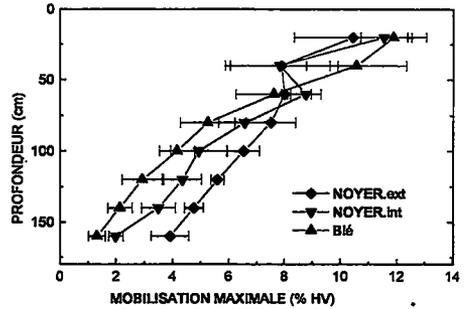
Le prélèvement en eau par les arbres et les cultures

Au cours de la seconde année, on constate que les arbres et les cultures extraient l'eau du sol à partir d'horizons similaires (Figure 3, droite), mais à des périodes très décalées (Figure 3,

gauche). Les moissons ont été effectuées entre le 15 juin et le 10 juillet selon les années. Les arbres sont surtout actifs en été, alors que le prélèvement par la culture est printanier. La compétition pour l'eau est donc asynchrone, ce qui souligne l'importance du réservoir sol, et de sa partition entre les systèmes racinaires.



Variation de la réserve en eau sur la tranche de sol comprise entre 0 et 1.6 m de profondeur. On dispose de 7 répétitions sous le blé (erreur-standard indiquée) et de 2 répétitions au pied des arbres



Ecart entre la mesure la plus humide et la mesure la plus sèche en fonction de la profondeur. L'erreur standard sur cet écart est pris égal à la somme des erreurs standards sur les extrêmes.

Figure 3: Mobilisation de la réserve en eau du sol sous un peuplement de blé pur et au pied de noyers dans l'association intensive et l'association extensive au cours de l'année 1996

La mobilisation plus faible observée à 40 et 60 cm de profondeur au pied des arbres (Figure 3, droite) provient de l'impact du sous-solage, qui, en décompactant le sol, réduit sa capacité de rétention (vides macroscopiques). Si l'on ne tient pas compte de cet accident, les profils d'extraction du blé et des arbres sont similaires. A l'automne, la recharge en eau du sol sous le blé est plus rapide que celle du sol au pied des arbres, à la fois parce que le sol y est moins sec, mais aussi parce que le déchaumage facilite l'infiltration sous le blé.

L'assèchement du sol par les arbres est plus accentué que celui par les cultures en fin de cycle en 1996 (Figure 4), mais pas en 1997, année où des pluies estivales ont rechargé les horizons de surface en été.

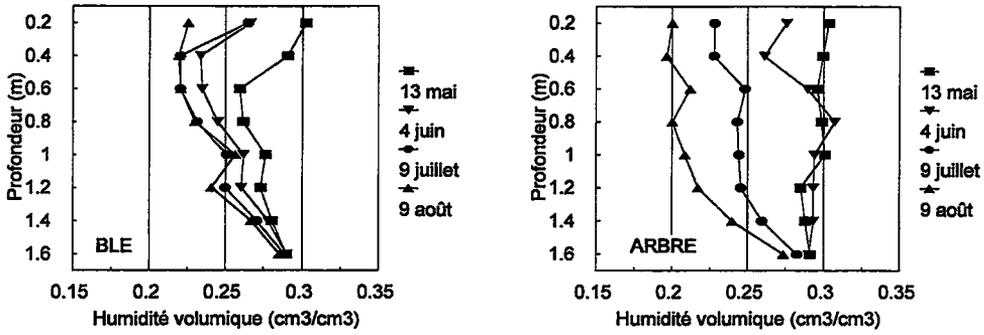


Figure 4 : Profils d'humidité volumique à 4 dates successives au cours de la seconde saison de croissance (1996), mesurés dans la culture intercalaire loin des arbres, et au pied des arbres loin de la culture intercalaire.

En 1996, au cours de la seconde saison de croissance, les arbres ne prélèvent pas d'eau en été dans la zone occupée par les cultures au printemps (Figure 5). Cela ne provient pas uniquement du dessèchement de cette zone par la culture, puisque en fin d'été la zone au pied de l'arbre est nettement plus desséchée que cette zone (Figure 4). Les arbres compensent par un prélèvement plus intense sur le transect arbre-arbre.

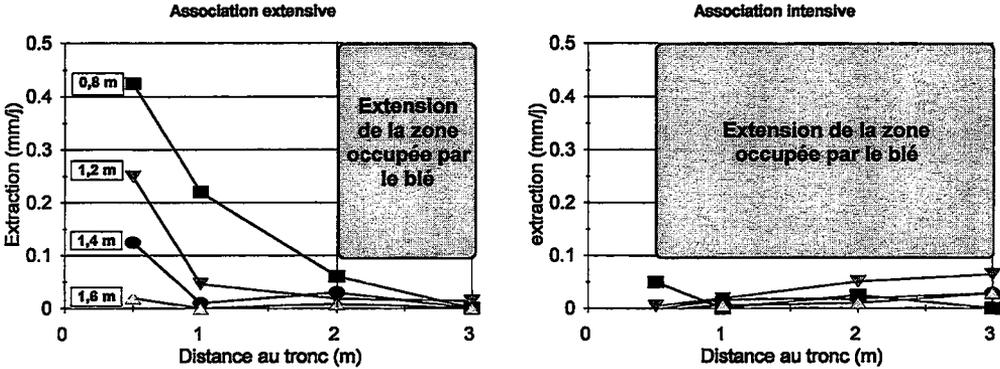
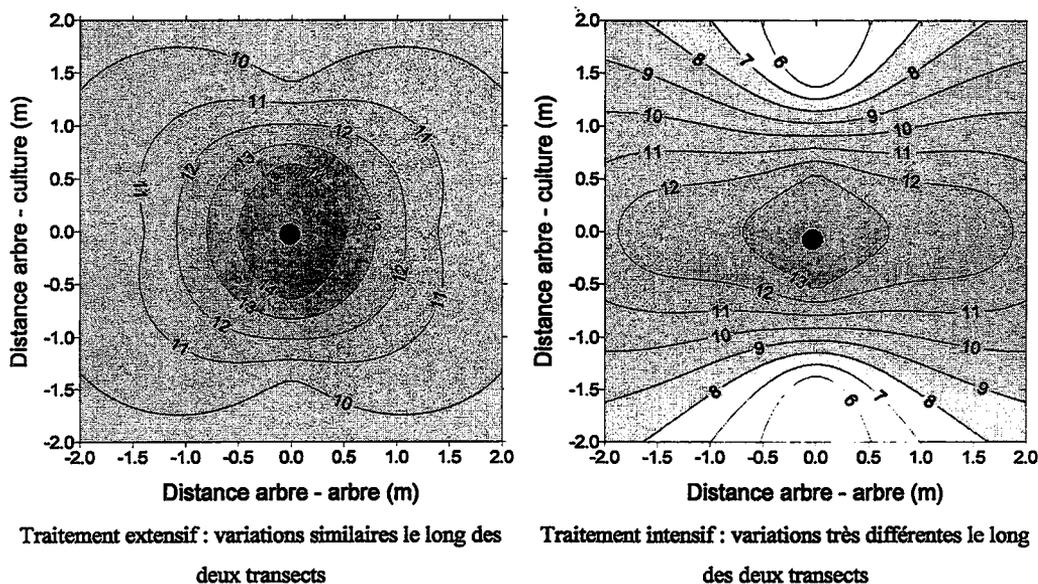


Figure 5 : Extraction d'eau du sol sur le transect arbre - culture à 4 profondeurs pendant l'été 1996, après la récolte du blé.

Après 4 saisons de compétition, la cartographie des zones d'extraction de l'eau par l'arbre en été met en évidence une déformation forte de son système racinaire par la proximité de la culture (Figure 6). Nous avons pris soin d'effectuer ces mesures sur des arbres ayant des surfaces foliaires comparables afin d'éviter le biais dû à la dimension de l'arbre. Pour la période sans pluie efficace du 10 juin au 31 août 1998, l'intégration des extractions d'eau du sol sur une maille de 4 m de côté centrée sur l'arbre et de 1.6 m de profondeur conduit à des

valeurs très comparables de 92 et 85 mm pour les noyers des traitements intensifs (3.6 m² de surface foliaire) et extensifs (3.2 m²) respectivement. Ce n'est donc pas la quantité d'eau prélevée qui est affectée, mais la répartition du prélèvement. Dans l'association intensive, le système racinaire est allongé dans la bande non emblavée étroite, alors qu'il est caractérisé par une symétrie axiale dans l'association extensive. La compétition arbre - arbre sera donc probablement plus précoce et plus intense dans l'association intensive. On note que l'extraction d'eau dans la zone cultivée n'est cependant pas nulle pour l'association intensive, ce qui indique une colonisation progressive de cet espace par les racines de l'arbre.

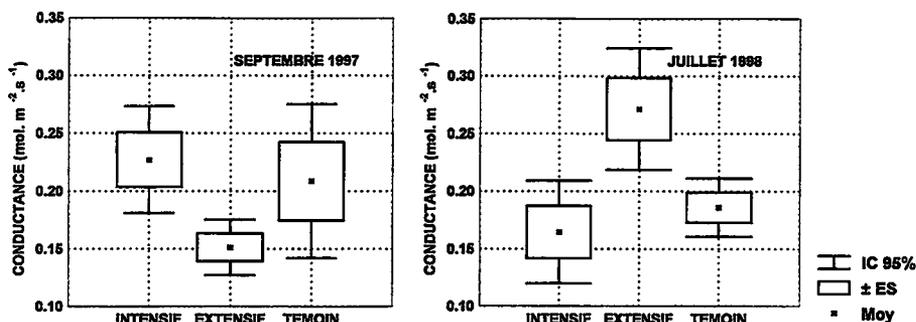


Interpolation par la méthode du krigeage à partir de tubes placés à 0.5, 1, 1.5 et 2 m de la base du tronc le long de transects arbre - arbre et arbre - culture.

Figure 6: Variation de la réserve totale d'eau du sol (cm) entre le 10 juin et le 31 août 1998 en fonction de la position par rapport à l'arbre et à la culture.

La contrainte hydrique subie par les arbres

Selon les périodes, on constate que les conductances au midi solaire peuvent classer les traitements de manière différente (Figure 7). Ainsi, en fin d'été 1997, ce sont les noyers du traitement intensif qui sont les moins stressés, ce qui peut paraître paradoxal. En juillet 1998, ce sont au contraire les plus contraints. Les croissances cumulées similaires mesurées au bout de 4 ans résultent donc de séquences de contraintes compétitives différentes dans les deux traitements agroforestiers.



(Moyenne sur 6 à 10 arbres, erreur-standard et intervalle de confiance de l'estimation de la moyenne).

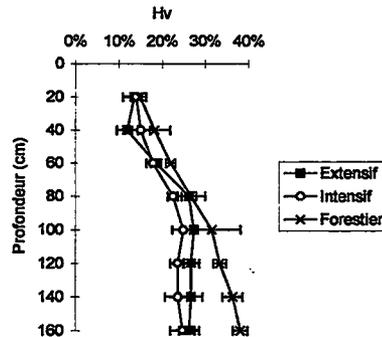
Figure 7 : Conductance stomatique des noyers au midi solaire en fonction de la proximité de la culture intercalaire en septembre 1997 et juillet 1998

DISCUSSION

Plantations forestières et plantations agroforestières

Comment interpréter le retard des noyers du témoin forestier? L'impact du bourrage d'aulne est pour l'instant négligeable : ces arbres, éloignés de 3.5 m des noyers, ont connu des difficultés d'implantation et ont une hauteur moyenne de seulement 148 cm à 4 ans. Incoll *et al.* (1997) sont les seuls à avoir comparé un témoin forestier à leurs parcelles agroforestières, et présentent au contraire des résultats sous climat océanique où les arbres forestiers font jeu égal avec les arbres agroforestiers. Dans notre cas, la compétition pour la lumière ne peut être mise en cause, le discage de printemps de la plantation forestière empêchant les adventives d'atteindre une taille suffisante. Ce sont au contraire les noyers des parcelles agroforestières qui ont eu en 1998 une culture intercalaire de colza très haute (2 mètres à maturité). Les analyses foliaires montrent que les éléments Ca, Mg, K et P ne sont pas susceptibles d'expliquer les différences de croissance observées : il n'y a pas de différences entre traitements, et les valeurs observées sont tout à fait satisfaisantes (Pesteur, 1998). L'effet des manchons, présents dans la parcelle agroforestière, mais absents de la parcelle forestière, pourrait il expliquer les résultats? Ces manchons ont pour effet de stimuler la croissance en hauteur des arbres, mais ils ralentissent leur croissance en diamètre (Dupraz, 1997). Ils ont effectivement « tiré » les noyers des traitements agroforestiers vers le haut, et ont freiné leur croissance en diamètre, avec pour conséquence des rapports H/D nettement plus élevés que pour les arbres forestiers, à hauteur égale. L'utilisation du diamètre des arbres comme critère

de comparaison des croissances est donc indispensable. L'effet stimulant des cultures a été d'un ordre de grandeur supérieur à l'effet ralentisseur des manchons.



3 répétitions par traitement, l'écart-type des mesures est indiqué

Figure 8 : Teneurs en eau du sol le 5/8/1998 à 0,5 m des arbres agroforestiers et forestiers sur la ligne de plantation des arbres.

Les mauvaises herbes dans le témoin forestier sont elles un compétiteur plus sévère que les cultures intercalaires? Collet *et al.* (1995) ont montré, pour de jeunes chênes cultivés en présence de deux graminées pérennes, que l'effet compétitif n'était pas uniquement dû à la compétition pour l'eau, puisqu'il était très marqué même en conditions irriguées. Mais le système racinaire de graminées pérennes est probablement très différent de celui des adventices annuelles présentes dans le témoin forestier de cet essai. Les noyers redoutent beaucoup la concurrence de l'herbe dans leur jeune âge (Paris *et al.*, 1998). Malgré les discages, la parcelle forestière est envahie d'adventices estivales (chardons, ronces), alors que les parcelles agroforestières sont alors déchaumées et quasiment propres. Cette hypothèse est cependant démentie par les mesures (Figure 8) de teneur en eau du sol au pied des arbres en août 1998. De plus, pour les noyers forestiers, la conductance stomatique et les flux d'assimilation du CO₂ ont en général des valeurs comprises entre celles du traitement agroforestier intensif et celles du traitement extensif. Cependant, l'interprétation de ces valeurs moyennes de conductance stomatique est perturbée par un effet de dimension des arbres : les noyers forestiers ont une surface foliaire très inférieure aux noyers agroforestiers.

L'écart de teneur en azote des feuilles entre les noyers agroforestiers et les noyers forestiers est important (Figure 9), même si les noyers forestiers ne passent pas au-dessous du seuil de carence de 20 g.kg⁻¹ de MS.

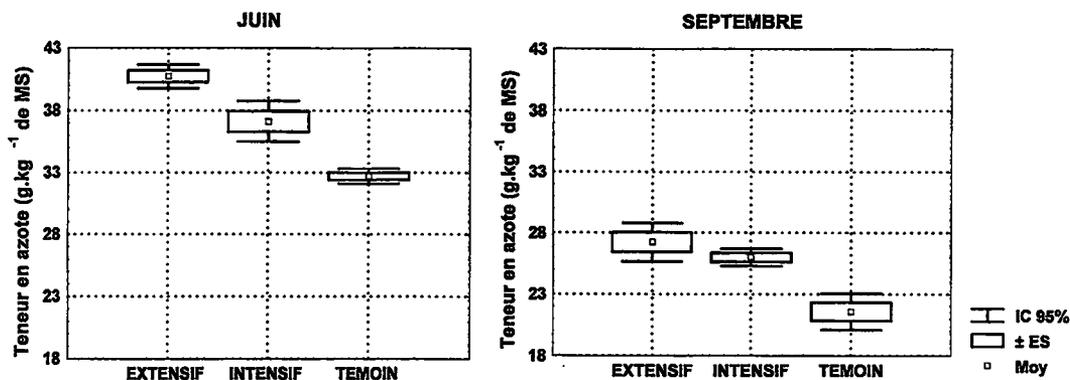


Figure 9: Influence de trois modes de culture du noyer sur les teneurs en azote foliaire en juin et septembre 1997.

L'épandage d'engrais azoté sur les cultures intercalaires bénéficierait donc aux arbres. Il s'agit d'un mécanisme de facilitation (Vandermeer, 1990), qui résulte de l'augmentation du pool d'azote disponible pour l'arbre grâce à la présence de la culture intercalaire. Il serait important de préciser comment cet azote des engrais est récupéré par les arbres : s'agit-il de l'engrais qui tombe (par défaut de réglage des épandeurs) en dehors de la culture, sur la bande des arbres, ou de l'azote minéral qui échappe à la culture par lixiviation et serait récupéré plus en profondeur par les racines des noyers actives en été? Cette seconde hypothèse est celle du filet racinaire de sécurité sous les cultures (« safety-net hypothesis », Cadish *et al.*, 1997, Van Noordwijk *et al.*, 1996); elle est actuellement étudiée en détail car elle permettrait de concevoir des associations efficaces dans la prévention de la pollution des nappes par les nitrates. Elle n'est pour l'instant pas étayée par nos observations de faible prélèvement hydrique en profondeur par les arbres, mais n'en est pas incompatible pour autant : il faudrait pour cela que l'absorption d'azote soit particulièrement efficace en profondeur, malgré des volumes d'eau extraits faibles. Schlesinger et van Sambeck (1986) ont également mis en évidence l'effet favorable de certaines couvertures végétales du sol sur la croissance de noyers, mais leur dispositif ne permettait pas de caractériser l'impact respectif des contraintes hydriques et azotées.

Un biais expérimental, dû à une différence pédologique entre la parcelle forestière et la parcelle agroforestière, est très improbable, mais ne peut pas être exclu. Des caractérisations granulométriques et physiques des sols sont nécessaires pour contrôler cet aspect. Les mesures à la sonde à neutrons ont révélé une humidité volumique élevée supérieure à 35% dès 1 mètre de profondeur dans la parcelle forestière, même en plein été (Figure 8). On peut imaginer que

le système racinaire des noyers de la parcelle forestière serait contraint par une hydromorphie hivernale du sol trop élevée, hydromorphie qui serait limitée dans les parcelles agroforestières par l'extraction d'eau par la culture intercalaire. Cette hypothèse pourrait être testée en mesurant l'évolution des profils d'enracinement des noyers dans les deux parcelles, et en confrontant ces données avec les profils d'engorgement hivernal.

Agroforesterie intensive ou extensive?

Il est surprenant de constater le peu d'impact de la proximité de la culture sur le développement des arbres au cours des 4 premières années. La localisation des zones d'extraction d'eau par les arbres et les cultures montre la faible interpénétration des systèmes racinaires. Cette ségrégation racinaire, déjà observée dans le cas de cultures associées annuelles (Ozier-Lafontaine *et al.*, 1998), résulte probablement de ce que les phases d'allongement des systèmes racinaires des noyers coïncident avec la période printanière de dessèchement maximal des zones colonisées par les racines de blé ou de colza. Burgess *et al.* (1996) ont mis en évidence un résultat similaire pour des peupliers associés à du blé. Gordon et Williams (1991) ont souligné la différence d'impact des cultures d'hiver (orge) et d'été (soja, maïs) sur les arbres, les premières étant plus compétitrices que les secondes, et cela bien que les périodes d'activité soient largement décalées.

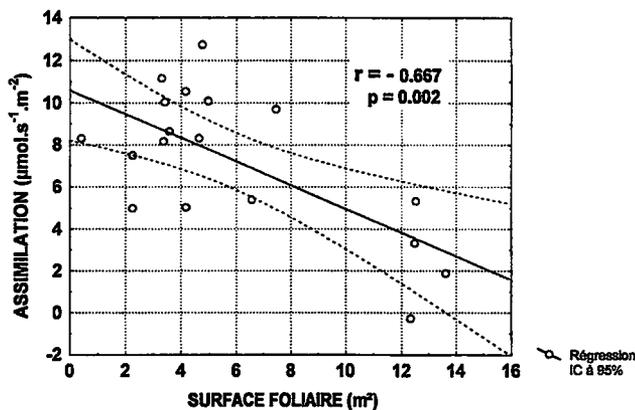


Figure 10: Relation entre la surface foliaire de l'arbre et la densité du flux net d'assimilation pour les noyers de l'association intensive le 26 août 1998

Nos résultats indiquent qu'une culture d'hiver confine les racines de l'arbre dans la bande non emblavée au cours de ces premières années. Il en résulte une réserve hydrique accessible plus faible pour les arbres de l'association intensive, qui s'est traduite pour la première fois en

quatrième année par une contrainte hydrique mesurable. Cet effet est logiquement plus accentué pour les grands arbres, ce qui a été confirmé par la mise en évidence d'une relation négative entre la densité du flux net d'assimilation et la surface foliaire de l'arbre (Figure 10). Cette relation n'était pas significative pour les arbres des associations extensives et de la plantation forestière. La situation inverse observée en fin de troisième année (noyers de l'association intensive moins contraints) peut s'interpréter de la manière suivante: les deux étés de 1996 et 1997 ont été frais et humides, avec des pluies non négligeables, suffisantes pour recharger les horizons superficiels du sol de la bande non emblavée, mais insuffisantes pour recharger les horizons superficiels du sol de la zone emblavée. De ce fait, les noyers de l'association extensive et de la plantation forestière ont pu s'alimenter largement en surface. A l'inverse, les noyers de l'association intensive ont été contraints dès le début de l'été de rechercher l'eau en profondeur, ce qui a probablement eu pour conséquence un approfondissement de leur système racinaire. En fin d'été, quand les horizons de surface se sont trouvés partout épuisés, le système racinaire profond de ces derniers leur a permis de mieux faire face à la demande climatique.

Ces résultats soulignent qu'il n'est pas possible de modéliser la relation de compétition entre les arbres et les cultures sans faire intervenir explicitement la variabilité climatique interannuelle. L'extrapolation des tendances observées aux années futures est difficile, et va dépendre essentiellement de l'aptitude des noyers à coloniser d'une part la zone racinaire des cultures, d'autre part la zone située sous la zone racinaire des cultures. Comme l'a souligné Gregory (1997), la compréhension fine du fonctionnement de systèmes agroforestiers réside probablement dans la caractérisation des dynamiques racinaires comparées des arbres et des cultures. L'impact progressif de l'ombre des noyers sur les cultures va également peu à peu limiter la compétitivité pour l'eau des cultures intercalaires.

CONCLUSION

Les noyers associés ont largement bénéficié de l'association avec les cultures, et ont pris une avance importante et inattendue sur les noyers de la plantation forestière. Nos observations sur certains éléments du bilan hydrique des arbres conduisent à minimiser l'importance de la compétition pour l'eau, et à souligner l'effet très favorable des conditions de nutrition azotée des arbres associés. Ces résultats ont été obtenus dans un sol à forte réserve hydrique sous un climat estival chaud et sec, et ne pourront être extrapolés à d'autres conditions

pédoclimatiques qu'à l'aide d'un modèle de simulation capable de rendre compte du partage de la ressource en eau à une échelle de temps pluriannuelle. C'est l'objectif du modèle en cours de mise au point dans notre laboratoire (Lecomte, 1996).

L'association intensive (arbres et cultures serrés) pénalise peu les arbres pour les 4 premières saisons de croissance. Il est intéressant de calculer le coefficient de rendement équivalent (CRE) des associations agroforestières étudiées (Mead et Willey, 1980). Ce coefficient est la somme des rendements partiels des arbres et des cultures, chaque rendement partiel étant le rapport entre le rendement en association et celui en culture pure. Leur intérêt est de permettre une comparaison de l'association avec l'assolement, tout coefficient supérieur à 1 indique une productivité plus importante de l'association par rapport à l'assolement. Nous avons calculé le rendement partiel des cultures intercalaires comme égal à la surface emblavée, puisque aucune réduction du rendement des cultures au m² semé n'a pu être mise en évidence. Nous avons calculé le rendement partiel des noyers à partir du volume de la tige des 80 plus beaux noyers à l'hectare. On obtient des CRE très élevés (Tableau 1), qui montrent par exemple qu'il aurait fallu 4.7 ha d'assolement agriculture - forêt pour produire autant que 1 ha d'association intensive. Ces coefficients ne caractérisent que les 4 années initiales, et ne peuvent pas être extrapolés à l'ensemble de la révolution (Dupraz, 1999). Ils traduisent le très gros avantage que l'on a à remplacer des adventices sans valeur par des cultures, et cela d'autant plus que l'impact des cultures sur les arbres est favorable, et que l'impact des arbres sur les cultures est négligeable.

Tableau 1 : Rendements partiels biologiques de l'association noyers - grandes cultures à Restinclières sur les 4 premières années. Le coefficient de rendement équivalent (CRE) est la somme des rendements partiels agricoles et forestiers.

Association	Culture		Arbres		CRE	
	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive
Rendement partiel	0.92	0.70	3.8	6.1	4.7	6.8

Les conséquences micro-économiques de ces résultats sont les suivantes: l'association intensive permet une production agricole élevée sans pénaliser les arbres, et réduit les opérations d'entretien de la bande des arbres. On peut estimer à 30% l'augmentation des frais de culture en agroforesterie à cause de la présence des arbres, mais l'économie réalisée sur

l'entretien des arbres grâce aux cultures est importante. L'entretien des plantations forestières, qui ne procurent pas de revenu à court ou moyen terme, nécessite 2 à 3 passages d'outil par an, pour une dépense de 900 F/ha environ. La protection du peuplement d'arbres contre le risque d'incendie par la culture intercalaire devrait également être prise en compte : le risque est pratiquement nul dans l'association, alors que dans la plantation forestière, les mauvaises herbes sèches en été présentent un risque non négligeable. Le risque le plus sérieux provient surtout d'un « oubli » d'entretien de la plantation forestière, oubli fort possible puisque cet entretien ne génère aucun revenu à court terme. Avec la culture intercalaire, ce risque d'oubli n'existe pas et la protection des arbres est garantie.

REFERENCES

- Archer P, Ameglio T, 1995. Potentiel de base sur sols à humidité hétérogène: cas de jeunes noyers. In: Groupe d'étude de l'arbre (éditeur), L'eau dans la vie de l'arbre, Clermont-Ferrand, 305-311.
- Bird PR, 1998. Tree windbreaks and shelter benefit to pasture in temperate grazing systems. *Agroforestry Systems* 41: 35-54.
- Burgess PJ, Stephens W, Anderson G, Durston J, 1996. Water use by a poplar - wheat agroforestry system. *Aspects of Applied Biology* 44: 129-136.
- Cadish G, Rowe EC, van Noordwijk M, 1997. Nutrient harvesting - the tree root safety net. *Agroforestry Forum* 8: 31-33
- Collet C, Guehl JM, Frochot H, Ferhi A, 1996. Effect of two forest grasses differing in their growth dynamics on the water relations and the growth of *Quercus petraea* seedlings. *Can J Bot* 74: 1562-1571.
- Dupraz C, 1997. Les protections de plants à effet de serre : ce qu'en pensent les arbres. *Rev For Fr* 49(5): 417-432.
- Dupraz C, 1999. Adequate design of control treatments in long term agroforestry experiments with multiple objectives. *Agroforestry Systems*, sous presse.
- Etienne M, Hubert B, Msika B, 1994. Sylvopastoralisme en région méditerranéenne. *Rev For Fr* 46: 30-41.
- Frochot H, Picard JF, Dreyfus P, 1986. La végétation herbacée, obstacle aux plantations. *Rev For Fr* 37: 271-279.
- Garrett HE, Cutter BE, Alley JL, Loewenstein EF, Hunt KL, Piotter B, Jones JE, 1995. Black walnut growth responses under alley cropping management. In: J.H. Ehrenreich, D.L. Ehrenreich and H.W. Lee (editors), *Growing a sustainable future, proceedings of the fourth North American Agroforestry Conference*, Boise, Idaho, pp 143-144.
- Gordon AM, Williams PA, 1991. Intercropping valuable hardwood tree species and agricultural crops in southern Ontario. In: *proc. First Conference on agroforestry in North America*, Guelph, Ontario, pp 29-55.
- Gregory PJ, 1997. Growth and activity of tree roots - the key to understanding agroforestry? *Agroforestry Forum*, 7(2): 4-6.
- Incoll LD, Corry DT, Wright C, Compton SG, 1997. Temperate silvoarable agroforestry with quality hardwood timber species. *Agroforestry Forum*, 8 (3) 9-11
- Lecomte I, 1996. Modélisation du partage de l'eau entre un arbre et une culture intercalaire. Mémoire de stage de l'Institut des Sciences de l'Ingénieur de Montpellier, Département informatique, Inra-Lepse éditeur, Montpellier, 80 p + annexes.
- Mead R, Willey RW, 1980. The concept of a "Land Equivalent Ratio" and advantages in yields from intercropping. *Expl. Agric.* 16: 217-228

- Mortier C, 1996. Caractérisation de la contrainte hydrique de jeunes noyers hybrides soumis à la concurrence d'une culture intercalaire de blé dur. Rapport de stage, Inra-Lepse, Montpellier, août 1996, 10 p + annexes.
- Newman SM, Wainwright J, Oliver PN, Acworth JM, 1991. Walnut agroforestry in the UK: research assessed in relation to experience in other countries. In: Proc. Second Conference on Agroforestry in North America, Columbia, Missouri, pp74-94.
- Nuberg IK, 1998. Effect of shelter on temperate crops: a review to define research for Australian conditions. *Agroforestry Systems* 41: 3-34
- Ozier-Lafontaine H., Lafolie F., Bruckler R., Tournebize R. and Mollier A., 1998. Modelling root competition for water in mixed crops. Theory and comparison with field experiments. *Plant and Soil* 204: 183-201.
- Paris P, Olimpieri G, Todaro L, Pisanelli A, Cannata F, 1998. Leaf-water potential and soil-water depletion of walnut mulched with polyethylene and intercropped with alfalfa in central Italy. *Agroforestry Systems*, 40: 69-81.
- Pesteur S, 1998. Impact d'une culture intercalaire de colza sur la croissance et le bilan hydrique de noyers hybrides. Mémoire de DAA, ENSAM, INRA Montpellier, 42p + annexes
- Rasendra P, 1997. Caractérisation de la compétition pour l'eau dans un système agroforestier: conséquences pour la modélisation. Diplôme d'ingénieur technologue en Agronomie, Université Henri Poincaré, Nancy, Inra-Lepse éditeur, 56p.
- Savill PS, Spilsbury MJ, 1991. Growing oaks at closer spacing. *Forestry* 64 (4) : 373-384.
- Schlesinger X, van Sambeek Y, 1986. Ground cover management can revitalise black walnut trees. *North. J. Appl. For.* 3:49-51
- Sibbald AR, Griffiths FH, Elston DA, 1994. Herbage yield in agroforestry systems as a function of easily measured attributes of the tree canopy. *Forest Ecology and Management* 65: 195-200.
- Singh HP, Kohli RK, Batish DR, 1998. Effect of Poplar shelterbelt on the growth and yield of wheat in Punjab, India. *Agroforestry Systems* 40: 207-213.
- Valancogne C, 1995. Mode de régulation de la transpiration chez le prunier et le pommier: conséquence sur le choix d'indicateurs de l'état hydrique. In: Groupe d'étude de l'arbre (éditeur), L'eau dans la vie de l'arbre, Clermont-Ferrand, 167-187.
- Van Noordwijk M, Lawson G, Soumare A, Groot JJR and Hairiah K, 1996. Root distribution of trees and crops: competition and/or complementarity. In: Ong CK and Huxley P (eds.) *Tree-Crop Interactions*, 319-364. CAB International, Oxon, UK
- Vandermeer J, 1990. *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press, Cambridge
- Williams PA, Gordon AM, 1993. Microclimate and soil moisture effects of three intercrops in tree rows of an intercropped plantation. In: Opportunities for agroforestry in the temperate zone, Proceedings of the third North American Agroforestry Conference, Ames, Iowa, pp 127-135.

Analyse par simulation de l'effet de techniques agroforestières sur le fonctionnement d'exploitations agricoles

M. Etienne ¹, H. Rapey ²

¹ INRA, Département SAD, Unité d'Ecodéveloppement
Site agroparc, 84914 Avignon Cedex 9, France

² CEMAGREF/Division Forêt et Agroforesterie
63172 Aubière, France

RESUME

A partir de 15 exploitations agricoles pratiquant l'agroforesterie et situées dans 4 régions de France (Boulonnais, Auvergne, Languedoc, Provence), différentes modalités d'articulation entre activités agricoles, pastorales et forestières (calendrier de travail, organisation des itinéraires techniques et du territoire) ont été analysées dans des contextes écologiques et socio-économiques variés. Un modèle a été construit pour simuler les dynamiques des ressources de l'exploitation (travail, cheptel, bois et paysage) en fonction des changements d'état boisé des parcelles. Il intègre les modifications de chaque parcelle puis réalise un bilan global pour l'exploitation. Des essais de simulation ont été faits sur trois des quinze exploitations agroforestières enquêtées. L'analyse des trajectoires suivies selon différents scénarios d'aménagement montre des différences marquées. La comparaison entre les exploitations démontre que les adaptations nécessaires au système pour se maintenir ne sont pas les mêmes. En l'absence d'observations de terrain à long terme sur de tels systèmes, l'outil de simulation et ses résultats permettent d'aider au choix technique afin qu'il s'intègre mieux dans le projet personnel et professionnel de l'exploitant.

SUMMARY

Drawing on 15 contemporary agroforestry farms, within four regions of France (Boulonnais, Auvergne, Languedoc, Provence), different ways of integrating cropping, grazing and forestry (labour calendar, operational sequences, land use organisation) were assessed in contrasting bioclimatic and socioeconomic environments. A dynamic resource

model was used to predict the effects of agroforestry development on livestock and timber production as well as on labour organisation and amenities. The model integrated the changes in all the farm plots and then provided a global balance of the farm. The model was tested on three of the fifteen studied farms. The trends provoked by contrasting management scenarios were clearly different. The sustainability of the farming system was differently affected according to farm origin and structure. By compensating partly the lack of long-term results on agroforestry systems, the model provided a tool to support or modify farmers' agroforestry projects in order to fit better with their perception of the role of trees in the farm operation.

INTRODUCTION

En Europe, les arbres sont de moins en moins présents à l'intérieur et en bordure des parcelles agricoles. Il est aujourd'hui plus courant de maintenir l'arbre hors du système agricole, et donc de séparer nettement la conduite des bois et des cultures pour faciliter les travaux, leur mécanisation et leur intensification. TERUTI (AGRESTE, 1996) relevait, en 1995, seulement 203.712 ha de surface superposant des fonctions ligneuses et agricoles (essentiellement du parcours) , alors que le RGA (AGRESTE, 1988) relevait, en 1988, 10.214.086 ha de surface toujours en herbe dans les exploitations. Les financements et les réglementations européennes incitent cependant de plus en plus à diversifier les projets agricoles et forestiers en combinant des objectifs de productions et des objectifs environnementaux, et en associant différents modes de culture...Mais sans accompagnement financier et sans référence technique, les agriculteurs ne donnent qu'un faible développement à ces projets parce qu'ils y associent des bénéfices trop incertains ou à trop long terme (Rapey, 1995).

Il est clair que l'association, sur une même parcelle, d'une production ligneuse avec une activité agricole ou d'élevage ne devient sensée qu'à partir du moment où des effets induits naissent des interactions ainsi créées (Hoekstra, 1990). Généralement ces effets s'intensifient avec le développement des arbres. Aussi, leurs conséquences doivent pouvoir être estimées à moyen et long terme afin que l'agriculteur puisse anticiper sur de futurs changements importants dans ses productions et avoir une idée de la dynamique probable de son cadre de vie, de ses conditions de travail et de ses ressources. Il est donc nécessaire de disposer d'outils de simulation permettant d'évaluer les effets à long terme des techniques

agroforestières sur les productions tant d'un point de vue socio-économique qu'écologique. Les rares modèles développés pour atteindre cet objectif concernent essentiellement des systèmes de grande culture (Verhagen *et al.*, 1995) et rendent compte essentiellement de la dynamique des flux de nutriments et d'eau (Hermans et Vereijken, 1995) ou de la stricte rentabilité économique des boisements en terres agricoles (Picard, 1996). Les caractéristiques paysagères intéressant l'éleveur sont rarement prises en compte sauf quand elles sont directement liées au cycle des nutriments ou bien sous la forme d'une appréciation globale de la diversité biologique (Edwards *et al.*, 1993). La spatialisation des résultats, en liant le modèle et un SIG, est encore plus rare. L'échelle de travail est alors plutôt celle d'un bassin-versant (Moxey *et al.*, 1995) ou d'une entité administrative (Pierret *et al.*, 1996) rarement celle d'une exploitation agricole (Stoorvogel, 1995).

Le modèle que nous avons élaboré et testé doit permettre de rendre compte des principales dynamiques des systèmes agroforestiers dans des conditions variées d'exploitation. Il évalue les principaux changements produits par les modifications de l'état boisé, par rapport à la situation actuelle. Les termes de l'évaluation sont non monétaires pour ne pas multiplier les sources de distorsion ou d'erreurs de résultats liées aux incertitudes économiques à long terme. Les résultats des simulations sont instantanément confrontés aux points de vue des éleveurs qui peuvent ainsi repérer, dès la conception du projet, les principales limites au développement des techniques agroforestières sur leur exploitation. Ils peuvent aussi reformuler leur projet ou adapter les itinéraires techniques agroforestiers envisagés afin de réduire les dysfonctionnements détectés par le modèle. Le modèle est un premier moyen de mise en cohérence du projet agroforestier avec les contraintes du système.

Après une courte présentation de la structure du modèle et de ses principales fonctionnalités, une typologie des exploitations agroforestières est esquissée et le choix de trois exploitations-types est justifié. Ensuite, à partir de la simulation de trois scénarios, l'état des exploitations à différents stades de développement des arbres et à différentes périodes de la vie de l'éleveur est analysé et discuté.

MATERIEL ET METHODE

Structure du modèle de simulation

Un modèle de dynamique de ressources (MDR) a été construit et utilisé pour chaque exploitation agricole. Il lie un système d'information géographique à un programme informatique simulant les dynamiques de végétation sur chaque parcelle de l'exploitation à partir de matrices de transition propres à chaque région. Les matrices de production fourragère ont été construites à partir des résultats fournis par l'application du modèle ALWAYS (Bergez *et al.*, 1997 ; Bergez *et al.*, 1999). Les matrices de dynamique de végétation ont été élaborées à partir de l'étude de photographies aériennes anciennes. Les données de production ont été sélectionnées après une large compilation des données techniques existantes sur le potentiel fourrager des principaux types de prairies (RNED, 1983) et sur la croissance forestière des taillis et reboisements (données IFN) ou des plantations à large espacement (Balandier et Dupraz, 1999). Elles sont pondérées par un aléa climatique généré par le modèle sous la forme d'une série climatique représentant la fréquence d'occurrence d'années défavorables, moyennes et favorables.

Le modèle est basé sur quatre hypothèses (Etienne et Herlant, 1997) :

- le mode d'utilisation du sol et la gestion des parcelles par l'exploitant induisent une dynamique de végétation qui se traduit par une succession d'états structuraux dont la durée et la vitesse sont essentiellement liées à la technique utilisée et aux conditions stationnelles.
- cette dynamique est représentable par un modèle pas à pas basé sur des matrices de transition qui décrivent le temps et les conditions de passage d'un stade de la succession à un autre. La durée de la séquence est liée aux conditions stationnelles et à la longueur de la rotation déterminée par l'espèce d'arbre dominante.
- pour une classe de fertilité donnée, la production fourragère sur les parcelles agroforestières est essentiellement liée au développement de la couronne des arbres alors que la production de bois est surtout fonction de la densité et de l'âge des arbres.
- la structure de la végétation sur une parcelle donnée est un indicateur fiable des ressources disponibles sur cette parcelle, mais une structure n'est traduite en terme de ressource qu'en fonction des objectifs affectés par l'exploitant à la parcelle.

Le modèle simule 3 modes de gestion agroforestière et la jachère permanente (abandon de toute activité agricole et d'élevage). Les principales phases d'évolution ont été définies à partir de la bibliographie (Droin, 1994 ; Léouffre et Leclerc, 1996) et d'avis experts locaux. En cas d'**abandon (AB)**, la parcelle est soumise à une succession naturelle dont la dynamique est fonction des semenciers présents dans la parcelle et dans son environnement immédiat. En règle générale, l'abandon induit un embroussaillement progressif puis l'établissement d'une forêt naturelle par accru spontané. L'**agroligniculture (AL)** correspond à la plantation de moins de 400 arbres par hectare sur une prairie pour aboutir en 1 ou 2 éclaircies à une centaine d'arbres par hectare permettant de maintenir une certaine production fourragère tout au long de la rotation. Selon le climat, l'effet dépressif du couvert arboré sera plus ou moins fort et plus ou moins rapide. La **foresterie paysanne (FP)** consiste à planter de façon traditionnelle une parcelle agricole ou pastorale afin de la transformer en bois. Elle impose une période de mise en défens et provoque une forte concurrence des arbres sur le sous-bois. Le **sylvopastoralisme (SP)** consiste à opérer une succession d'éclaircies sur des boisements naturels ou artificiels existants afin de maintenir le couvert des arbres en dessous d'un seuil permettant à l'herbe de pousser. Cette technique peut être associée à des sursemis et fertilisations qui améliorent la production fourragère. Selon l'espèce d'arbre, un complément fourrager peut être obtenu au travers des fruits (glands, châtaignes) ou de la feuille (rejets de feuillus, feuillage des arbres adultes).

Les 4 techniques génèrent toutes une production de bois (de chauffage et/ou d'œuvre) et ont des conséquences marquées en terme de fragmentation et de diversification du paysage. Elles modifient également toutes la production fourragère. Les techniques agroforestières demandent toutes un investissement en travail important sur le court terme et parfois des interventions périodiques soutenues sur toute la durée du projet. C'est pourquoi, le modèle simule, sur l'ensemble de l'exploitation et pour toute la durée de la rotation, l'évolution des productions fourragères et forestières en terme de stocks et de récoltes, et la quantité de travail supplémentaire imposée par la mise en œuvre de l'agroforesterie. Il calcule également un certain nombre d'indices de diversité permettant de caractériser la diversité du « paysage » de l'exploitation.

Enfin, les résultats du modèle étant présentés sous forme de graphique, de tableau de bord, de calendrier et de plan d'exploitation, la lecture et le diagnostic du projet simulé peut être rapide. L'outil est convivial et incite l'opérateur à renouveler et affiner les simulations

pour établir un projet bien adapté à ses objectifs et contraintes. L'utilisateur (en général un chercheur et le couple d'exploitants) applique directement une des techniques proposées sur la parcelle de son choix pour une année donnée et selon l'itinéraire technique qui lui convient le mieux (choix des essences, des densités de plantation, du taux d'éclaircie, de la fréquence d'intervention,...). Il peut ensuite instantanément visualiser au moyen d'interfaces graphiques et d'un mémorandum l'impact de son action sur le fonctionnement et l'organisation de son exploitation.

Les principaux documents graphiques proposés sont :

- l'évolution des effectifs d'animaux entretenus par les surfaces pastorales et en foin de l'exploitation sur la durée du projet,
- l'évolution du bilan fourrager global de l'exploitation (pâturage, foin, complément, estive) sur la durée du projet,
- les quantités sur pied et récoltées de bois de chauffage et d'œuvre sur la durée du projet,
- les besoins en travail supplémentaire imposés par les parcelles agroforestières sur la durée du projet,
- l'évolution de trois indices de diversité sur l'exploitation (espèces dominantes, structure de végétation, couleur dominante) tout au long du projet,
- la carte d'utilisation du sol de l'exploitation pour une année donnée,
- la carte des espèces dominantes sur chaque parcelle de l'exploitation pour une année donnée,
- la carte des couleurs dominantes sur chaque parcelle de l'exploitation pour une année et un mois donnés

Choix des exploitations agroforestières

En France 50 exploitations sont suivies dans le cadre d'expérimentations de plantations de feuillus en prairies pâturées (AL). Elles manifestent donc un intérêt particulier pour l'agroforesterie, qui ne se limite pas forcément à l'agroligniculture. Certaines présentent des similitudes (14 sont producteurs de volailles fermières d'Auvergne, 32 ont planté moins de 2 ha,...). Pour élargir l'analyse de la viabilité des plantations agroforestières à une diversité

de systèmes et sur le long terme , il était préférable de s'intéresser d'abord aux situations agricoles les plus contrastées avec de grandes étendues plantées affectant de manière significative et rapide la conduite des surfaces. Douze exploitations ont donc été retenues dans un premier temps pour une analyse approfondie de leur système et de leur projet. Ce premier travail (Etienne et Rapey, 1997) a ensuite permis d'en retenir trois plus particulièrement intéressées par des scénarios agroforestiers de même type.

Les 12 exploitations ayant appliqué l'agroligniculture sur de grandes surfaces et couvrant une large gamme de systèmes d'élevage se situent en Boulonnais, Auvergne et Languedoc-Roussillon. La diversité de milieu et d'élevage est donc grande : entre 0 à 1000m d'altitude, de 600 à 1600mm de précipitations par an, des troupeaux de 50 brebis ou de 40 vaches laitières par exemple.... Le contexte agricole et forestier est aussi très contrasté : occupation quasi exclusive de l'espace par les cultures en Boulonnais, forte occupation par l'herbe, l'élevage, et la forêt en Auvergne, occupation de l'espace plus diversifiée en Languedoc-Roussillon (fig. 1).

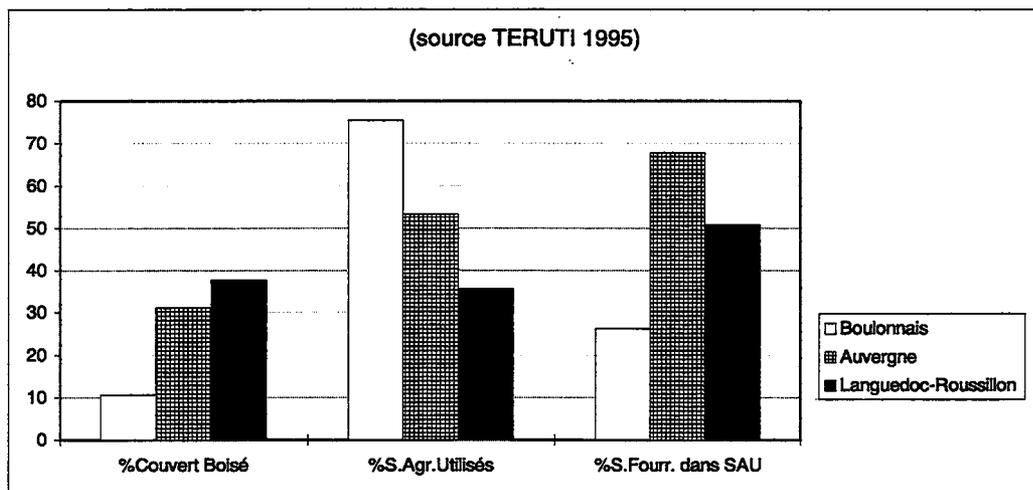
Les principales essences d'arbres présentes sont différentes avec des conséquences sur les objectifs et les niveaux de production forestière :

- frêne, grand érable, chêne pédonculé, hêtre en Boulonnais,
- chêne pédonculé, épicéa, sapin pectiné, pin sylvestre en Auvergne,
- chênes vert et pubescent, châtaignier, pin maritime en Languedoc-Roussillon.

Les exploitations du Boulonnais que nous avons retenues se caractérisent par :

- une part importante de surface en grande culture, 44 à 62% de la surface totale, ce qui implique des pics saisonniers de travail aux cultures ;
- quelques boisements sur d'anciennes terres de culture, ce qui signifie que dans cette région une redistribution de l'utilisation des terres s'amorce ;
- une faible surface en prairies avec seulement 17 à 25 ha ;
- un chargement animal sur la surface fourragère élevé, de 1,18 à 3,24 UGB/ha de SF ; grâce aux compléments en cultures annuelles (betterave, céréales) ;
- des troupeaux exclusivement de type bovin lait.

Figure 1 : Modalités d'utilisation du territoire dans les régions étudiées



Les exploitations d'Auvergne se caractérisent par :

- une part très variable de surface en herbe, 25 à 91% de la surface totale, qui implique des contraintes spécifiques de travail ;
- des bois couvrant jusqu'à 38% de la surface d'exploitation et constituant une réserve foncière et de vente de bois rapidement mobilisable ;
- pas de reboisement de terres agricoles ;
- des surfaces importantes en prairie, 32 à 61 ha, qui génèrent l'essentiel du produit d'exploitation ;
- un chargement animal sur la surface fourragère modéré, 0,74 à 2,00 UGB/ha de SF;
- des troupeaux de type bovin ou ovin.

Les exploitations du Languedoc-Rousillon se caractérisent par :

- une faible part de surface en prairie, 4 à 53% de la surface totale, souvent complétée par du parcours plus ou moins boisé, 0 à 75% de la surface totale ; des productions d'herbe hétérogènes (quantité, qualité, saison...)
- des bois couvrant jusqu'à 44% de la surface d'exploitation et constituant traditionnellement une réserve fourragère et de bois ;
- pas de reboisement de terres agricoles ;
- un faible chargement animal sur la surface fourragère, de 0,60 à 1.25 UGB/ha de prairies ;
- des troupeaux exclusivement de type ovin viande.

Les simulations de projets agroforestiers

A partir des résultats accumulés sur les parcelles expérimentales et des entretiens effectués en exploitation, des projets agroforestiers ont été élaborés en fonction des objectifs prioritaires assignés à l'agroforesterie par chaque exploitant, et selon ses propres contraintes. Pour mesurer l'impact d'aménagements agroforestiers dans ces contextes d'exploitation, le projet agroforestier conçu par l'éleveur (PJ) a été comparé à deux scénarios standards susceptibles de répondre à ces attentes : AL = plantations à large espacement échelonnées dans le temps (environ 3 ha par an) sur l'ensemble des prairies non fauchées ; ALPG ou ALSP = scénario AL + compensation des pertes fourragères par intensification des autres espaces pâturés disponibles ou par éclaircie et sursemis de bois existants.

RESULTATS

Les trois exploitations et leurs motivations pour l'agroforesterie

Les trois exploitations retenues pour la simulation comparative se différencient essentiellement par la part de surface valorisée par l'élevage, et par le type de système fourrager. Quelques chiffres illustrent ces différences (tabl. 1). Il est donc intéressant d'analyser comment l'évolution des ressources fourragères, résultant des différentes options agroforestières, seront supportées par ces exploitations.

Le développement de l'agroforesterie y est motivé par des objectifs différents selon les situations (B, A, LR). L'exploitant vise soit à améliorer les conditions de production agricole, soit à produire plus de bois, soit à modifier des aspects de son exploitation non directement liés à la production. De plus, l'exploitant attend des résultats significatifs à court terme ou à moyen terme (tabl. 2).

Sensibilité du modèle à différents paramétrages

Pour paramétrer le modèle, nous avons dû pallier un manque de données observées sur les systèmes agroforestiers : nous disposons en effet de seulement 10 ans de recul sur environ 150 ha d'expérimentation pour toute la France. Nous avons donc paramétré certaines fonctions soit à partir des résultats d'essai ou à partir des résultats de modèles biologiques, soit à partir de références forestières. Par exemple, les besoins annuels en travail ont été estimés à partir des données expérimentales pour les 5 années suivant la plantation, et à partir des barèmes de travaux forestiers pour les années suivantes. Du fait de ces approximations, les tests de sensibilité du modèle et les tests de cohérence des résultats par rapport au dire d'expert, ou à la situation actuelle, étaient particulièrement nécessaires. Certaines erreurs de programmation ont pu être ainsi corrigées. Aujourd'hui, la cohérence entre les résultats obtenus et le dire d'expert ou les pratiques des agriculteurs est bonne. Par exemple, l'aléa climatique se traduit par des variations de 15 à 30% de la capacité de couverture des besoins du troupeau par l'exploitation, fourchette tout à fait proche des variations de niveau de complémentation que pratiquent les éleveurs, selon les années climatiques.

Tableau 1: Caractéristiques des trois exploitations retenues pour les simulations

Région	Boulonnais (B)	Auvergne (A)	Languedoc (LR)
Surface en prairie pâturée (ha)	17	60,6	85,9
UGB / ha de pâture	3,24	0,74	0,64
UGB du troupeau	55 (lait)	45 (lait)	55 (lait)
Pourcentage de surface en prairie jugée faiblement productive par l'éleveur (%)	47	56	20
Pourcentage de culture dans la surface totale d'exploitation (%)	62	0	0
Pourcentage de bois dans la surface totale d'exploitation (%)	2	6 et 3 km de haie	44
Pourcentage de surface en prairie plantée sous forme d'agroligniculture (%)	6	6	5
Pourcentage de surface en bois pâturé (%)	0	0	21

Tableau 2 : objectifs d'un développement de l'agroforesterie sur les exploitations retenues pour les premières simulations

Objectifs	à court terme (moins de 10 ans)	à moyen terme (plus de 10 ans)
Agricole	(B) maintenir la production fourragère (A, LR) restaurer ou constituer des abris pour les animaux (A, LR) diversifier les activités (LR) augmenter le troupeau (LR) abriter les animaux au pâturage	(LR) installer sa fille (LR) réduire le dessèchement de l'herbe
Forestier	(B) couvrir les besoins en bois de chauffe et d'aménagement des bâtiments (A, LR) couvrir les besoins en bois de chauffe (A, LR) vendre une partie du bois de chauffe	(A, LR) constituer un capital bois
autres	(B) protéger les bâtiments (A) éviter les boisements de terres agricoles fermés et résineux (LR) créer un lieu de vie agréable (LR) créer un lieu d'accueil agréable	(B) reconstituer un paysage de verger pâturé (LR) diversifier le paysage

Analyse comparative des scénarios

Notons en préalable que les scénarios agroforestiers s'appliquent, toutes conditions d'exploitations étant semblables par ailleurs. Ceci signifie que les résultats présentés ne sont que des indicateurs des ajustements nécessaires au cours du temps, si les conditions d'exploitation restent semblables.

En Boulonnais, les résultats du scénario AL n'indiquent une diminution significative du nombre de bêtes entretenues par le pâturage qu'à partir de la quinzième année (environ 8 UGB Lait en moins). Cette diminution peut être compensée par la transformation (scénario ALPG) de 6 ha de surfaces cultivées en cultures fourragères intensives (Fig. 2). Pour cet éleveur qui a le souci de ne pas diminuer sa production d'herbe dans les 10 ans à venir, l'agroligniculture ne semble donc pas compromettre fondamentalement l'avenir de son exploitation. Par contre, la simulation de reboisements sur une partie des terres de culture (scénario PJ), envisagé dans le projet de l'exploitant dans le cadre des aides au Reboisement de Terres Agricoles, provoque un effondrement durable du cheptel entretenu par les ressources pastorales de l'exploitation (Fig. 3). Dans tous les cas de figure, la charge supplémentaire en travail reste supportable, même pour une exploitation laitière, beaucoup de travaux agroforestiers se faisant en période creuse par rapport aux activités d'élevage.

En Auvergne, les simulations prennent un autre sens. L'agroligniculture n'étant appliquée que sur les prairies permanentes, la diminution du nombre de vaches entretenues par les ressources pastorales n'est sensible qu'à partir de la vingt et unième année, mais elle implique une réduction de 44% des capacités actuelles de l'exploitation (scénario AL). De plus la charge en travail au cours des six premières années paraît exorbitante pour un élevage laitier, à cause d'une superposition de travaux de plantation avec l'entretien courant des premières parcelles plantées (Fig. 4). Pour cet éleveur, l'objectif de capitalisation sur le bois ne pourra donc qu'être partiellement rempli s'il applique l'agroligniculture seulement sur un groupe de parcelles. Une nouvelle simulation, avec application de l'agroligniculture sur un autre flot regroupant des prairies proches de la maison et très exposées au vent, montre qu'il est alors possible de maintenir sur l'exploitation un effectif raisonnable d'environ 50 vaches laitières tout en constituant un capital d'un peu plus de 1000 m³ de bois rond au bout de 70 ans (Fig. 5).

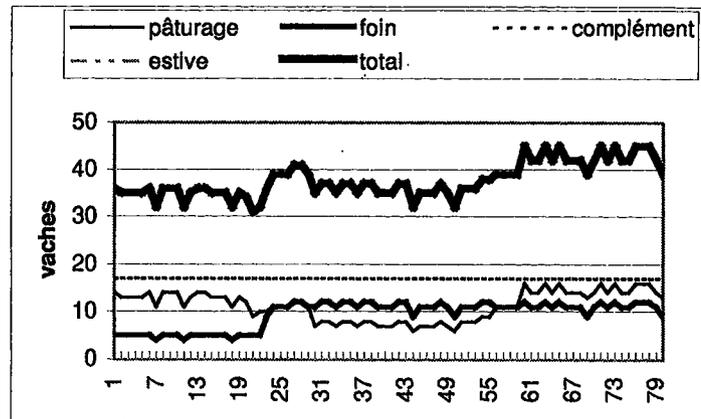
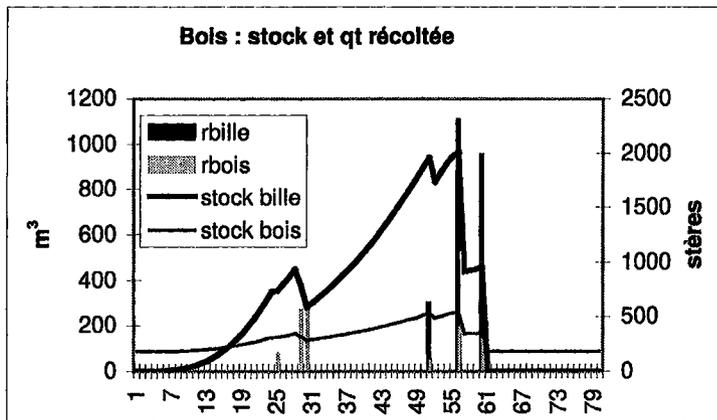
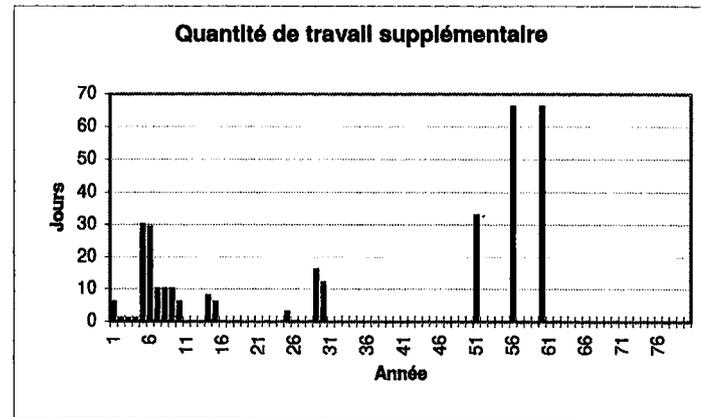
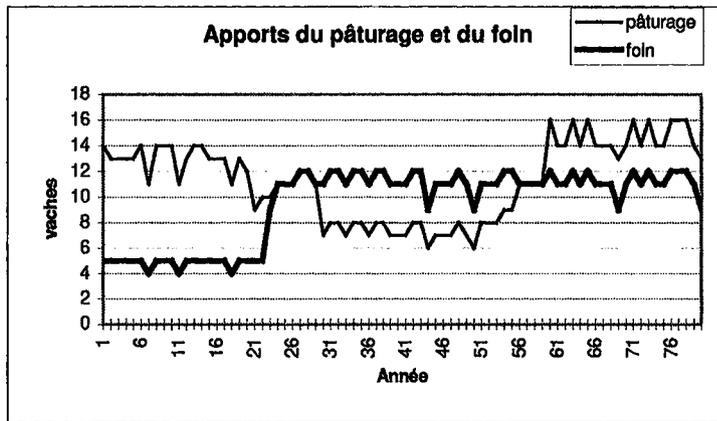


Figure 2 : Scénario ALPG sur l'exploitation du Boulonnais

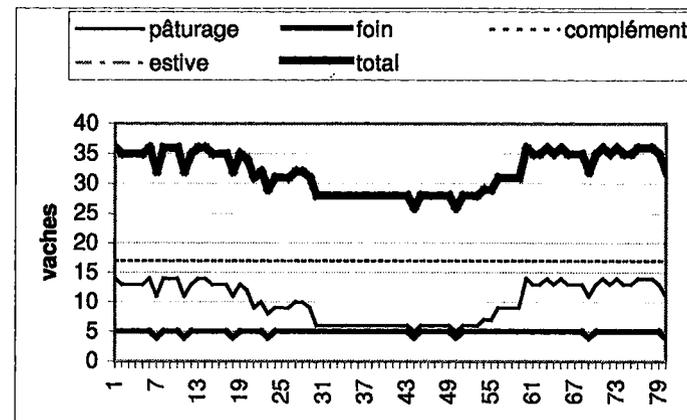
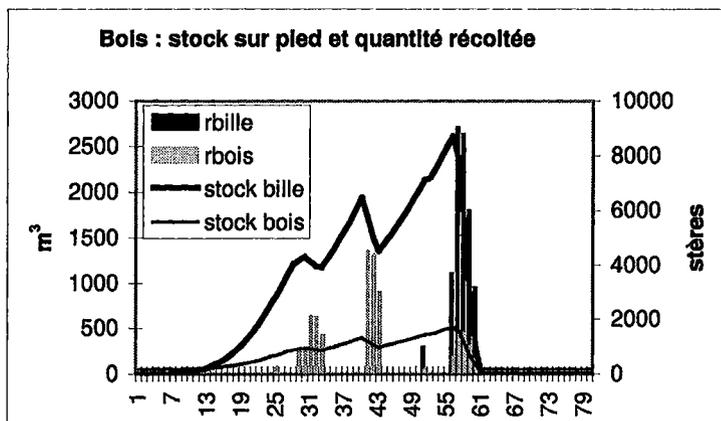
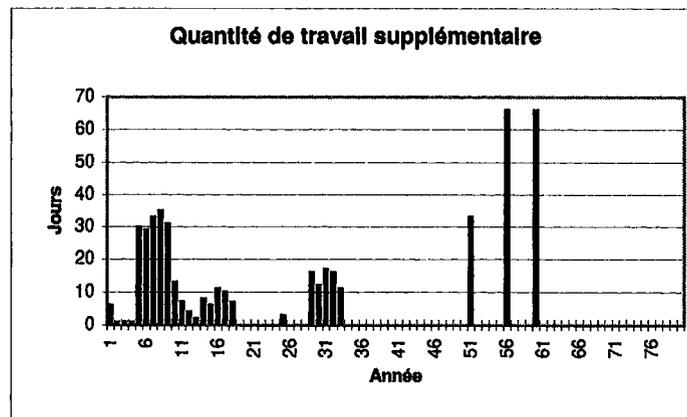
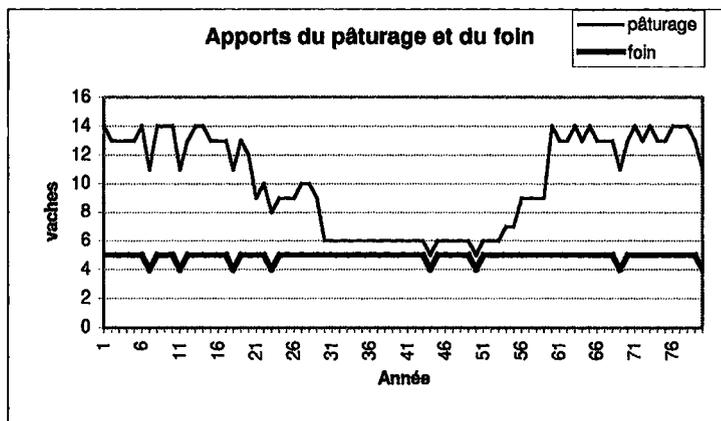


Figure 3 : Scénario PJ sur l'exploitation du Boulonnais

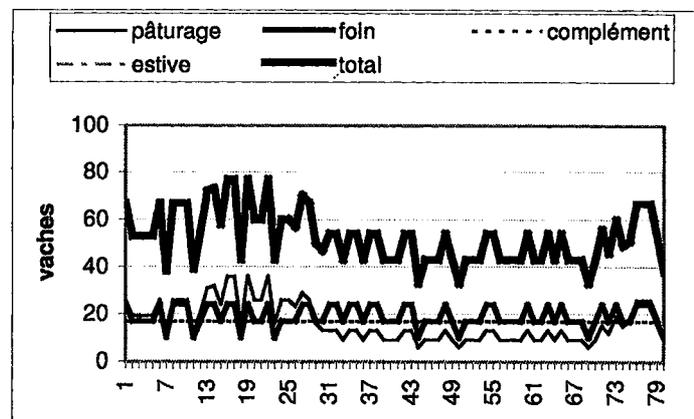
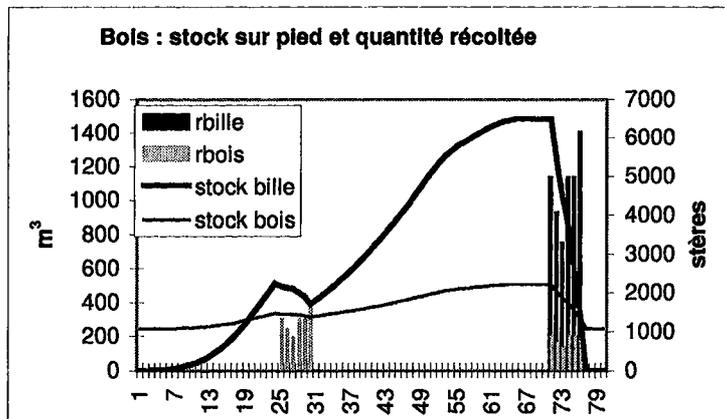
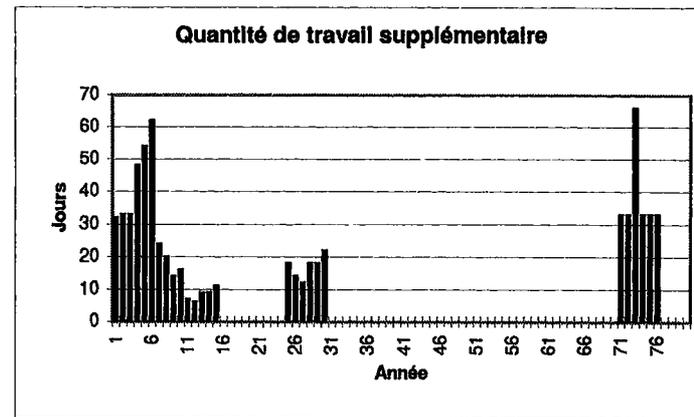
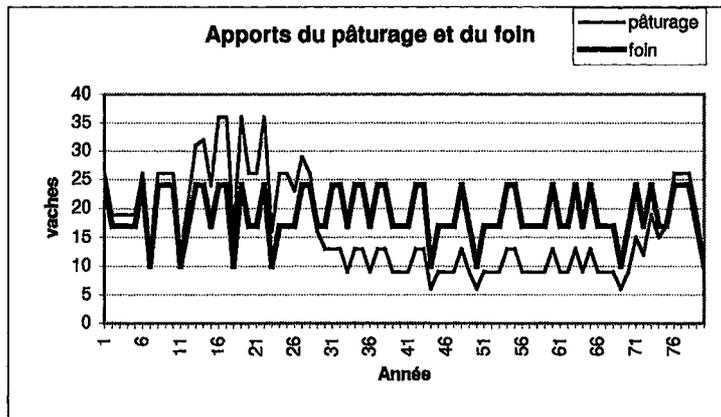


Figure 4 : Scénario AL sur l'exploitation d'Auvergne

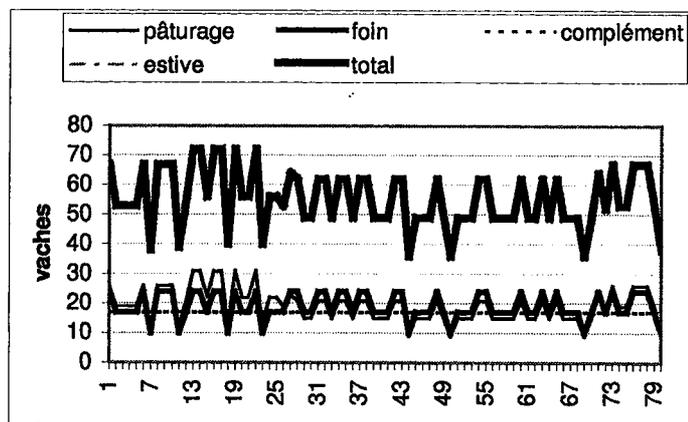
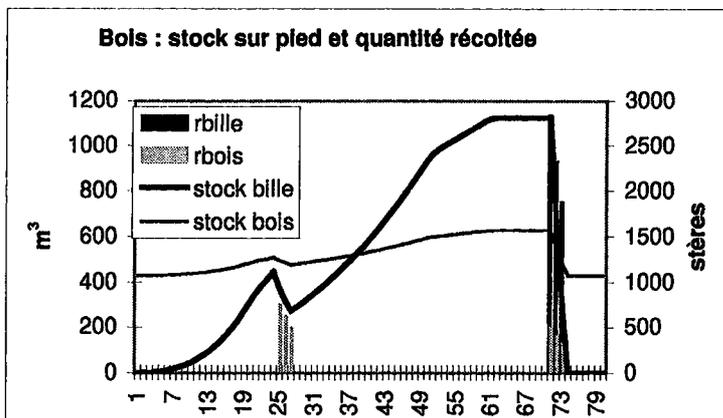
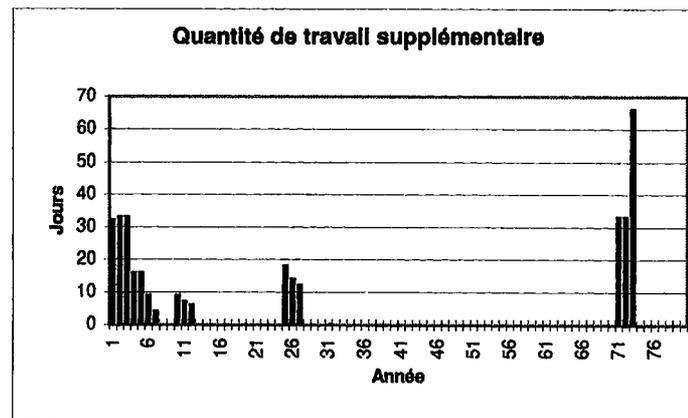
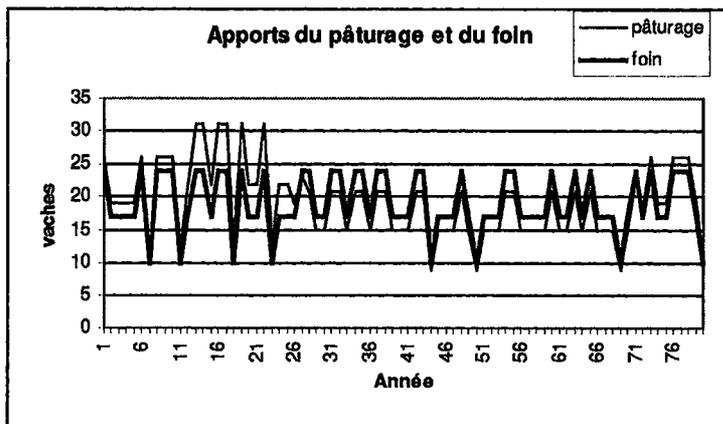


Figure 5 : Scénario PJ sur l'exploitation d'Auvergne

En Languedoc-Rousillon, les simulations montrent que la forte dépendance du système d'élevage vis à vis de la production des prairies rend incompatible la seule mise en œuvre de l'agroligniculture (scénario AL). En effet, malgré un petit effet stimulant au cours des 30 premières années, l'agroligniculture se traduit ensuite par une diminution progressive de l'effectif potentiellement entretenu par les surfaces pastorales (perte de 120 à 140 brebis) ce qui est incompatible avec l'objectif de reprise de l'exploitation par la fille des éleveurs. Un autre scénario couplant agroligniculture et sylvopastoralisme (scénario ALFP) est donc incontournable mais ne répond que partiellement à l'objectif d'augmentation du troupeau (Fig. 6). De plus, autant la production régulière de bois de chauffage est acquise et la capitalisation de bois d'œuvre assurée, cette dernière reste modeste (800 m³ de bois rond) et se produit probablement un peu tardivement dans le cycle de vie de la fille des exploitants. Enfin, malgré une disponibilité de temps beaucoup plus forte sur ce type d'élevage (ovin viande de plein air en parcs clôturés), le projet impose, sur 13 années de la rotation, des contraintes de temps de travail supérieures à 100 jours et donc la mobilisation obligatoire d'une entreprise ou d'une main d'œuvre extérieure. Mais on constate que les excédents de bois de chauffage engendrés par le projet devraient permettre de couvrir cette nouvelle dépense. Enfin, les indicateurs de diversification du paysage montrent des changements prononcés et conformes aux objectifs de l'exploitant au niveau des structures de végétation (Fig. 7) et des couleurs, mais la forte spécialisation de l'exploitation (prairie/bois) et la dominance quasi exclusive des taillis par le chêne pubescent tempèrent ces bénéfices en maintenant les indices dans des valeurs modestes.

DISCUSSION

L'approche propose une évaluation de projets agroforestiers qui prend en compte les différences d'exploitations et d'objectifs des individus. A partir d'une typologie des stratégies d'exploitants (Etienne et Rapey, 1999) et à partir d'un modèle estimant différentes évolutions d'un système agroforestier, on confronte les résultats aux objectifs et on est amené à progressivement ajuster les décisions techniques aux projets des individus (Dent *et al.*, 1995). Le modèle proposé présente l'originalité d'évaluer l'impact du développement de techniques agroforestières sur le système de production comme sur le territoire de l'exploitation. Il n'estime pas les résultats financiers car son objectif est d'abord de mesurer la compatibilité du scénario agroforestier avec les conditions en place. Il constitue également un outil d'aide à la

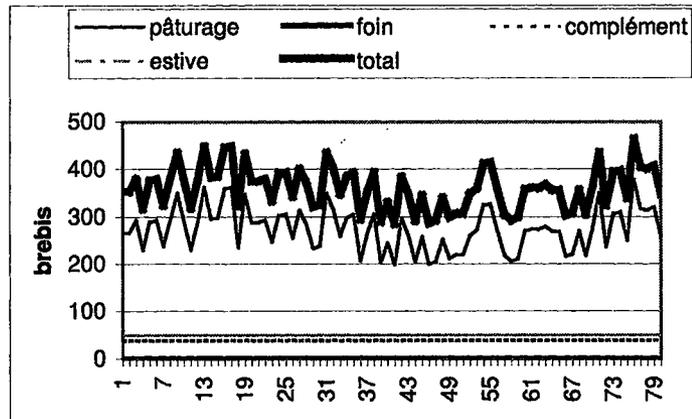
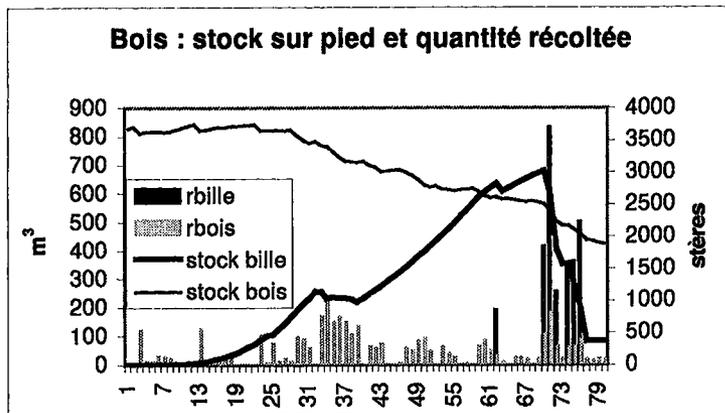
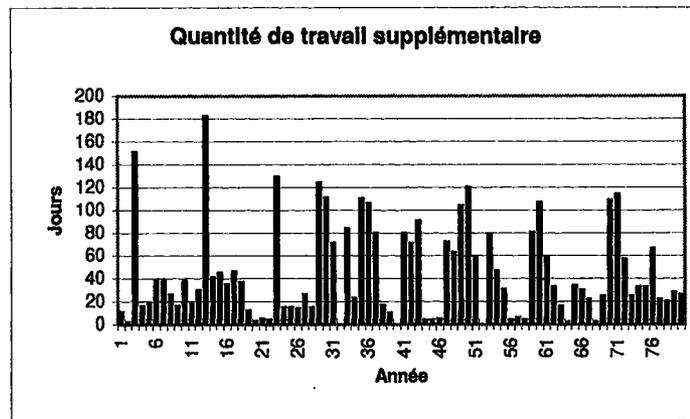
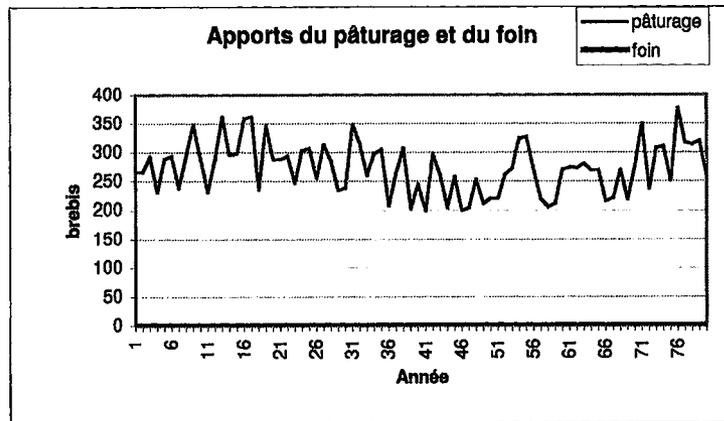
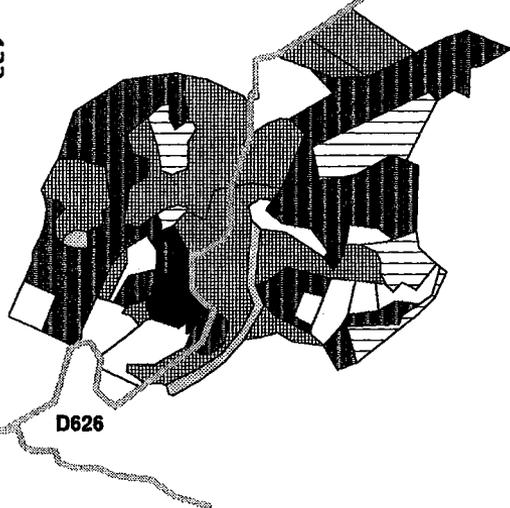
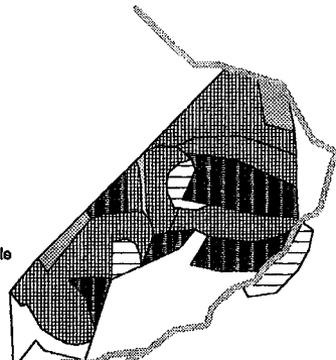


Figure 6 : Scénario ALSP sur l'exploitation du Languedoc

1990

nb couleurs = 2,09 (9)
div couleurs = 1,51 (2,2)
nb esp dom = 5 (50)
div structure = 1,34 (2,08)

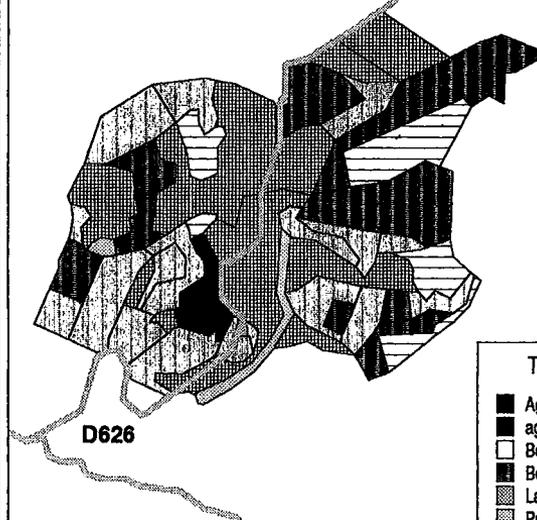
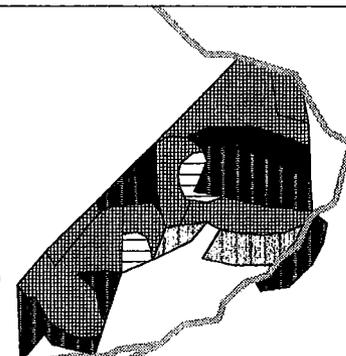
le chiffre entre parenthèses indique la valeur maximale
plus l'id est faible plus la diversité est élevée



2015

nb couleurs = 2,53 (9)
div couleurs = 1,14 (2,2)
nb esp dom = 7 (50)
div structure = 0,98 (2,08)

le chiffre entre parenthèses indique la valeur maximale
plus l'id est faible plus la diversité est élevée



TERRITOIRE DE POMY

- Agroligniculture sur prairie moyenne
- agroligniculture sur prairie sèche
- Bois ouvert sursemé
- Bois fermé
- Lande
- Prairie humide
- Prairie moyenne
- Prairie sèche

Figure 7 : Evolution de l'utilisation du sol sur l'exploitation du Languedoc entre 1995 et 2015

formulation de projet, dans la mesure où il permet d'anticiper sur les dynamiques lourdes du fonctionnement de l'exploitation et de visualiser, sur le moyen et le long terme, l'impact des pratiques agroforestières sur le cadre de vie. Le modèle reste toutefois plus fonctionnel qu'économique puisqu'il ne traduit pas les modifications de rendement ou d'effectif animal en terme de revenu ou de capitalisation, comme le propose le modèle ARBUSTA (Dupraz et Liagre, 1997).

Cet outil permet de relativiser le poids de certains facteurs de production et de faire apparaître des compensations entre facteurs « productifs » et facteurs « environnementaux ». Ainsi, il ressort des simulations que la diminution du nombre d'animaux induite par les plantations agroforestières n'est pas directement proportionnelle au chargement animal sur les prairies. Le mode d'alimentation des animaux et la composition des surfaces fourragères sont d'autres facteurs de différenciation des résultats. Par exemple, plus le poids des prairies permanentes dans l'alimentation des troupeaux sera important, plus les modifications engendrées par le développement de l'agroforesterie sur les produits d'élevage seront marquées. De même, plus la proportion de forêt paysanne dans l'exploitation sera élevée, plus la diversification du paysage par une agroforesterie viable sera difficile.

En tant qu'outil d'aide à la décision, il donne au concepteur un moyen de comparer une palette variée de choix techniques agroforestiers et d'indicateurs fonctionnels ou écologiques. Ceci lui permet d'élargir son raisonnement et de conforter progressivement son projet en fonction de ses priorités et des effets induits par le projet. Ainsi la mise en œuvre d'éclaircies sylvopastorales sera plus ou moins concentrée dans le temps et dans le territoire de l'exploitation selon le poids des attentes sur la production pastorale ou de bois de chauffage et sur la diversification des structures végétales. De même, la recherche d'une qualité de cadre de vie particulier peut fortement remettre en cause le choix et la répartition des essences forestières plantées par rapport aux normes techniques optimales ou par rapport aux critères classiques de rentabilité économique.

Toutefois, de nombreuses améliorations du modèle sont encore nécessaires comme l'élargissement de la palette technique aux haies et aux arbres fourragers, ou comme la visualisation, sur des documents cartographiques d'usage facile pour l'agriculteur (cadastre, photographie aérienne), des différents états des parcelles de l'exploitation. Il reste également à coupler le modèle avec une évaluation économique des résultats marchands et non marchands

prenant en compte les externalités (Terreaux, 1996 ; Rapey, 1997). Cela devrait permettre à tout exploitant de porter un diagnostic économique et pas seulement technique sur un projet agroforestier en fonction de ses propres critères d'évaluation et d'une hiérarchisation de ses domaines d'intérêt.

REFERENCES

- AGRESTE, 1996. *L'utilisation du territoire en 1995*. Données chiffrées Agriculture n°80, Toulouse (France), 71 pages.
- AGRESTE, 1988. *Recensement Agricole*. Tableaux Prosper, Tome 1, Paris (France), 215 pages
- BALANDIER P., DUPRAZ C., 1999. Growth of widely spaced trees. A case study from young agroforestry plantations in France. *Agroforestry systems*, in press.
- BERGEZ JE., BALANDIER P., ETIENNE M. 1997. Sensitivity of the Always silvopastoral simulation model across contrasting pedoclimatic conditions. Proc. International Workshop on « Agroforestry for a Sustainable Land Use », Montpellier, France, :395-400.
- BERGEZ JE., ETIENNE M., BALANDIER P. 1999., Always : a biophysical plot-based silvopastoral model. Ecological Modelling, in press.
- DENT J., EDWARDS-JONES G., MC GREGOR M. 1995. Simulation of ecological, social and economic factors in agricultural systems. *Agricultural Systems*, 49(4), 337-351
- DROIN E., 1994. Simulation de l'impact du développement de l'agroforesterie ou de la jachère sur la dynamique du paysage. Mémoire ENITA Bordeaux, 74 p.
- DUPRAZ C., LIAGRE F., 1997. Prévoir l'impact de la conversion à l'agroforesterie d'une exploitation agricole avec le logiciel arbustra. Proc. International Workshop on « Agroforestry for a Sustainable Land Use », Montpellier, France, 201-205
- EDWARDS C., GROVE T., HARWOOD R., COLFER C. 1993. The role of agroecology and integrated farming systems in agricultural sustainability. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 46(1-4), 99-121
- ETIENNE M., HERLANT P., 1997. A model for designing sustainable agroforestry systems. Calatrava J. & Doppler W. (eds).
- ETIENNE M., RAPEY H., 1997. Simulations de techniques agroforestières sur des projets d'exploitations agricoles de Languedoc, Auvergne et Picardie. Proc. International Workshop on « Agroforestry for a Sustainable Land Use », Montpellier, France, :207-210.
- ETIENNE M., RAPEY H., 1999. Simulating integration of agroforestry into livestock farmers' projects in France. *Agroforestry Systems*, in press.
- HERMANS C., VEREIJKEN P. 1995. Grazing animal husbandry based on sustainable nutrient management. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 52(2-3), 213-222
- HOEKSTRA D., 1990. Economics of agroforestry. In : Mc Dicken K. & Vergara N. (eds) : Agroforestry, classification and management. New York (USA), Wiley, p.310-331
- LEOUFFRE MC., LECLERC B., 1996. Dynamique paysagère et évolution des risques d'incendie. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 29, 153-168
- MOXEY A., WHITE B., ANDERSON R., RUSHTON S., 1995. An approach to linking an ecological vegetation model to an agricultural economic model. *Journal of Agricultural Economics* 46(3), 381-397.
- PICARD O., 1996. Scénarios technico-économiques de boisement de parcelles d'exploitations agricoles en Midi-Pyrénées. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 29, 213-227
- PIERRET P., PERROT C., THINON P., JOLY D., LANDAIS E., 1996. De l'activité agricole au paysage. Une démarche de modélisation. In *Rencontres Recherches Ruminants*, 3, 1-8
- RAPEY H., 1995. Plantation de feuillus précieux en prairie pâturée chez des propriétaires privés : résultats et contexte technico-économique. Rapport Cemagref, INRA, Clermont-Ferrand, 25 p.
- RAPEY H., 1997. Evaluation économique à l'échelle d'un ménage des systèmes agroforestiers de régions tempérées : problématique et méthode. Proc. International Workshop on « Agroforestry for a Sustainable Land Use », Montpellier, France, :207-210.
- RNED, 1983. Production Fourragère, données disponibles en Auvergne. Réseau National d'Expérimentation et de Démonstration en Elevage Bovin, Paris, fiche n°2.
- STOORVOGEL, J., 1995. Integration of computer-based models and tools to evaluate alternative land-use scenarios as part of an agricultural systems analysis. *Agricultural Systems*, 49(4), 353-367
- TERREAUX JP., 1996. Le boisement dans l'exploitation agricole : modèles micro-économiques de prise en compte des externalités. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 29, 183-194
- VERHAGEN A., BOOLTINK H., BOUMA J., 1995. Site-specific management: Balancing production and environmental requirements at farm level. *Agricultural Systems*. 49(4), 369-384

Production de bois et différences de gestion entre forêts privées et forêts publiques

Jean-Philippe TERREAUX

*IGREF - Cemagref¹
UR irrigation, BP 5095, F-34033 Montpellier cedex 1, France*

RESUME

Nous donnons ici quelques raisons fondamentales expliquant la différence de gestion entre forêts publiques et forêts privées, pour ce qui concerne la seule production de la matière ligneuse. En effet, si l'on se reporte au Manuel d'aménagement de l'ONF(1989) pour les forêts publiques, il est clair que l'objectif y est de retirer des revenus réguliers, les plus importants possibles. En ce qui concerne les forêts privées, qui font partie de patrimoines gérés dans un souci de rentabilité, l'objectif est de retirer les revenus importants, que l'on peut désirer être les plus réguliers possibles. Les deux objectifs pourraient donc sembler équivalents.

Mais dans une première partie, nous rappelons pourquoi la recherche de revenus constants conduit à une sylviculture différente de la recherche de la valorisation maximale du facteur limitant qu'est le foncier, même une fois atteint un régime stationnaire correspondant à des revenus constants. Les revenus et les sylvicultures sont alors différents. Des exemples numériques concernant le pin maritime et l'épicéa commun montrent l'importance de ce débat.

Nous poursuivons ce travail en nous plaçant non plus dans les cas, certes illusoire, où les régimes stationnaires (les récoltes constantes) sont atteints mais dans un cadre plus général. Nous montrons alors que les deux méthodes de gestion à la base des sylvicultures publiques (maximisation de la récolte soutenable) et privées (critère de Faustmann, ou de rentabilité financière) sont en fait deux

¹ Travaux réalisés en grande partie à l'INRA, Unité d'Economie et Sociologie Rurales de Toulouse
e-mail: jean-philippe.terreaux@cemagref.fr

extrêmes d'un critère plus général, qu'il s'agisse de la gestion d'une forêt dans sa globalité, ou d'une parcelle incluse dans une telle forêt. Ils ne sont en fait pas opposables, mais reposent sur des hypothèses économiques différentes (en pratique un paramétrage différent du critère plus général).

Nous étudions enfin quelques caractéristiques de ce critère général et indirectement des deux critères "extrêmes" (typiquement gestion publique et gestion privée): consistance temporelle (d'où une éventuelle possibilité de décentraliser les décisions) et impact de l'imperfection du marché financier.

ABSTRACT

We give here some fundamental reasons of the differences of management of public and private forests for wood production. We make the hypothesis here that the aim of the management of public forests is the search of the greatest possible sustainable wood harvest. The aim of the management of private (non-industrial) forest owners is the search of the most important harvests, that the owner would like to be as regular as possible. The two objectives may seem to be equivalent.

In a first part we show why the search of constant revenues will lead to a different silviculture than the search of the maximum profitability of the limiting factor which is the available land surface, even when a stationarity state is obtained. Profitability, harvests and silviculture are then different. Numerical results concern *Pinus pinaster* and *Picea abies*.

Thereafter, in a more general situation, we show that these two solutions are in fact two extremes cases of a more general model, that we develop, and of which we give some properties. As many extremes, they have little chance to correspond to the reality.

The difficulty, implied by the use of this general criterion is the necessity to estimate adequately different parameters, among them an actualisation rate and a utility function. But it is clear that these choices are either necessary or implicit, notably when one of the two preceding criteria is used.

1 INTRODUCTION

Les gestionnaires de forêts, qu'elles soient publiques ou privées, et dans ce dernier cas qu'elles appartiennent ou non à des particuliers, sont souvent perplexes devant certains résultats des économistes. Une fois le problème auquel ils font face dépouillé de toutes considérations d'ordre purement technique ou environnemental, la littérature propose deux voies majeures de gestion forestière (Moiseev, 1995), qui conduisent à des solutions techniques radicalement différentes.

On trouve ainsi d'une part, les critères dits de "pure rationalité économique" (critère de M. Faustmann, par référence à son article de 1849, noté par la suite MF), pour lesquels il s'agit de maximiser la valeur actualisée du bénéfice net issu des travaux sylvicoles, ce qui dans certains cas n'exclut pas l'épuisement de la ressource.

D'autre part les critères liés à la notion de "soutenabilité" (notés SY, pour Sustainable Yield), qui visent à ce que la génération actuelle puisse retirer de la ressource le maximum de bénéfices sans amoindrir ce que les générations futures pourront elles-mêmes en retirer (Gong, 1991), ce qui n'implique pas nécessairement une bonne rentabilisation des investissements forestiers. On notera que la soutenabilité est ici définie au sens économique et non pas écologique (Common & Perrings, 1992; Amir, 1995).

Nous n'avons pas l'intention de retracer ici l'historique de ces deux concepts majeurs concernant l'âge optimal de coupe des arbres. Sur ce point, le lecteur pourra se référer à Peyron & alii (1998).

Peut-on se satisfaire de la situation à laquelle risque de conduire cette dichotomie, à savoir l'existence d'une forêt duale? Ce serait difficilement acceptable, à cause des problèmes inhérents à chacune de ces solutions, et parce que cela amènerait globalement à une sous-valorisation des services, au sens large, que peut rendre la forêt à la société (Guérin, 1994 et Barthod, 1995).

Les hypothèses sur lesquelles sont fondés les résultats ne sont pas réductrices. En revanche, c'est un des objectifs de cet article de montrer que ce sont les deux critères MF et SY qui sont éventuellement réducteurs, s'ils sont employés sans discernement. Il est clair toutefois que ce travail ne concerne que la production de bois et non pas les aménités ou les externalités liées aux forêts.

Ce problème est typique de l'économie forestière, à cause de la limitation qu'apporte en général les contraintes foncières, et de la faible liquidité de tels investissements, mêmes si ces considérations peuvent avoir des retombées en économie générale. L'enjeu de ce qui est présenté ici est particulièrement important pour la forêt paysanne, qu'il s'agisse de forêts issues du boisement récent de terres agricoles, puisqu'il faut savoir quels sont les revenus que l'on peut en attendre, ou de la valorisation de forêts plus anciennes, dans ce dernier cas lorsque l'on veut redynamiser la gestion d'un tel patrimoine, et non plus se contenter de continuer les usages habituels sans se poser la question de leur pertinence.

Objectif

Ce que nous cherchons ici, ce n'est pas commenter ou ajouter des arguments à l'un ou à l'autre, encore moins prendre parti. Nous profitons de l'expérience de la gestion des forêts françaises, forêts publiques, et privées, paysannes ou non, ces dernières étant, pour les plus grandes d'entre elles, soumises à des contraintes réglementaires de gestion soutenable, afin de montrer qu'en réalité ces deux solutions, MF et SY, sont en fait deux cas extrêmes d'un problème beaucoup plus général.

La solution proposée ne se veut pas non plus un moyen terme, un compromis, entre ces solutions. Elle repose simplement sur des hypothèses plus réalistes que celles à la base de chacun de ces deux critères.

Présentation du document

Pour ce faire, nous montrons en premier lieu (section 2) que ces deux solutions extrêmes ne sont en fait pas opposables par les objectifs qu'elles visent (la production d'un revenu régulier maximum, ou d'un revenu maximum régulier), mais bien plus par les hypothèses sur lesquelles elles reposent.

Nous travaillons ensuite dans le cadre d'un exemple simple, à savoir comment entreprendre la gestion d'une forêt existante, sous réserve toutefois qu'elle soit suffisamment grande pour que ce problème ait un sens.

Les hypothèses générales que nous formulons nous permettent alors de proposer une solution pour laquelle MF et SY ne sont que deux cas particuliers, correspondant à des valeurs extrêmes de certains paramètres (section 3.1.).

Nous étudions ensuite un autre problème, celui de la détermination de l'âge de coupe des arbres, pour une parcelle isolée (section 3.2.). Ce problème est plus restrictif que le précédent, mais il nous confirmera comment les formules correspondant à MF et SY peuvent ici aussi être retrouvées en tant que cas particulier.

La section 4 commente ensuite les propriétés de cette solution générale, et la compare à celles des deux cas limites MF et SY: consistance temporelle (section 4.1.) et imperfection des marchés financier (4.2.).

2. COMPARAISON DES REGIMES STATIONNAIRES: BOISEMENT D'UNE TERRE AGRICOLE

Nous rappelons ici pourquoi les régimes stationnaires atteints par les gestionnaires de forêts publiques et par ceux qui ont en charge des forêts privées sont différents.

Pour ce faire, nous rappelons ici les grandes lignes du raisonnement présenté dans Terreaux (1996a).

Supposons que deux agriculteurs, nommés par la suite M.F. et S.Y. héritent chacun de terrains non boisés, de surface S suffisamment grande, dont ils ne veulent se séparer, et qu'ils ne peuvent agrandir. Ils décident de les boiser et de se consacrer à la sylviculture de manière à ce que les ventes de bois leur procurent un revenu régulier, identique d'une année à l'autre, mais le plus grand possible, une fois le régime permanent atteint. Cette contrainte de régularité, courante dans la définition des plans d'aménagement forestier, correspond bien à la notion de récolte soutenable que nous avons exposée précédemment.

Convenons des notations suivantes:

t est le temps continu,

r_t est le produit de la récolte d'une unité de surface portant des arbres d'âge t ,

On suppose que pour la partie de la courbe qui nous intéresse $r_t' > 0$ et $r_t'' < 0$.

i est le taux d'actualisation,

S est la surface totale de ces terrains.

Pour simplifier au maximum les notations et notre exposé, on ne tient pas compte des différents risques encourus par les investissements en forêt. Il n'y a pas de coût de plantation, de sylviculture ou d'entretien, ni d'autres recettes que celles issues de la récolte de régénération de la parcelle. Nous ne comparons que les régimes permanents obtenus.

Afin de donner le maximum de valeur à ce dont il vient d'hériter, M.F. va chercher en régime permanent à maximiser la valeur du sol, qui est le facteur limitant.

Il maximise en conséquence (voir par exemple Johansson & Löfgren, 1985, ou Frayssé & alii, 1990, pour une démonstration) la chronique de recettes obtenues à

partir de chaque unité de surface (critère de Martin Faustmann, ou bénéfice actualisé sur une durée infinie):

$$\text{Max}_t [r_t (e^{-it} + e^{-2it} + \dots)] = \text{Max}_t \left[r_t \cdot \frac{1}{e^{it} - 1} \right] \quad (1)$$

de solution t_{MF}^* .

S.Y. va procéder autrement: Il sait que la surface S dont il dispose sera divisée en t_{SY}^* (son âge de coupe optimal) parties égales, et ainsi qu'à chaque année il va récolter:

$$\frac{S \cdot r_t \cdot t_{SY}^*}{t_{SY}^*}$$

De manière à obtenir chaque année le revenu constant le plus grand possible (Sustainable Yield), t_{SY}^* est alors solution de:

$$\text{Max}_t \left[\frac{S r_t}{i t} \right] \text{ c'est à dire de } \text{Max}_t \left[\frac{r_t}{t} \right] \quad (2)$$

Les équations (1) et (2), résolues respectivement par M.F. et S.Y., étant différentes, les deux solutions le seront évidemment aussi.

On montre qu'en effet $t_{SY}^* > t_{MF}^*$ (cf. Terreaux, 1996a)²:

Sur un plan quantitatif, des simulations conduisent à des âges optimaux de coupe finale présentés dans le Tableau 1. Elles concernent une parcelle de pin maritime, puis une parcelle d'épicéa commun, et elles sont construites à partir

² Remarque: cette conclusion sur la relation d'ordre entre t_{SY}^* et t_{MF}^* dépend de la spécification du modèle; il est parfois possible, en particulier lorsque l'on fait intervenir les différents coûts de plantation et de gestion, d'avoir la relation inverse, ce qui en pratique reste toutefois rare. De simples considérations de statique comparative permettent de le comprendre (Binkley, 1987).

d'hypothèses standards de croissance, de coûts et de prix. Tous les détails des calculs sont présentés dans Peyron et alii (1998).

Tableau 1: Age optimal de coupe pour deux parcelles représentatives selon la méthode de raisonnement retenue

Age optimal de coupe	t_{SY}^*	t_{MF}^*
pin maritime	73 ans	51 ans
épicéa commun	69 ans	59 ans

On comprend mieux ainsi l'importance des enjeux économiques, sylvicoles et même industriels du problème étudié ici.

Or M.F. aura donné le maximum de valeur à sa forêt tout en ayant un revenu régulier d'année en année. La solution de S.Y. paraît donc dominée par celle de M.F., puisqu'elle ne présente pas d'avantage au niveau de la régularité des recettes (dans les deux cas les revenus sont constants d'une année à l'autre) et qu'en plus M.F. maximise la valeur procurée par chaque m^2 de son domaine. Pourtant S.Y. semble poser correctement le problème auquel il fait face.

Premiers commentaires

Nous insisterons plus dans la section 4 sur les conséquences du choix d'un critère, mais de suite nous pouvons faire les commentaires suivants:

a/ Valeur des deux forêts

La valeur de chacune des forêts se définit par la valeur actualisée des revenus qu'elle procure. Elle est donc égale à $Sr_t^*/(i.t^*)$ pour M.F. et pour S.Y.

Comme $r_t^* > 0$ et que $t_{SY}^* > t_{MF}^*$, le revenu par unité de surface (par m^2) récoltée est plus grand pour S.Y. que pour M.F. ($r_{tSY}^* > r_{tMF}^*$). En revanche la surface récoltée chaque année est plus grande pour M.F. que pour S.Y. (car S/t_{MF}^*

> S/t_{SY}^*). Au total, S.Y. aura un revenu annuel plus important. En ce sens la solution SY est bien optimale. Une illustration numérique de ces résultats est donnée dans le Tableau 2, à partir des mêmes hypothèses sylvicoles et économiques que précédemment.

Tableau 2: Pour une forêt de surface 100 ha, soit de pins maritimes soit d'épicéas communs, calcul de la surface récoltée chaque année (une fois atteint l'état stationnaire) et du revenu annuel par ha de la forêt aménagée pour S.Y. et pour M.F.

	pin maritime	épicéa commun
S/t_{SY}^*	1,37 ha/an	1,45 ha/an
S/t_{SY}^*	1,96 ha/an	1,69 ha/an
revenu annuel par ha de S.Y.	4816 F/ha/an	2133 F/ha/an
revenu annuel par ha de M.F.	4075 F/ha/an	1926 F/ha/an

b/ Pourquoi deux solutions différentes?

Le gestionnaire M.F. utilise le critère de Faustmann. Il suppose donc (cf. Frayssé & alii, 1990):

- l'existence d'un marché financier parfait,
- l'absence de risque (tout au moins il n'en tient pas compte),
- la prise en compte de la seule production de bois, pour sa valeur marchande.

Sous ces hypothèses, la solution de M.F. est optimale, ce qui n'est pas le cas de celle de S.Y.. Notons toutefois que sous ce jeu d'hypothèses, il n'est plus nécessaire de rechercher la régularité des récoltes, puisque l'existence d'un marché financier parfait permet d'obtenir des revenus réguliers à partir d'une optimisation de l'usage du sol (qui reste la seule contrainte).

Il est donc possible, grâce à ce marché, d'obtenir un revenu constant plus grand que celui obtenu en gérant la forêt de sorte que ce soit elle-même qui fournisse des produits réguliers.

La recherche de récoltes de bois constantes d'une date à l'autre n'a donc plus d'intérêt ici.

La contrainte de régularité des récoltes peut donc être levée, ce qui permet d'augmenter l'objectif de rentabilité (puisque la maximisation n'est pas contrainte).

La différence des revenus obtenus par M.F. et par S.Y. correspond au poids de cette contrainte régularité, qui vient entraver la production forestière, cette contrainte étant mesurée en considérant le marché financier parfait.

c/ Une fois les récoltes régulières obtenues, la contrainte de régularité peut-elle être levée?

Supposons que M.F. et S.Y. aient atteint chacun leur régime stationnaire.

Une année quelconque donnée, M.F. refait les différents calculs, afin de déterminer l'âge auquel il doit couper les arbres. Les conditions économiques n'ayant pas changé, il retrouvera naturellement t_{MF}^* .

En revanche, si S.Y. calcule, au moment de la régénération d'une parcelle, l'âge auquel il va couper les arbres qu'il va planter, et s'il omet la contrainte de régularité de revenu, il va résoudre non pas

$$\text{Max}_t \frac{r_t}{t} \text{ de solution } t_{SY}^*$$

mais plus naturellement $\text{Max}_t [r_t(e^{-it} + e^{-2it} + \dots)] = \text{Max}_t \left[r_t \cdot \frac{1}{e^i - 1} \right]$ de solution t_{MF}^* .

Ce qui est logique, puisqu'ici il est bien fait un raisonnement à la parcelle, et M.F. maximise bien la valeur de chacune de ses parcelles.

Cette contrainte de régularité des revenus ne peut donc être levée par la suite, même si l'état stationnaire est atteint. Cela signifie qu'elle fait en permanence peser un coût sur la rentabilité de la forêt. Autrement dit, la solution stationnaire ne peut être la simple juxtaposition de la gestion de plusieurs parcelles, chacune d'elles portant des arbres d'âge différent, chacune d'elle étant aussi gérée à son optimum.

L'âge de coupe des arbres ne sera donc pas le même pour M.F. que pour S.Y., même une fois le régime permanent atteint. C'est la source de problèmes de consistance temporelle que nous examinerons plus loin (section 4.1.). De manière pratique cela conduit à l'impossibilité de décentraliser la gestion de la forêt (au niveau temporel, c'est à dire à des dates futures, ou géographiquement, c'est à dire à des niveaux géographiques plus petits). Cela explique peut-être pourquoi les plans d'aménagement en forêt publique doivent être si précis (prescriptions détaillées jusqu'à un futur éloigné).

Il est clair aussi qu'il n'est pas cohérent, dans le but général de maximiser l'utilité intertemporelle retirée de la forêt, de vouloir rechercher une stabilité de la récolte de bois à partir d'âges définis par le critère de Faustmann, puisqu'il y aurait incohérence entre les hypothèses nécessaires à l'utilisation de ce dernier critère (marché financier parfait) et celles sous-jacentes à l'objectif recherché.

3. RENTABILITE ET SOUTENABILITE

3.1. Gestion d'une forêt ancienne

3.1.1. Objectif général

Il s'agit ici de mettre en valeur une forêt ancienne, de surface S , dont les arbres ont atteint un état tel qu'ils ne croissent pratiquement plus. On suppose que les parcelles exploitées sont immédiatement replantées (réglementation contre les défrichements, supposée s'appliquer ici), et que les arbres de l'essence de reboisement sont récoltables après un temps minimum de θ .

Nous cherchons alors le programme de coupe et de replantation qu'il est optimal de mener, pour que la forêt réponde au mieux aux besoins de l'agriculteur propriétaire.

3.1.2. Le modèle et ses simplifications.

Nous faisons ici l'hypothèse (voir Blanchard & Fisher, 1993, ou Henderson et Quandt, 1971) que l'objectif de l'agriculteur peut se traduire par la maximisation de la somme actualisée des utilités retirées des opérations de gestion. Il peut donc s'écrire:

$$\text{Max} \sum_{t=1}^{\infty} \delta^t U(r_t)$$

avec U cette fonction d'utilité, δ le coefficient d'actualisation, et r_t le revenu à la date t.

L'utilité retirée de ces forêts est supposée comme précédemment ne provenir que de la récolte de bois. On négligera donc dans ce modèle toutes les aménités et externalités positives dues à la présence de forêts (sur ce sujet, voir Terreaux (1996c).

On suppose aussi, pour simplifier l'exposé, que l'accroissement des arbres utilisés pour le reboisement est négligeable après l'âge θ .

Le produit de la récolte d'une unité de surface ancienne est égal au produit de la récolte d'une unité de surface plantée avec l'essence de reboisement, une fois que pour cette dernière les arbres ont atteint ou dépassé l'âge θ . Cela est certes réducteur, mais cela ne trahit pas les propriétés de la solution recherchée.

Une gestion suivant les préceptes de M.F. (voir section précédente) entraînerait une exploitation immédiate de toute la forêt, suivie de récoltes périodiques toutes les θ années. Une gestion selon S.Y. entraînerait une récolte de S/θ chaque année.

Nous montrons dans l'Annexe 1 que cela correspond à des valeurs bien particulières des paramètres du modèle. Pour cela, après avoir précisé les notations utilisées, nous résolvons ce problème. Le passage à la limite pour certains paramètres nous conduit à ce résultat. Les conclusions sont résumées dans le Tableau 3.

3.1.3. Construction d'une fonction d'utilité.

Il est possible de construire de manière non-paramétrique une fonction d'utilité qui corresponde effectivement aux objectifs de l'exploitant agricole. Nous en donnons ici un exemple.

Si le volume de bois récolté régulièrement chaque année est relativement faible, le complément de revenu induit peut servir en premier lieu à rembourser des emprunts contractés dans le cadre des activités de l'exploitation. Si l'on suppose le taux d'emprunt important, la valeur marginale de cette production l'est aussi.

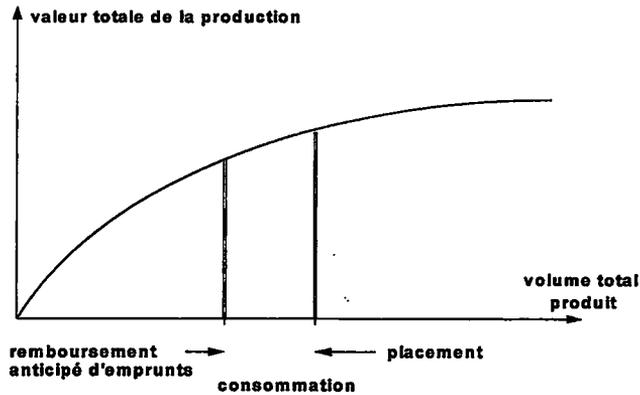
Si en revanche, ce volume de bois récolté est beaucoup plus grand, alors, outre le remboursement des emprunts en cours, il peut par exemple permettre des placements sur le marché financier, mais à un taux moins rémunérateur que le taux auquel les emprunts ont été contractés. La valeur marginale d'une unité de volume de bois produit est donc plus faible dans ce cas.

On peut illustrer ceci par la courbe suivante qui correspond à la définition implicite d'une fonction d'utilité des volumes produits.

Il est possible aussi de prendre en considération le fait que plus les consommations sont élevées, plus la valeur marginale d'un franc est faible, mais cela est plus compliqué.

On trouvera un autre exemple, plus détaillé, de tels calculs dans Morel & Terreaux (1995).

Figure 1: Construction d'une fonction d'utilité implicite: valeur de la production en fonction du volume produit



3.2. Détermination de l'âge de coupe des arbres pour une parcelle

Montrons que pour cette question aussi, MF et SY ne sont que deux cas particuliers d'un problème plus vaste.

Considérons le problème de la détermination de l'âge de coupe des arbres sur une parcelle (on ne fait pas intervenir ici les opérations sur d'autres parcelles, au cas où le domaine considéré en comprendrait plusieurs, ni les autres opérations possibles sur le reste de l'exploitation agricole).

Nous conservons l'hypothèse que l'objectif du gestionnaire se traduit par la maximisation de la somme actualisée des utilités procurées par cette parcelle.

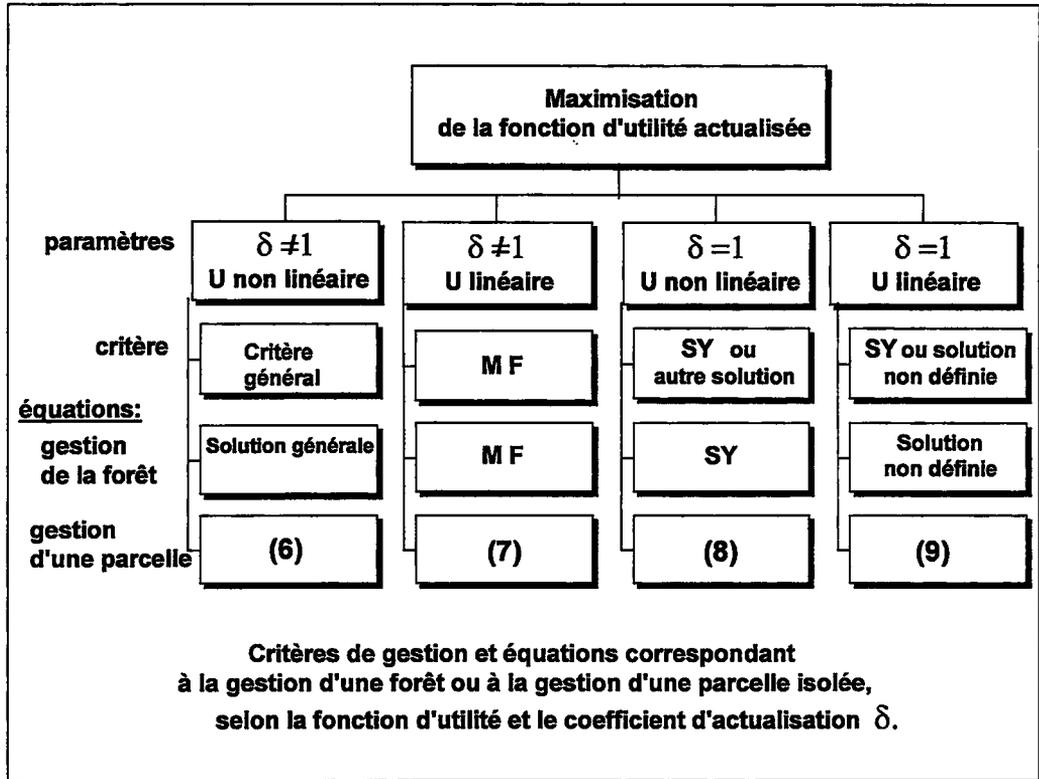
Soit T l'âge auquel seront récoltés les arbres. On se place à l'année de la plantation de ces arbres. La plantation des arbres entraînera donc une suite de revenus $r_T, r_{2T}, \dots, r_{\infty T}$ (On peut supposer que l'on ne se sépare jamais de cette parcelle, ou sinon que le produit de sa vente est tel que l'utilité que l'on en retire est égal à l'utilité que l'on aurait retiré de sa culture).

T optimal est donc déterminé par:

$$\text{Max}_t \left[\frac{U(r_t)}{e^{\delta t} - 1} \right]$$

Différentes hypothèses supplémentaires peuvent alors être appliquées. Elles conduisent, selon les raisonnements détaillés en Annexe 2, aux autres conclusions présentées dans le Tableau 3.

Tableau 3: Critères de gestion en fonction des hypothèses retenues
Les numéros (6) à (9) renvoient aux équations de l'Annexe 2



4. COMMENTAIRES: COMPARAISON DES DIFFERENTES SOLUTIONS

4.1. Consistance

Il est possible de définir ainsi la consistance temporelle (cf. Karp & Newbery, 1993): Une solution à un problème dynamique est dite temporellement consistante si la poursuite de la stratégie de référence, définie par ce chemin, représente la solution du problème dynamique posé en n'importe quel point de ce chemin de référence.

Le critère MF (de Faustmann), et celui plus général de la maximisation d'une fonction d'utilité actualisée, ont cette qualité. En effet, ce dernier correspond à un problème d'optimisation dynamique et le principe de Pontriaguine (Pontriaguine & alii, 1974), nous assure que tout segment de la trajectoire optimale est lui-même optimal. Le critère MF n'en étant qu'un cas particulier aura aussi cette propriété.

Ne pourrait-on considérer que SY est aussi un cas particulier de ce critère général, et qu'il devrait lui-même présenter cette propriété: On a vu que SY implique l'emploi d'un coefficient d'actualisation égal à 1, ce qui amène, lorsqu'on pose le modèle sous la forme d'un problème d'optimisation dynamique, à comparer entre elles des valeurs infinies. La solution ne peut être ainsi définie.

Or la solution SY est en fait une solution statique: une seule valeur de la variable commande u est définie pour toutes les dates t . Ce qui signifie que cette solution (la surface à récolter chaque année) doit être maintenue quelles que soient les conditions rencontrées dans le futur, en particulier après que des travaux programmés aient été effectués (ce qui change les conditions initiales du problème), ou après la réalisation de certains aléas.

En ce sens la solution SY est elle aussi consistante, si le programme défini au départ est poursuivi quoiqu'il en coûte.

Mais elle ne l'est plus si l'on cherche à introduire (sous forme d'objectif ou de contraintes) des notions qui seraient contradictoires avec les hypothèses sous-jacentes à l'emploi de ce critère.

En particulier, il ne serait pas possible de chercher la maximisation des revenus sous contrainte de régularité ou de non-décroissance de ces derniers, comme l'a montré McQuillan (1986).

4.2. Imperfection des marchés financiers

Pour le critère général précédent, et pour MF, il est possible d'adapter les raisonnements précédents dans le cadre d'un marché financier imparfait (Frayssé &

alii, 1990), ou dans celui de taux d'actualisation différents d'une période à l'autre. Ainsi il est possible par exemple de calculer la valeur d'une forêt pour un agriculteur qui tantôt emprunte, tantôt effectue des placements sur un marché financier imparfait, notamment parce qu'il mène, dans le cadre de la gestion de l'ensemble de son exploitation, de nombreux autres projets (Morel & Terreaux, 1995).

En ce qui concerne le critère SY, on a vu (section 2) que l'on sortait d'une logique financière. La question n'a donc plus d'intérêt ici. On remarquera aussi qu'il n'y a pas non plus de sens à calculer la rentabilité de l'investissement d'un franc marginal dans la sylviculture (ce qui implicitement pourrait impliquer l'emploi d'un taux), puisque par ce critère, on ne cherche plus une valorisation des capitaux investis, mais une régularité parfaite des récoltes de bois. On ne choisit donc plus un taux, parce que l'on ne cherche pas à rentabiliser les investissements. Ce critère ne permet pas tant d'éviter de choisir un taux, que d'éviter de se poser des questions d'ordre économique.

5. CONCLUSION

Nous avons montré qu'il n'y avait pas en fait deux modes de gestion opposés, MF (critère de Faustmann) et SY (gestion soutenue), entre lesquels il est nécessaire de choisir, et qui conduisent chacun à des opérations sylvicoles et à des résultats très différents.

Au contraire, ces deux modes ne sont que deux cas extrêmes d'un critère plus général, celui de la maximisation de l'utilité actualisée retirée des investissements forestiers. Comme tout extrême, ils n'ont en fait que peu de chance de correspondre à la réalité, et c'est sans doute la raison pour laquelle ils sont en fait finalement assez peu utilisés tels quels en pratique, quoiqu'ils constituent deux piliers de la littérature sur les aménagements forestiers.

Ce modèle plus général est bien entendu lui-même une réduction de la réalité, mais les hypothèses qui ont été nécessaires pour simplifier l'exposé ne remettent pas en cause les liens de causalité entre objectif et critère. Bien entendu, il est clair

qu'avant d'employer ce dernier, un certain rhabillage est nécessaire, en introduisant les différents coûts de sylviculture, les différents produits, des lois de croissance réalistes... et aussi par exemple les paramètres de la fiscalité ou des contraintes réglementaires.

Parfois même des facteurs psychologiques peuvent intervenir: par exemple la poursuite d'une gestion soutenue de la forêt, dans le cas de domaines privés importants transmis de génération en génération au sein d'une même famille, permet d'éviter que la trace de récoltes temporairement plus importantes ne marque la forêt et n'en grève les résultats pour les temps à venir, souvenir marquant laissé aux héritiers.

La difficulté impliquée par l'introduction de ce critère général est la nécessité d'estimer de manière adéquate les paramètres introduits (en particulier en ce qui concerne le taux d'actualisation et la fonction d'utilité). Ce choix est de toute façon soit nécessaire, soit implicite (et dans ce cas il correspond à des valeurs extrêmes), lorsque l'un des deux critères MF ou SY est retenu.

Au total on comprend mieux pourquoi, toutes considérations concernant l'accueil du public, l'environnement ou l'écologie mises à part, certains préceptes de gestion des forêts publiques ne peuvent s'appliquer aux forêts privées, et inversement. On peut aussi expliquer pourquoi on constate une multiplicité des modes de gestion des forêts privées, et en particulier des forêts paysannes. Au total cela peut aider à mieux conseiller les uns et les autres dans les décisions liées à la sylviculture.

REFERENCES

- AMIR S., 1995, The environmental cost of sustainable welfare, *Ecological Economics*, 13, 27-41.
- BARTHOD C., 1995, Le nouveau contexte des politiques forestières: le débat international sur la gestion durable, *Cahiers de la DERF*, Ministère de l'Agriculture, 16 p.
- BINKLEY C.S., 1987, When is the optimal economic rotation longer than the rotation maximum sustained yield?, *Journal of environmental economics and management*, 14, 152-158.
- BLANCHARD O.J., S. FISHER, 1993, *Lectures on macroeconomics*, the MIT Press, Cambridge, 650 p.
- BOWES M.D., J.V. KRUTILLA, 1985, Multiple use management of public forest land, *Handbook of natural resources and energy economics*, Elsevier, 531-569.
- BRUMELLE S., W.T. STANBURY, W.A. THOMPSON, I. VERTINSKY, D. WEHRUNG, 1990, Framework for the analysis of risks in forest management and silvicultural investments, *Forest Ecology and Management*, 35, 279-299.
- COMMON M., C. FERRINGS, 1992, Towards and ecological economics of sustainability, *Ecological Economics*, 6, 7-34.
- DOVERS S.R., 1995, A framework for scaling and framing policy problems in sustainability, *Ecological Economics*, 12, 93-106.
- FAUSTMANN M., 1849, Berechnung des Wertes Waltboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen, *Allgemeine Forst und Jagd-Zeitung*, 25, 441-455
- FRAYSSE J., M. MOREAUX, J.P. TERREAUX, 1990, Actualisation et gestion forestière, *Cahiers d'économie et Sociologie Rurales*, 15/16, 112-125.
- GOLLIER C., 1995, Should young people be less risk-averse?, Working paper, GREMAQ-IDEI, Toulouse, 26p.
- GONG P., 1991, Forest economics and timber harvest scheduling: an overview analysis, *Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen För Skogsekonomi, Arbetsrapport 129*, 89p.
- GUERIN J.C., 1994, Perspectives d'évolution de la sylviculture et de l'aménagement forestier dans les forêts françaises, *Bulletin du Conseil Général du GREF*, 38, 33-50.
- HARTMAN R., 1976, The harvesting decision when a standing forest has value, *Economic Inquiry*, 14, 52-58.
- HENDERSON J.M., R.E. QUANDT, 1971, *Microeconomic theory*, McGrawHill, New York, trad. française Dunod, Paris, 1972, 408 p.
- HIRSHLEIFER J., A. DOWNS and alii, 1974, Sustained yield versus capital theory, in *The economics of sustained yield forestry*, University of Washington, Seattle, 10p.
- HULTKRANTZ, 1991, A note on the optimal rotation period in a synchronized normal forest, *Forest Science*, 37, 1201-1206
- JOHANSSON P.O., K.G. LOFGREN, 1985, *The economics of forestry and natural resources*, Basil Blackwell Ltd, Oxford, 292 p.
- KARP L., D.M. NEWBERY, 1993, Intertemporal consistency issues in depletable resources, *Handbook of natural resources and energy economics*, vol III, Elsevier, 881-931.
- McQUILLAN A.G., 1986, The declining even-flow effect - non sequitur of national forest planning, *Forest Science*, 32-4, 960-972.

- MOISEEV N.A., 1995, The economic theory of decision-making in forestry: historical aspects, XX IUFRO World Congress, Tempere, 8p.
- MOREL M., J.P. TERREAUX, 1995, L'estimation de la valeur des forêts à travers un exemple: entre simplification abusive et complexité du réel, Revue Forestière Française, 47, 2, 151-161.
- Office National des Forêts, 1989, Manuel d'aménagement, 3^e édition, Paris, ONF, 151 p.
- PEYRON J.L., J.P. TERREAUX, P. CALVET, B. GUO, F. LEPINE, 1998, Les principaux critères de gestion des peuplements forestiers: analyse critique et comparative, Annales des Sciences Forestières, 55, 523-551.
- PONTRIAGUINE L., V. BOLTJANSKI, R. GAMKRELIDZE, E. MITCHENKO, 1974, Théorie mathématique des processus optimaux, Ed. MIR, Moscou, 317 p.
- TERREAUX J.P., 1996a, Gestion des forêts: rentabilité et durabilité sont-elles opposables? Cahiers d'économie et sociologie rurales, n°41, 133-147.
- TERREAUX J.P., 1996b, Between sustainability and profitability, INRA-ESR Toulouse, série D, 96-02D, 20 p.
- TERREAUX J.P., 1996c, Le boisement dans l'exploitation agricole: Modèles micro-économiques de prise en compte des externalités, Etudes et recherches sur les systèmes agraires et le développement, n° 29 "La forêt paysanne dans l'espace rural", INRA-Editions, 183-194.

ANNEXE 1

A1.1. Les notations

t est le temps discret,

δ est le coefficient d'actualisation pour une période de temps,

θ est l'âge à partir duquel on pourra couper les arbres que l'on plante à la place de la forêt initiale,

$x(t)$ est le revenu en t ,

$U(x)$ est l'utilité procurée par ce revenu.

On pose $U(0) = 0$, et on suppose U dérivable deux fois,

avec $U'(x) \geq 0$ et $U''(x) \leq 0$, $\forall x \geq 0$.

On utilisera ultérieurement la fonction $U(x) = x^b$, avec $0 \leq b \leq 1$.

$u(t)$ est la variable de commande, à savoir les surfaces de forêts récoltées à la date t .

Chaque unité de surface récoltée procure un revenu égal à une unité.

On a donc $x(t) = u(t)$.

S est la surface totale de la forêt.

$S(t)$ est la surface d'arbres mûrs, c'est à dire soit de la forêt ancienne non encore exploitée, soit des reboisements ayant dépassé l'âge θ , disponibles après la récolte de $u(t)$.

A1.2. Les équations

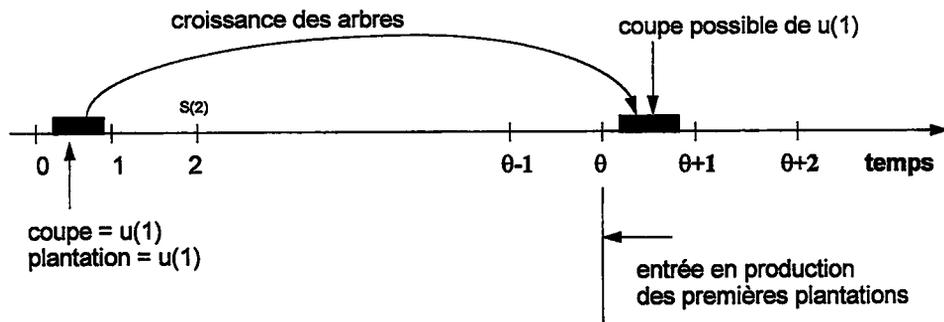
L'objectif général s'écrit ici:
$$\text{Max}_{u(t)} \left(\sum_{t=1}^{\infty} \delta^t U(u(t)) \right) \quad (3)$$

avec les contraintes et liaisons:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \leq S(t) \leq S \\ S(t) - S(t-1) = u(t-\theta) - u(t) \text{ si } t > \theta; S(t) - S(t-1) = -u(t) \text{ sin on} \\ u(t) \geq 0 \\ S(0) = S \end{array} \right.$$

on pose $u(t) = 0$ pour $t \leq 0$ pour simplifier les notations.

Figure 2: Schéma du programme de coupe et de replantation de la forêt ancienne



A1.3. Résolution

Le lecteur intéressé par les détails de la résolution pourra se reporter à Terreaux (1996b). Ici nous examinons seulement le cas où $U(x) = x^b$ avec $0 \leq b \leq 1$

Les deux équations correspondant aux conditions nécessaires d'optimalité, dans le cas où aucune contrainte n'est serrée, conduisent à:

$$u(t) = \delta^{\frac{1}{b-1}} u(t+1)$$

Puisque la surface S est récoltée dans sa totalité à la date θ , on a

$$\begin{aligned} S &= u(1) + u(2) + \dots + u(\theta) \\ &= \frac{\alpha^\theta - 1}{\alpha - 1} u(\theta), \text{ avec } \alpha = \delta^{\frac{1}{b-1}} \end{aligned}$$

$$\text{d'où } u(1) = \alpha^{\theta-1} \frac{\alpha - 1}{\alpha^\theta - 1} \text{ et } u(\theta) = \frac{\alpha - 1}{\alpha^\theta - 1}$$

Etude du cas où $b = 0$

Pour $b \rightarrow 0$, la fonction d'utilité devient "de plus en plus concave". Alors $\alpha \rightarrow \frac{1}{\delta}$. La solution converge vers une loi géométrique, qui reste toutefois différente de la solution SY si $\delta \neq 1$.

Si $b = 0$, U est constante quelles que soient les actions menées. Il n'y a donc aucun moyen de comparer les différentes solutions.

Etude du cas où $b = 1$ (U est linéaire)

$$\text{Pour } b = 1, \text{ l'objectif général se réécrit: } \underset{u(t)}{\text{Max}} \left(\sum_{t=1}^{\infty} \delta^t u(t) \right) \quad (4)$$

Si $\delta < 1$ (ce qui correspond à un taux d'actualisation non nul), alors on a intérêt à récolter l'intégralité de la surface dès la première année. En effet, supposons que l'on retarde ne serait-ce que d'une période la récolte d'une surface ε :

Alors, on consent à une perte d'utilité en période 1 de ε , pour obtenir un gain en période 2 de $\delta\varepsilon$. Le bilan de l'opération: $\delta\varepsilon - \varepsilon$ est négatif. Il en est évidemment de même si l'on retarde de plusieurs période la récolte de toute surface.

La conduite optimale consiste en conséquence à récolter toute la surface disponible à des dates espacées de θ . La contrainte $S(t) = 0$ est en permanence serrée.

On veillera au fait que l'on sort dès $t = 2$ du cadre dans lequel aucune contrainte n'est serrée. Pour $2 \leq t \leq \theta$, on aura $u(t) = 0$, puisqu'aucune surface n'est disponible pour la récolte. Et à la date $\theta + 1$, on se retrouve dans la même situation qu'initialement. On a donc une suite de récoltes périodiques (de période θ) de l'intégralité de la forêt. Il s'agit bien de la solution de M.F.

Pour $\delta < 1$ et pour $b \rightarrow 1$, l'utilité tend vers une fonction linéaire, alors $\frac{1}{b-1} \rightarrow -\infty$ et $\alpha \rightarrow +\infty$. Donc on récolte tout en $t = 1$. On retrouve bien la solution MF comme cas limite.

ANNEXE 2

T optimal est ici déterminé par:
$$\underset{t}{\text{Max}} \left[\frac{U(r_t)}{e^{\alpha t} - 1} \right] \quad (5)$$

Une condition nécessaire d'optimalité est

$$U'(r_T) \cdot (e^{iT} - 1) \cdot r'_T - i e^{iT} U(r_T) = 0$$

soit:
$$r'_T \cdot \frac{U'(r_T)}{U(r_T)} = \frac{i e^{iT}}{e^{iT} - 1} \quad (6)$$

1/ Si $U(r_t)$ est linéaire, alors cette expression devient:

$$\frac{r'_T}{r_T} = \frac{ie^{iT}}{e^{iT} - 1}, \text{ c'est le critère MF (voir équation (1))} \quad (7)$$

2/ Si, dans l'expression générale, $i \rightarrow 0$, alors $\frac{ie^{iT}}{e^{iT} - 1} \rightarrow \frac{1}{T}$

donc T est déterminé par $r'_T \frac{U'(r_T)}{U(r_T)} = \frac{1}{T}$. (8)

Si de plus U est linéaire, cela conduit à $\frac{r'_T}{r_T} = \frac{1}{T}$. (9)

Il s'agit de l'âge optimal de coupe pour SY (voir équation (2)).

THEME 2

Systemes agroforestiers, hydrologie et cycles biogéochimiques au sein des systemes agraires

Introduction au thème 2

P. MEROT¹, J. RANGER², J.P. DEFFONTAINES³

¹ INRA Unité Science du Sol et de Bioclimatologie
65 rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes cedex

² INRA Unité Ecosystèmes forestiers
54280 Champenoux

³ Unité SAD VDM – Section de Versailles
route de Saint-Cyr, 78026 Versailles cedex

Ce thème a émergé suite à une réflexion préalable sur les interactions entre « systèmes hydrauliques et systèmes agraires » (colloque « Agriculteurs, agricultures et forêts », Paris, décembre 1994). Trois axes, faisant état des connaissances actuelles, avaient été développés :

- 1) l'intérêt de développer le boisement dans un système agraire soumis à des contraintes de qualité de l'eau souterraine était montré à partir de l'exemple de Vittel. Dans ce programme de recherche et d'action, les aspects sociaux et paysagers (en terme d'image) avaient été également pris en compte, en même temps que les aspects qualité de l'eau ;
- 2) le rôle hydrologique et géochimique des structures linéaires boisées était abordé, soulignant le peu de connaissances, notamment sur l'aspect de contrôle géochimique qui pourrait être exercé par les haies ;
- 3) enfin, le rôle tampon des formations végétales riveraines des cours d'eau, sur les flux de polluants agricoles était synthétisé, à partir d'une abondante littérature internationale sur le sujet.

Il ressortait de cette réflexion, d'une part l'intérêt manifeste représenté par des structures boisées insérées dans des paysages agricoles plus ou moins intensifs dans le contrôle des polluants, mais d'autre part un manque de références permettant de quantifier ce rôle, et de l'évaluer à l'échelle du paysage.

Trois équipes ont tenté d'aborder ce thème, certes de façon partielle. On notera en particulier que le rôle des ripisylves et des zones riveraines boisées n'a pas été abordé, sans doute parce que les travaux sur ces zones ressortent plus de la thématique « zone humide ». Ils sont traités dans le cadre du programme national de recherche sur les zones humides, mais en

se focalisant plus sur le rôle du sol et des conditions hydrologiques que sur celui des formations végétales qui y sont implantées.

Un premier papier de Marc Benoit et G. Fizende analyse à partir d'enquêtes la qualité en nitrate des eaux en bassins forestiers d'alimentation, dans les Vosges. Ces auteurs confirment les résultats, classiques maintenant, sur les caractéristiques favorables à la ressource en eau de ces bassins. Cependant ils le quantifient dans leur contexte spécifique, et ce pour tous les types de couverts forestiers étudiés. Ils mettent en évidence un seuil d'extension minimale nécessaire à une bonne qualité de la ressource, mais également le rôle du mode de gestion forestière sur le maintien de cette qualité.

Le papier de Puech, Cernesson et Balas porte sur la même thématique, en s'appuyant *pro parte* sur la même méthodologie, mais dans un tout autre contexte géologique, climatique, et agricole, celui du Gers. A partir de l'étude de 53 bassins (suivis sur le terrain et sur SIG), ces auteurs sont amenés à hiérarchiser les facteurs influents : d'abord le climat, ensuite les intrants, enfin le contexte physique et anthropique. Si la forêt apparaît là aussi un facteur positif sur la qualité de l'eau, avec des valeurs d'émission du même ordre que précédemment, on retiendra le rôle de l'organisation spatiale des cultures : leur distance au réseau hydraulique est un facteur d'atténuation du flux de polluants. Il s'agit là de résultats prometteurs, où l'on voit que le rôle de la forêt peut dépasser un simple effet surfacique.

On aborde avec le troisième article, de Forget et Grimaldi, le rôle hydrique et biogéochimique de la forêt linéaire boisée. L'étude locale d'une haie du bocage, basée sur de lourdes campagnes de mesures *in situ*, apporte des informations originales dans un domaine encore peu exploré, même s'il est l'objet de beaucoup d'enjeux. Il apparaît ainsi essentiel d'associer étroitement le fonctionnement hydrique du sol et celui, biogéochimique, du système haie. Les premiers résultats montrent un cycle hydrique annuel très prononcé, la période estivale se marquant par un fort dessèchement du système. Les chroniques géochimiques montrent de leur côté une consommation (s.l.) des nitrates dont tous les facteurs ne sont pas encore élucidés.

L'ensemble de ces résultats, somme toute modestes, apparaissent cependant plutôt précurseurs d'un champ de recherche original dont on verra dans la suite tout l'intérêt de le développer. Ils ont en tout cas correspondu à une phase d'initiation de la recherche, puisque

chacune de ces équipes étoffe ce travail, à travers différents programmes (européens, nationaux, régionaux). Elles le font de plus en collaboration, suite aux liens créés au sein de l'AIP.

On dégagera maintenant les perspectives à la lueur de 2 questions : au-delà de cette AIP, y a-t-il ou y aura-t-il une demande venant des gestionnaires du territoire sur la caractérisation fonctionnelle de la forêt rurale ? Cette caractérisation fonctionnelle peut-elle être le cadre d'une problématique scientifique porteuse ?

Sur le premier point, la situation est sans doute très dépendante de la région considérée, mais la généralité du problème est cependant illustrée par la diversité des régions où se sont déroulés les travaux présentés ici : Bretagne, Vosges, contrefort des Pyrénées, avec, in fine, la question récurrente du rôle de la forêt rurale dans le contrôle des flux de polluants. Trois types de demande émergent actuellement :

- les gestionnaires en charge de l'aménagement foncier ou du remembrement : ces aménagements, autrefois exclusivement tournés vers une restructuration du paysage dans un objectif agricole, intègrent maintenant d'autres fonctions, notamment paysagère et environnementale avec la protection des ressources, et apportent des questions sur le rôle de la forêt rurale (bosquets, haies ...). Ces actions s'orientent même vers la mise en place de projets communaux, comme en Ile et Vilaine, où la place des acteurs non agricoles - avec leurs propres questions - devient importante.
- l'émergence d'une gestion de bassins versants, à travers les SAGE, les SDAGE, les contrats de bassins...apporte de nouvelles questions sur un aménagement cohérent des territoires, où la place des zones-tampons, et donc de la forêt rurale, est importante,
- enfin, on peut penser que la forêt rurale pourrait devenir la destination de certains produits non désirables dans le domaine agricole (épandage de boues urbaines...). Cette utilisation, qui dépendrait de la fonction forestière mise en avant, ne pourrait être développée que de façon très contrôlée.

Ces demandes, au moins les deux premières, - la troisième étant plus prospective -, sont fortes et vont de la recherche de références techniques permettant d'évaluer objectivement ces fonctions environnementales, jusqu'à la mise au point de guides opérationnels pour la

création, la gestion, la restauration ou la création de systèmes boisés. Il y a donc effectivement une attente importante vis à vis de la recherche.

Sur le deuxième point, cette caractérisation fonctionnelle, hydrologique et biogéochimique vise à comprendre l'interaction de deux systèmes, l'un agricole, l'autre forestier. Si chacun des deux est relativement bien connu, l'évaluation des interactions et du fonctionnement global de ce *système hétérogène* est un enjeu scientifique tout à fait porteur. Ce système hétérogène présente notamment des gradients importants (hydriques, géochimiques...) à la limite des deux milieux considérés qu'il est nécessaire de prendre en compte. Ainsi, au-delà des quelques questions qui ont été abordées dans le cadre de l'AIP, un certain nombre de questions se posent :

- de façon immédiate, le rôle de la structure du paysage et de la topologie du système forestier versus le système agricole est le premier point. Le rôle de la forêt dépasse-t-il un simple rôle de pondération des flux de polluant par un effet propre épurateur, du fait de sa position spatiale d'une part et d'un effet de lisière d'autre part ?
- l'impact des ripisylves et autres zones boisées riveraines sur l'eau et les écosystèmes aquatiques est un champ également à développer.
- le rôle de la nature même du système boisé (essence, âge, densité, mode d'entretien...) devra être approfondi, dans l'optique d'une gestion de ces espaces.
- d'autres questions se poseront prochainement auxquelles il faut se préparer à répondre, notamment sur le rôle du boisement vis à vis de la pollution atmosphérique (émission des bâtiments d'élevage, dérive lors des épandages d'aérosols) ainsi que le stockage de polluants (métaux lourds...) dans la biomasse végétale pérenne.

Enfin, il est clair qu'il faut renforcer sur ces thèmes, d'une part au niveau local la contribution de la *biogéochimie* pour dépasser le stade du bilan hydrochimique et aller vers les mécanismes, d'autre part l'intégration spatiale des résultats à travers la *modélisation hydrologique distribuée* pour arriver à un effet quantifié à l'échelle du paysage. Tous ces points commencent à être abordés à travers différentes actions : l'action structurante AQUAE, à l'initiative de l'INRA et du Cemagref, sur la gestion des milieux aquatiques, l'AIP AGREDE traitant plus spécifiquement des déchets, l'action « charges critiques » qui, à travers la détermination des apports acides tolérables par les systèmes forestiers, contribue à déterminer l'origine de la composition des eaux. Il s'agit in fine d'un domaine en pleine expansion, tant au plan national qu'international.

Fonctionnement hydrique et géochimique du talus de ceinture de bas-fond : Conséquences sur le transfert et le devenir des nitrates

Virginie Caubel-Forget ¹, Catherine Grimaldi ²

¹ INRA Unité Sol et Agronomie de Rennes-Quimper
65 rue de St Brieuc 35042 Rennes Cedex France
fax : 02-99-28-54-30 tel : 02-99-28-27-93, e-mail : forget@coetdan.roazhon.inra.fr

² INRA Unité Sol et Agronomie de Rennes-Quimper
65 rue de St Brieuc 35042 Rennes Cedex France
fax : 02-99-28-54-30 tel : 02-99-28-54-24, e-mail : grimaldi@roazhon.inra.fr

RESUME :

Dans le contexte actuel de pollution des eaux et de tentative de restauration de leur qualité par l'amélioration de la gestion des structures du paysage, nous nous sommes intéressés au fonctionnement hydrologique et géochimique du talus (levée de terre) et de la haie (alignement d'arbres) qui ceignent les zones humides de fond de vallées. Notre objectif est de déterminer les modifications hydrologiques et géochimiques des flux qui y transitent avant de rejoindre la zone humide. Nous avons pour cela effectué, de janvier à décembre 98, des mesures tensiométriques et des prélèvements d'eau libre du sol, sur deux transects proches, l'un avec talus et haie et l'autre sans, à l'amont d'une prairie humide de bas-fond. Les résultats mettent en évidence de fortes différences hydrologiques entre les deux transects, essentiellement à partir de la période estivale. Le transect avec haie présente une dynamique hydrique différenciée entre l'amont et l'aval, et selon la proximité de la haie, se manifestant en été par un très fort assèchement du sol en amont jusqu'en décembre. Ceci induit un retard des transferts entre l'amont et l'aval de la haie lors de la reprise des pluies. Le transect sans haie a par contre une dynamique hydrique beaucoup plus homogène longitudinalement. Ces résultats hydrologiques concordent avec les résultats géochimiques, la dynamique hydrique d'un élément relativement inerte comme le chlorure étant très différenciée sur le transect avec haie. Sa concentration de base est plus élevée sur ce transect, avec de très fortes valeurs en amont de la haie, alors qu'elle est homogène sur le transect sans haie. La dynamique du nitrate est

différente de celle du chlorure d'une part, et entre les deux transects d'autre part. Dans les deux cas, la concentration diminue vers l'aval, mais sur le transect "clôture" l'abatement se fait dans la zone humide, alors qu'il a lieu environ 5 m avant la haie sur l'autre transect.

ABSTRACT :

To complete studies about epuration capacities of wetland, we focused on the hedge and bank surrounding wetlands to determine how it can modify the hydrological and geochemical properties of flows entering wetland. We studied from January to December 1998, two nearby transects, one with hedge and bank, the other without, monitoring matric potentials and groundwater composition. Results highlighted strong hydrological differences between the two transects, especially from the summer period. Hydrological dynamic of the transect with hedge was different upslope and downslope the hedge, and according to hedge distance, emerging in summer by a strong drying upslope, until December, and so delaying the hydrological transferts to the wetland. These results fit in with geochemical dynamic of a stable element as chloride, which base concentration was higher on the transect with hedge, with moreover very high values upslope. Nitrate dynamic was different either from the chloride one, or between the two transects. Along both transects, the concentration decreased, but on the transect without hedge, it occurred in the wetland, whereas it happened upslope the hedge on the other transect.

INTRODUCTION

Depuis une trentaine d'années, la qualité des eaux des rivières bretonnes s'est dégradée, parallèlement à l'intensification de l'agriculture. Outre l'amélioration de la gestion des intrants agricoles, la préservation et l'utilisation de structures naturelles du paysage sont considérées comme un moyen de limiter le transfert des polluants aux nappes et aux rivières, et de contribuer ainsi à la restauration de la qualité des eaux. Parmi ces structures figurent les zones humides de fond de vallées et le bocage. Le pouvoir épurateur des zones humides a été démontré par de nombreuses études (Peterjohn et Correll, 1984 ; Vought *et al.*, 1991), mais le fonctionnement du bocage, par contre est moins bien connu, et moins étudié.

En France, une grande partie des connaissances actuelles datent d'une série de travaux réalisés dans les années 70-80 (INRA *et al.*, 1976), mais à cette époque, la problématique des différentes études était beaucoup moins orientée qu'aujourd'hui vers la pollution des eaux. A l'échelle du bassin versant, le bocage contribue à la régulation des crues (Merot, 1978 ; Merot et Bruneau, 1993), notamment en limitant l'extension de la zone saturée génératrice de ruissellement. Son influence directe sur la qualité de l'eau a été abordée dans plusieurs études. Bougot (1996), lors d'une étude de trois bassins versants bretons, met en évidence des flux et des concentrations plus faibles sur le bassin versant le plus bocager. Par contre, Snégaroff (1976) ne constate pas de différences significatives concernant l'épuration des pesticides. En fait, il est difficile de savoir dans quelle mesure le bocage influe directement sur la qualité des eaux, parce que celle-ci est dépendante de multiples facteurs qui varient souvent avec l'intensité du maillage bocager (Ruellan, 1976).

A l'échelle du talus/haie lui-même, plusieurs études ont démontré que celui-ci prévenait la perte de terre à la parcelle (Pihan, 1976 ; Alegre et Rao, 1996), mais qu'il n'empêche cependant pas les redistributions de terre à l'intérieur de celle-ci (De Jong et Kowalchuk, 1995). On constate donc en général une accumulation de terre à l'amont du talus, surtout des particules fines (limon fin, argile), alors que l'aval du talus est plutôt une zone de départ de particules (Carnet, 1978). Au niveau agronomique, le talus/haie peut avoir une fonction protectrice de brise-vent, mais il peut aussi intercepter les rayons lumineux, et en priver ainsi le champ cultivé. La végétation du talus peut restituer des éléments minéraux en plus ou moins grande quantité, et enrichir ainsi le sol, mais elle peut aussi entrer en compétition avec la culture voisine, surtout si son système racinaire est développé. Finalement, le bilan pour la culture est souvent positif (Mette et Sattelmacher, 1994), mais Alegre et Rao (1996) soulignent que l'influence positive d'un talus/haie peut se manifester seulement plusieurs années après sa mise en place. Au niveau hydrologique, plusieurs études montrent que le talus/haie perpendiculaire à la pente modifie l'état hydrique du sol et ralentit les flux à son voisinage (Carnet, 1978 ; Baffet, 1984). Elles soulignent aussi l'importance de l'orientation du talus/haie par rapport aux vents dominants et au soleil. Ces études concordent avec les travaux menés sur les ripisylves, qui mettent en évidence le très fort pouvoir évaporatoire des arbres (Ryszkowski et Kedziora, 1993). Enfin, du point de vue de la qualité de l'eau, les quelques études qui se sont focalisées sur le fonctionnement du système talus/haie mettent en évidence une participation active de celui-ci au cycle de l'azote et du carbone

(décomposition de la litière, prélèvement par les racines), variable suivant les conditions climatiques (Mette et Sattelmacher, 1994 ; Baffet, 1984).

Plus particulièrement, le talus de ceinture de bas-fond, et la haie qui lui est associée, sont des éléments particuliers du bocage dont l'étude a un enjeu important, en raison de leur position d'interface entre le versant cultivé, source de pollution, et la zone humide (Merot et Reyne, 1995). Leur rôle peut être lié à leurs capacités épuratrices propres, mais surtout, le talus/haie peut orienter le fonctionnement de la zone humide et influencer son efficacité en modifiant les caractéristiques hydrogéochimiques des flux qui vont y transiter. L'étude du talus de ceinture de bas-fond que nous présentons ici vise plus particulièrement à préciser les modifications de circulation de l'eau et des solutés (azote essentiellement) au voisinage du talus de ceinture de bas-fond, et à identifier les réactions biogéochimiques associées.

MATERIEL ET METHODES

L'étude est basée sur le suivi du potentiel de l'eau dans le sol et de la composition chimique de la nappe sur deux transects voisins, l'un avec talus et haie, l'autre sans.

Le site d'étude

Le site est étudié depuis janvier 1998, et nous présenterons ici les résultats acquis à la fin de l'année 98. Il est situé sur le bassin versant du Ruisseau du Pont Besnard, à une vingtaine de kilomètres à l'ouest de Rennes.

Un talus (levée de terre) planté d'une haie de chênes pédonculés sépare un champ cultivé à l'amont d'une prairie humide permanente à l'aval. C'est une structure assez caractéristique du bocage breton (Bazin *et al.*, 1995). Le talus/haie est ici situé à une soixantaine de mètres d'un ruisseau d'ordre 1. Il a été partiellement arasé il y a une cinquantaine d'années. Les tronçons arasé et non arasé bordent la même parcelle à l'amont comme à l'aval (fig. 1). Les chênes pédonculés ont entre 70 et 100 ans. Ils constituent la seule essence arborée de la haie. Ils sont distants les uns des autres d'environ 2 m et sont parfois séparés par des ronces et quelques arbustes (aubépines).

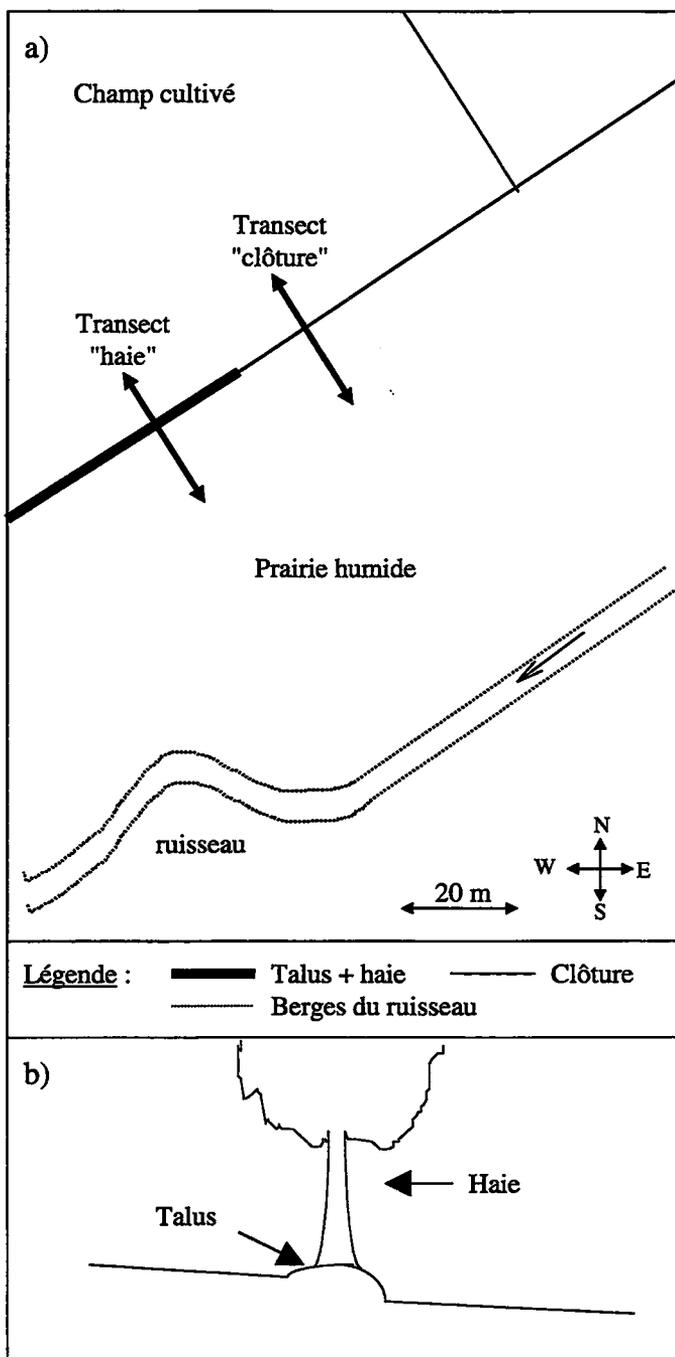


Figure 1. Plan du site étudié a) vue d'ensemble b) talus et haie vue en coupe.

La parcelle aval est une prairie humide naturelle de bas-fond, de pente faible jusqu'à la rivière (< 0,5%). Elle est fertilisée à hauteur de 50 kg d'azote par an environ. Elle est fauchée une fois dans l'année, puis pâturée en été par des bovins. La parcelle amont est cultivée suivant une rotation blé/maïs, avec souvent une culture de Ray-grass d'Italie en couvert dérobé. Elle est fertilisée par des apports d'engrais ternaire N-P-K, d'ammonitrate, et de fumier de bovin. En 1997, il y a eu apport d'ammonitrate et d'engrais ternaire en janvier et février sur le blé. En 1998, de l'ammonitrate a été épandu début février et mi-mars sur le Ray-grass, et un double apport fumier/N-P-K a été effectué entre le 15 et le 20 mai sur le maïs. Le niveau de fertilisation en azote et potassium est élevé (150 kg N/ha, 280 kg K₂O/ha). La pente de la parcelle amont est assez forte et régulière dans la partie supérieure (5%), et très faible dans les 15 m bordant la haie (0,5%).

Dans la zone étudiée, le sol est couvert d'herbe (reste du ray-grass de la saison précédente à l'amont, prairie humide à l'aval), aucune intervention par l'agriculteur n'étant possible à cause du matériel en place. L'herbe est régulièrement fauchée pour garder une hauteur d'environ 10 cm. Les sols, lessivés hydromorphes (horizon appauvri Eg sur horizon d'accumulation d'argile et de fer Btg), reposent sur schiste tendre du Briovérien. A l'amont, ils sont profonds (> 1,5 m), et l'horizon organique est épais (environ 80 cm). A l'aval, l'horizon organique est peu épais (30-40 cm), et les horizons sous-jacents sont riches en cailloux de quartz.

Equipement et suivi du site

Les transects ont été équipés de tensiomètres et de piézomètres à environ 10 m, 5 m, 3 m et 1 m en amont, et 1 m, 3 m, 5 m, 10 m et 15 m en aval, et juste sous les arbres pour le transect "haie". Les points de suivi sont dénommés C-10 (10 m en amont) à C15 (15 m en aval) pour le transect "clôture", et H-10 à H15 pour le transect "haie". Les tensiomètres ont été installés à 20, 30, 40, 50, 60, 80, 105, 130 et 155 cm de profondeur et les piézomètres ont été placés à environ 180 cm de profondeur à l'amont et 115 cm à l'aval, dans l'horizon Btg. Ils sont perforés sur environ 40 cm à la base.

Les mesures tensiométriques sont effectuées à un pas de temps variable suivant les conditions climatiques, de quelques jours à quelques semaines. En même temps, la hauteur du toit de nappe est mesurée dans les piézomètres. L'eau de nappe est prélevée toutes les deux

semaines environ, après vidange des piézomètres. Sur le terrain les paramètres mesurés sont la conductivité, la température, le pH, la teneur en oxygène dissous et le potentiel d'oxydoréduction (Eh). Au laboratoire, les échantillons sont filtrés à 0,45 μm , conservés à 4°C, puis analysés pour dosage des nitrates, sulfates et chlorures par chromatographie ionique DIONEX (incertitude : 2%).

Les mesures tensiométriques permettent d'évaluer le sens et la direction des mouvements d'eau dans le sol, déterminés par la composante potentielle de l'énergie de l'eau, sa composante cinétique étant très faible (Hillel, 1974). On mesure en effet la pression de l'eau par rapport à la pression atmosphérique à l'interface air/eau, de laquelle on peut déduire les paramètres suivants (Guehl, 1984) :

□ *Le potentiel matriciel*, exprimant l'état énergétique de l'eau dans le sol, donc en quelque sorte l'humidité du sol, car les caractéristiques physiques du sol sont comparables entre les points. Plus le potentiel matriciel est négatif, plus le sol est sec (la saturation correspond à l'annulation du potentiel matriciel).

□ *Le potentiel total par rapport à la surface du sol en chaque point de suivi*, permettant de déterminer, pour chaque profil, s'il y a potentiellement des mouvements d'eau verticaux (d'après la loi de Darcy, dans une direction donnée, l'eau se déplace dans le sens des potentiels décroissants).

□ *Le potentiel total par rapport à une référence commune aux deux transects*, permettant de déterminer la direction et le sens des transferts, notamment latéraux. La direction des transferts en milieu saturé est la résultante des composantes verticale et horizontale du produit de la conductivité hydraulique à saturation et du gradient de potentiel total. Les transferts ne sont perpendiculaires aux courbes d'isopotential total que si la conductivité hydraulique est isotrope. En milieu non saturé, il est d'autant plus difficile de déterminer cette direction que la conductivité hydraulique varie en fonction de l'humidité du sol.

FONCTIONNEMENT HYDRIQUE DU TALUS/HAIE

Climatologie sur la période étudiée

A partir des données de pluie et d'ETP de la station météorologique de l'INRA du Rheu (fig. 2), on peut mettre en évidence quelques caractéristiques marquantes du climat en 1998.

Le mois d'avril est très pluvieux (145 mm), avec une évapotranspiration potentielle encore faible (50 mm). Dès le mois de mai, et jusqu'au mois d'août, celle-ci augmente fortement (ETP proche de 100 mm/mois), tandis que les précipitations sont modérées. Toute cette période est donc marquée par un déficit hydrique important. La pluviométrie est de nouveau importante à partir du mois de septembre.

Mouvement de la nappe

Le mouvement du toit de la nappe n'est présenté ici que pour les points situés à 1 m et 10 m en amont et en aval de la haie ou de la clôture, qui sont les plus caractéristiques (fig. 3).

Evolution temporelle

La profondeur du toit de nappe (fig. 3) est très dépendante des caractéristiques climatiques. On distingue trois périodes : fluctuation du toit de nappe en fonction de la pluviométrie, de février à mi-juin, baisse très importante du toit de nappe pendant l'été, et remontée en automne.

Au cours de la première période, le toit de nappe baisse lors des épisodes peu pluvieux (mars, mai) et remonte rapidement lors de la reprise des pluies (avril, juin). Au cours de la deuxième période, alors qu'il pleut moins et que l'ETP augmente, la nappe descend, et de façon plus durable. Elle n'est plus visible dans les piézomètres à partir de début août (c'est-à-dire qu'elle est à plus de 1,8 m à l'amont et de 1,2 m à l'aval), quand l'ETP est très forte. A l'automne, la nappe reste basse longtemps. Elle réapparaît dans certains piézomètres à l'aval courant septembre, et à l'amont un peu plus tard.

Différences entre les deux transects

De février à juin, pour chaque point de suivi, la profondeur du toit de nappe évolue de la même façon sur les deux transects. Par contre, à partir de la mi-juin, la dynamique de la nappe sur les deux transects se différencie à l'amont : elle baisse plus rapidement sur le transect "haie". Cette baisse est nettement plus accusée au pied de haie qu'à 10 m, ce que confirment les autres points non présentés ici. Cette différence est nettement plus accusée lors de la réapparition de la nappe à l'automne à l'amont : la remontée sur le transect "clôture" se

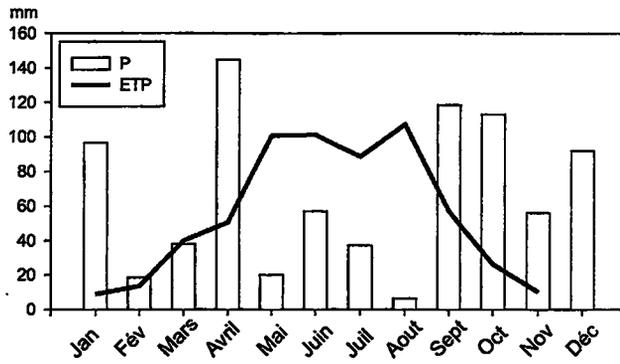


Figure 2. Précipitations et évapotranspiration potentielle mensuelles en 1998 relevées à la station météorologique INRA du Rheu.

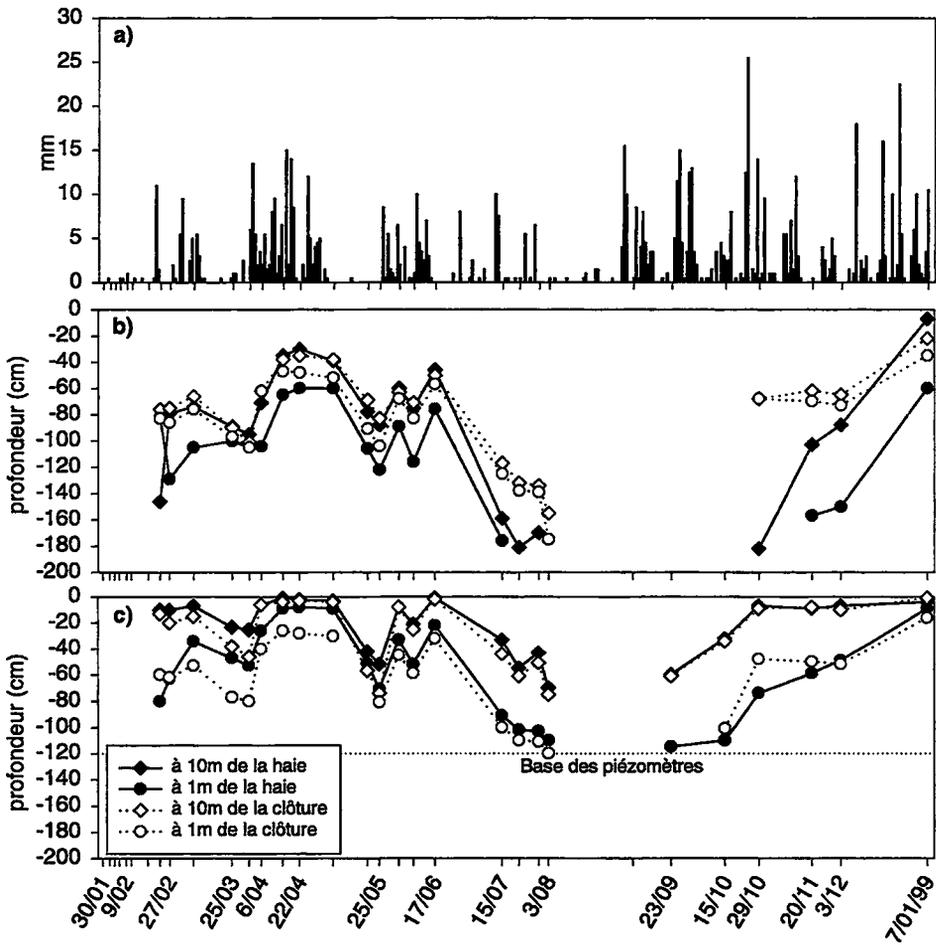


Figure 3. Précipitations (a) et profondeur du toit de nappe en deux points à l'amont (b) et à l'aval (c) des deux transects du 30/01/98 au 7/01/99.

fait rapidement entre le 15 et le 29 octobre, alors qu'elle est beaucoup plus tardive sur l'autre transect, surtout au pied de haie (1 m amont).

Deux éléments sont particulièrement à retenir de ces résultats. D'une part, la nappe fluctue de façon importante et rapide en fonction du climat, avec une baisse très prononcée en été. Et d'autre part, la dynamique du toit de nappe est semblable à l'aval des deux transects, alors qu'à l'amont, la baisse estivale est plus importante et plus durable sur le transect "haie", particulièrement au pied de haie.

Direction et sens des transferts sur chaque transect

Nous utilisons ici une représentation synthétique pour appréhender les transferts hydriques : les courbes d'isopotential total de l'eau calculé par rapport à la surface du point C-10 (fig. 4 et 5). On représente ce type de graphique avec la même échelle sur les deux axes (distance le long du transect et profondeur), pour ne pas déformer les isopotentielles. La direction du gradient de potentiel donne une idée de la direction des transferts, verticalement et horizontalement.

Nous nous intéressons ici particulièrement à la deuxième et troisième période mise en évidence lors de l'étude du toit de nappe (juin à décembre 98), périodes où se manifestent le plus de différences entre les deux transects. Entre le 22 juillet et le 23 septembre, les tensiomètres ont "décroché" (potentiel au niveau de la bougie poreuse inférieure à -800mbar), c'est pourquoi nous ne disposons pas de mesures.

Le 17 juin, la profondeur de la nappe est comparable sur les deux transects, ainsi que les valeurs de potentiel total, comprises entre -50 et -120 cm. Sur le transect "haie", le gradient latéral moyen de potentiel total en milieu saturé est de $2,5 \text{ cm.m}^{-1}$ (gradient topographique : 4 cm.m^{-1}) et sur le transect "clôture" de $1,6 \text{ cm.m}^{-1}$ (gradient topographique : $3,5 \text{ cm.m}^{-1}$). Cette situation est assez représentative de toute la période précédente en terme de potentiel total, les principales variations de potentiel se manifestant verticalement en surface lors de périodes plus sèches (évapotranspiration) ou au contraire plus humides (infiltration).

Le 22 juillet, la différence entre les deux transects concernant la profondeur du toit de nappe (fig. 3) se manifeste aussi sur le potentiel total (fig. 4 et 5). Les courbes sont

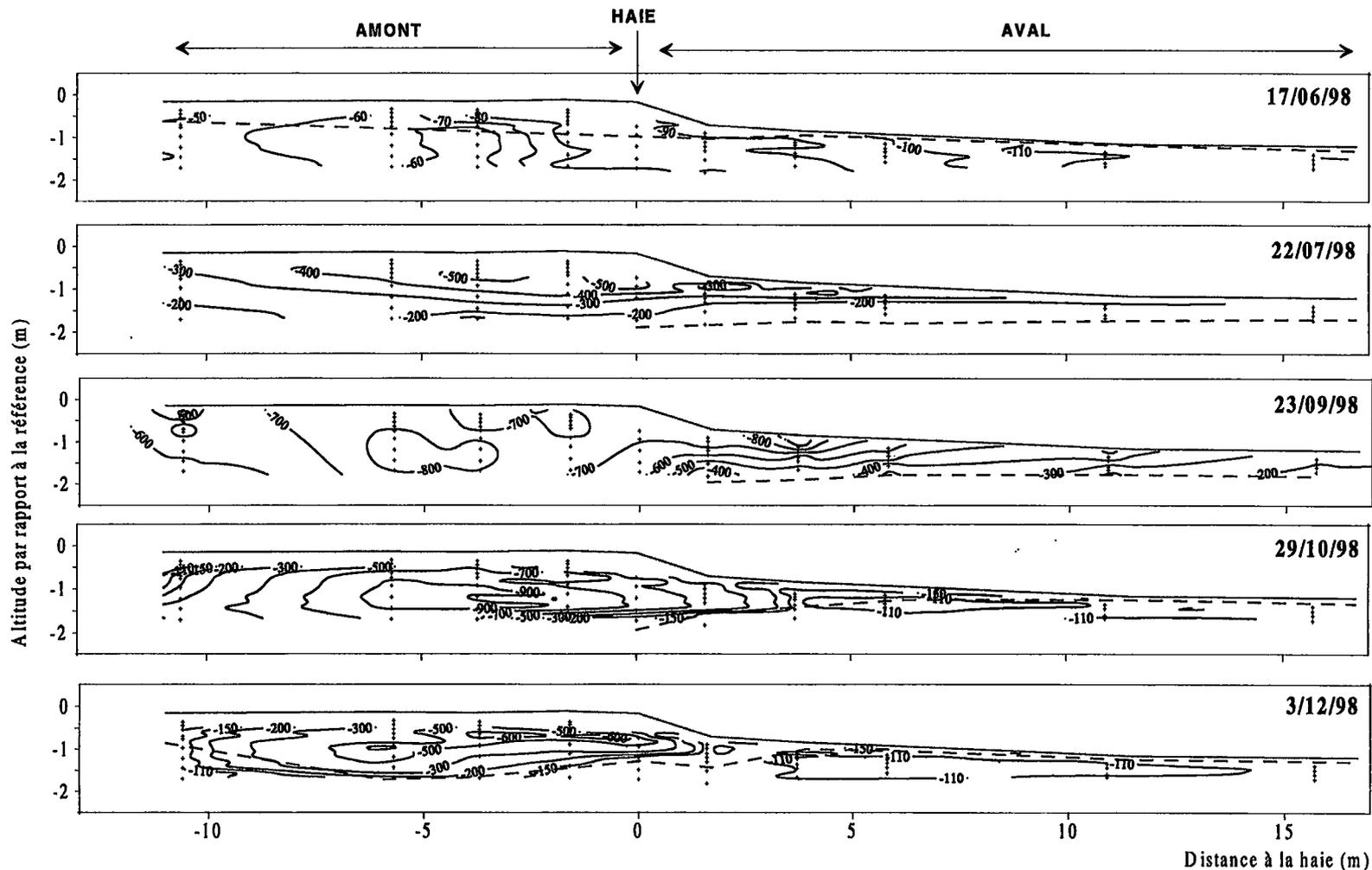


Figure 4. Courbes d'isopotential total (cm) sur le transect "haie" à 5 dates.

----- Toit de nappe. + : Points de mesure.

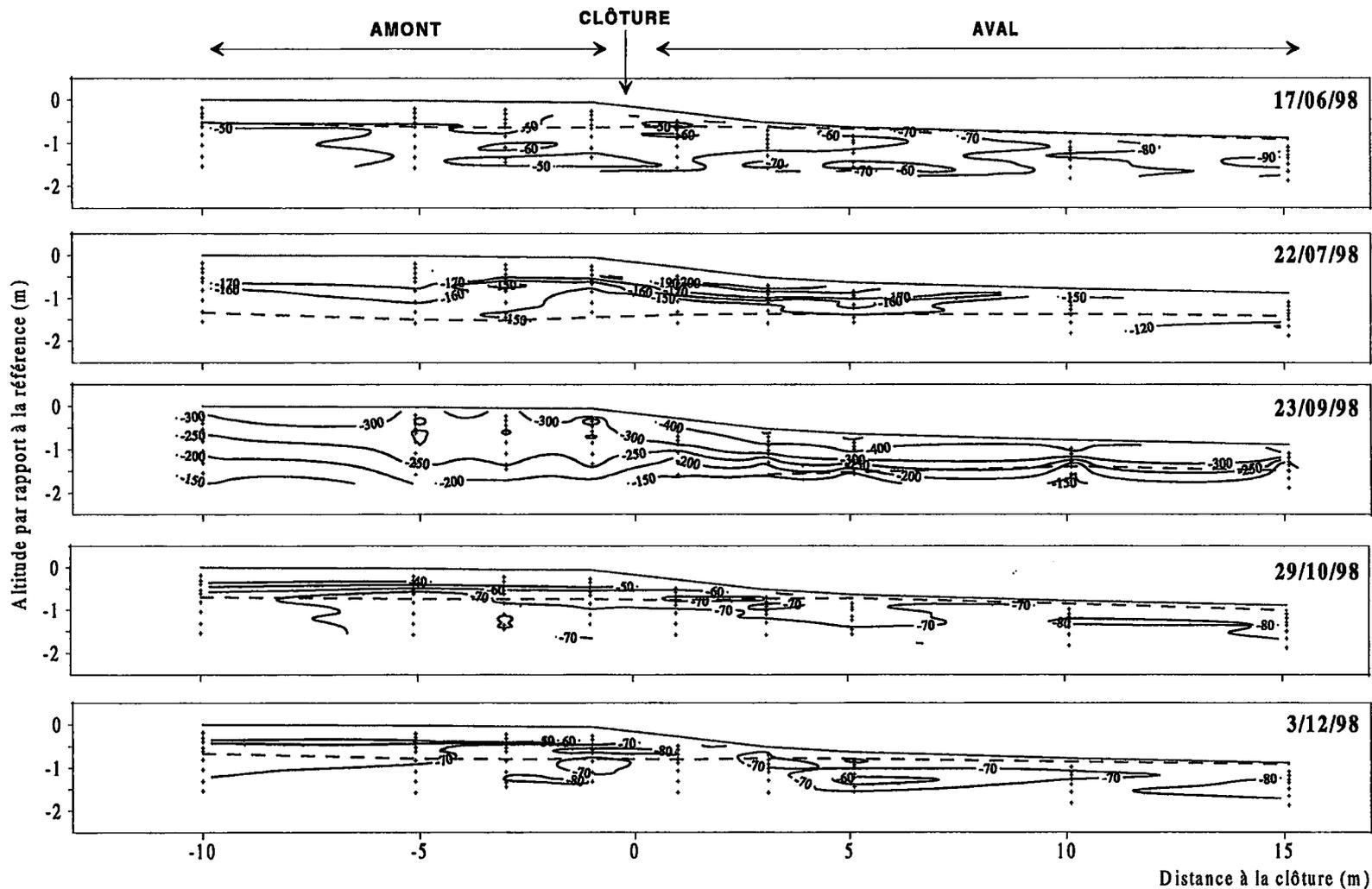


Figure 5. Courbes d'isopotential total (cm) sur le transect "clôture" à 5 dates.

----- Toit de nappe.

+ : Points de mesure.

horizontales, c'est-à-dire que le gradient de potentiel en milieu non saturé est vertical, et nettement plus important sur le transect "haie" que sur le transect "clôture" (150 cm.m⁻¹ contre 25). Ceci témoigne d'une évapotranspiration plus forte sur le transect "haie", qui en plus ne se manifeste pas aux mêmes points que sur le transect "clôture" : le gradient de potentiel est maximum à l'amont de la haie (H-3 et H-1), et à l'aval de la clôture (C1 et C3).

Le 23 septembre, la nappe est remontée à l'aval sur les deux transects, mais pas encore autant à l'amont. Sur le transect "clôture", les courbes sont toujours plutôt horizontales, avec un gradient compris entre 75 cm.m⁻¹ à l'amont et 160 cm.m⁻¹ à l'aval, le potentiel croissant avec la profondeur. Sur le transect "haie", à l'aval, le potentiel croît aussi avec la profondeur, avec un gradient voisin de 350 cm.m⁻¹. A l'amont, le potentiel est nettement moins important que sur le transect "clôture", et il existe une "poche" où le potentiel est légèrement plus faible, à environ 1 m de profondeur au niveau des points H-3 et H-5.

Le 29 octobre, la situation sur le transect "clôture" est assez semblable à celle du mois de juin, avec des valeurs de potentiel total de l'ordre de -50 cm et un faible gradient d'amont en aval. On est cependant ici en phase d'infiltration à l'amont, avec un gradient de l'ordre de 30 cm.m⁻¹ entre la surface du sol et la surface de la nappe. Sur le transect "haie", la "poche" en amont est encore plus nette aux points H-1 et H-3, le potentiel ayant augmenté en surface avant la haie et en profondeur sous la haie.

Le 3 décembre, la situation a peu évolué sur le transect "clôture", tandis que la "poche" de faible potentiel total se résorbe par l'aval et la profondeur sur le transect "haie" : la zone de faible potentiel est devenue plus superficielle aux points H-1 et H-3, tandis qu'elle subsiste à 1 m de profondeur au point H-5. Le potentiel en H-10 a nettement augmenté, et la nappe est remontée.

La différence dans la dynamique hydrique de la nappe sur les deux transects s'accompagne donc d'une différence en terme de potentiel total, se manifestant par la persistance d'une zone à très faible potentiel quelques mètres en amont de la haie, à environ 1 m de profondeur. Cette zone persiste jusqu'au mois de décembre, où le gradient de potentiel total entre l'amont et l'aval du transect (potentiel amont soustrait au potentiel aval) tend à reprendre des valeurs positives, rendant à nouveau possible les transferts latéraux.

COMPOSITION DE L'EAU DE NAPPE

L'eau de nappe collectée dans les piézomètres a une conductivité électrique variable suivant la saison et les points de prélèvements, comprise entre 400 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ en novembre en aval du transect "clôture " et 3000 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ en mars en amont du transect "haie". Son pH est voisin de 6,5, il est souvent légèrement plus acide aux points les plus bas des transects, dans la zone humide (<6). Sa température est homogène le long du transect "clôture", tandis qu'elle a tendance à être plus basse au pied de haie amont en été, et plus haute en hiver. Les teneurs en oxygène dissous sont comprises entre 3 et 8 mg.l^{-1} . Le potentiel d'oxydoréduction rapporté à 25°C et à pH 7 est assez élevé, de l'ordre de 350 mV. Nous allons maintenant examiner en détail les concentrations en chlorure et nitrate le long des transects de mars à décembre 98 (fig. 6 et 7). Le chlorure est un élément relativement conservatif dans le sol, qui peut être apporté par les engrais potassiques sous forme de KCl, mais qui est peu utilisé par les plantes ou les bactéries. Sa concentration varie essentiellement par des phénomènes d'évaporation ou de dilution. Le nitrate est également soumis à ces deux processus, mais il peut aussi être immobilisé par la végétation ou les micro-organismes du sol sous forme d'azote organique, et être réduit en diazote gazeux par les bactéries de la dénitrification. Il est donc intéressant de le comparer au chlorure pour examiner son devenir.

Evolution des concentrations en chlorure

Les teneurs en chlorure sont très différentes sur les deux transects : autour de 1,5 mmol.l^{-1} sur le transect "clôture", et entre 2 et 16 mmol.l^{-1} sur le transect "haie". La distribution spatiale et temporelle des concentrations est aussi différente sur les deux transects.

Evolution spatiale

Sur le transect "clôture", les teneurs en chlorure sont assez homogènes, légèrement plus faibles à partir de 10 m dans la zone humide. Sur le transect "haie" par contre, on observe un pic de chlorure en amont de la haie, au point H-5, avec des concentrations voisines de 14 mmol.l^{-1} . Les concentrations diminuent ensuite vers l'aval, en restant toutefois plus élevées que sur le transect "clôture".

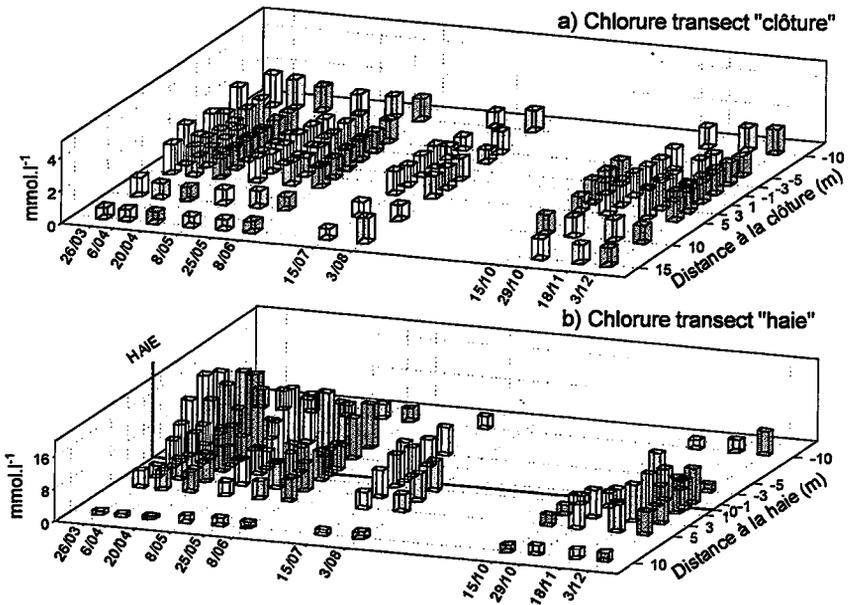


Figure 6 : Teneur en chlorure en mmol.l^{-1} en fonction du temps sur le transect "clôture" (a) et le transect "haie" (b). (La haie est figurée par un trait épais).

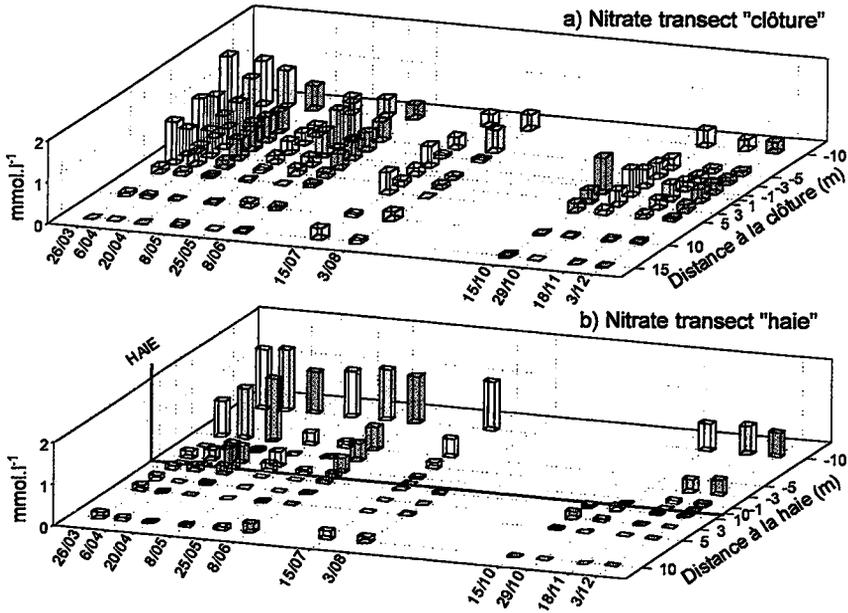


Figure 7 : Teneur en nitrate en mmol.l^{-1} en fonction du temps sur le transect "clôture" (a) et le transect "haie" (b). (La haie est figurée par un trait épais).

Evolution temporelle

Sur le transect "clôture", les concentrations varient peu au long de l'année. On constate quand même une petite diminution lors des pluies d'avril pour les points les plus concentrés. Sur le transect "haie", pour les points concentrés, les teneurs en chlorure diminuent entre mars et août, essentiellement lors des pluies d'avril. Elles ont tendance à augmenter à nouveau en automne.

Evolution des concentrations en nitrate

Les teneurs en nitrate sont du même ordre de grandeur sur les deux transects, comprises entre $5 \mu\text{mol.l}^{-1}$ (limite de détection) et 2mmol.l^{-1} . De façon générale, elles sont plus élevées à l'amont qu'à l'aval (en mars et avril : autour de 1mmol.l^{-1} en amont contre $0,2 \text{mmol.l}^{-1}$ en aval). Elles sont maximales au printemps et diminuent ensuite jusqu'à l'automne.

Evolution spatiale

Sur le transect "clôture", la diminution est assez progressive le long du transect (cf. le 6/04, 20/04, et 8/06) et les concentrations ne deviennent très faibles (autour de $0,1 \text{mmol.l}^{-1}$) que quelques mètres après l'entrée dans la zone humide. Sur le transect "haie", les points les plus concentrés sont H-10 et H-5. Quelques mètres avant la haie, les concentrations chutent pour atteindre des valeurs faibles, inférieures à $0,2 \text{mmol.l}^{-1}$.

Evolution temporelle

Sur le transect "clôture", à l'amont, les teneurs en nitrate diminuent fortement lors des pluies d'avril (entre le 6/04 et le 8/05). Elles augmentent au mois de mai, quand il fait plus sec et plus chaud, puis diminuent à nouveau lors de la pluie du début du mois de juin. En octobre, les teneurs en nitrate sont un peu plus élevées qu'au mois de juin, et diminuent ensuite légèrement lors des pluies automnales. A l'aval où les concentrations sont beaucoup plus faibles, les variations annuelles sont nettement moins marquées, et on constate simplement une légère augmentation en été.

Sur le transect "haie", à l'amont, les teneurs en nitrate diminuent lors des pluies d'avril. Cette diminution est progressive pour le point H-10, alors que les teneurs augmentent d'abord légèrement pour les autres points amont (entre le 6 et le 20/04), avant de diminuer subitement fin avril. Comme sur le transect "clôture", les concentrations varient ensuite nettement moins,

même lors des pluies d'automne. A l'aval, les concentrations sont là aussi faibles et peu variables.

On constate donc des différences de fonctionnement géochimique entre les deux transects. Le transect "haie" se caractérise par une diminution brutale de la concentration en nitrate 4 m environ en amont de la haie, et par de très fortes concentrations en chlorure à peu près à la même distance. Sur le transect "clôture", les concentrations en nitrate diminuent le long du transect, surtout dans la zone humide, et les teneurs en chlorure sont peu variables. Dans les deux cas, les teneurs aux points les plus concentrés diminuent lors du long épisode pluvieux d'avril, excepté en nitrate pour les points situés entre 1 m et 5 m en amont de la haie.

DISCUSSION

Fonctionnement hydrique des deux transects

Dynamique de l'assèchement et de la réhumectation

Les différences de dynamique de la nappe et du potentiel total observées entre les deux transects à partir du mois de juin témoignent d'un dessèchement plus intense sur le transect "haie". Les deux transects sont exposés de la même manière, et sont couverts par la même végétation, ce qui laisse penser que cette différence est liée à la présence des arbres. Ceux-ci possèdent en effet une forte capacité évaporatoire (Ryszkowski et Kedziora, 1993). Bosch *et al.* (1994) montrent qu'en été le toit de nappe est considérablement abaissé sous une forêt alluviale, ce qui semble ici se produire ici au niveau d'une haie seule.

Cette dessiccation plus intense a d'autres conséquences lors de la réhumectation au moment de la reprise des pluies en septembre. La nappe met plus de temps à remonter jusqu'au niveau du mois de juin sur le transect "haie" que sur le transect "clôture", et par ailleurs, il se forme une zone de potentiel total plus faible à quelques mètres en amont de la haie, à 1 m de profondeur. Un tel phénomène a aussi été observé par Bosch *et al.* (1994) au niveau de l'interface bande enherbée/forêt alluviale. Cette poche correspond en fait à une réhumectation non homogène à l'amont de la haie. La nappe remonte d'une part par l'aval en profondeur au niveau des points H0 et H1, et d'autre part par l'amont au niveau du point H-10, alimentée par l'infiltration des pluies et l'écoulement des eaux du versant.

Conséquences en terme de transferts hydriques vers la zone humide

Dans les deux mètres de sol considérés, les transferts d'eau entre le versant et la zone humide sont donc retardés à la reprise des pluies, à cause du fort assèchement et de la lente réhumectation des sols à l'amont de la haie. Le même phénomène a été constaté lors de la reprise des pluies après une période sèche sur un autre site en 1997 (Forget, 1997).

En hiver, lorsque les transferts se sont établis, peu de différences sont constatées en terme de potentiel entre les deux transects, mais il est possible qu'il existe des différences de conductivité hydraulique, et donc des différences en terme de flux d'eau. Des mesures sont en cours pour appréhender la vitesse des transferts en période de hautes eaux.

Fonctionnement géochimique des deux transects en relation avec leur fonctionnement hydrique

Dynamique du chlorure

Les concentrations relativement homogènes dans l'espace sur le transect "clôture" laissent penser que cet élément transite aisément dans l'eau de nappe entre l'amont et l'aval. Sur le transect "haie", le bruit de fond en chlorure est plus élevé que sur le transect "clôture" (4 mmol.l⁻¹ contre 1,5), alors que les apports de fertilisants sont les mêmes. De plus, il existe un pic de concentration printanier entre 3 et 5 m en amont de la haie.

Deux phénomènes pourraient conduire à un tel enrichissement : la faible vitesse des transferts entre l'amont et l'aval, qui empêcherait le transfert des chlorures apportés par les engrais avant notre étude, et l'absorption importante d'eau par les arbres, qui augmenterait la teneur en éléments non absorbés. Concernant la première hypothèse, nous avons vu précédemment qu'entre juin et décembre, les transferts sont probablement ralentis entre l'amont et l'aval du transect "haie". Nous n'avons pour le moment pas de données concernant la vitesse des flux en période hivernale, mais des mesures de conductivité hydraulique à saturation et un traçage au bromure sont en cours pour les préciser. On peut d'ores et déjà remarquer que le pic de chlorure en amont de la haie ne s'étale que très lentement au cours du temps, ce qui renforce l'idée que les transferts sont lents. Concernant la deuxième hypothèse, on constate que la teneur en chlorure dans l'eau (prélevée à 1,8 m de profondeur en amont) n'augmente pas spécialement entre les mois de juin et septembre, quand la végétation est active, mais qu'elle croît ensuite doucement, au fur et à mesure que la nappe progresse vers la

surface, surtout pour le point H-10. Il est donc possible que la nappe, au cours de sa remontée, se charge progressivement en chlorure (concentré dans la zone non saturée par les prélèvements des arbres en été), celui-ci transitant alors lentement vers les niveaux plus profonds où l'eau est prélevée. La suite de l'étude permettra de montrer si les fluctuations de la nappe au cours de l'hiver, et le lessivage de la zone non saturée en été, l'enrichissent effectivement en chlorure pour aboutir à la fin de l'hiver à une situation comparable à celle observée en mars 1998.

Dynamique du nitrate

La diminution des teneurs en nitrate sur le transect "clôture" se produit quelques mètres après l'entrée dans la zone humide. Etant donné que la teneur en chlorure varie peu, elle est vraisemblablement due à une consommation par la végétation ou les micro-organismes, plutôt qu'à des phénomènes de dilution. Sur le transect "haie", elle a lieu quelques mètres avant la haie, dans la zone où les chlorures sont très concentrés. Quelle que soit la raison des fortes teneurs en chlorure, la différence de comportement entre les deux éléments témoigne d'une forte consommation du nitrate, par la végétation (herbe et arbres), ou par les bactéries. Cet abattement en nitrate est observé à 1,8 m de profondeur, mais il se peut qu'il ait eu lieu lors de son transfert depuis la surface. Dans le premier cas, la végétation est certainement responsable de sa disparition, tandis que dans le second, il a pu être dénitrifié par les bactéries de l'horizon organique, épais de 80 cm. Les prélèvements effectués dans un piézomètre compartimenté entre avril et juin 5 m en amont de la haie nous montrent effectivement que les nitrates disparaissent vers la profondeur, mais cette hypothèse reste à confirmer par davantage de mesures.

CONCLUSION

La haie semble donc avoir une influence très marquée sur la dynamique de l'eau et des solutés. La dynamique hydrique des deux transects se différencie essentiellement lors de la période estivale, ce qui confirme les travaux réalisés antérieurement par Carnet (1978), Baffet (1984) et Forget (1997). La nappe descend plus bas et les sols s'assèchent davantage à l'amont sur le transect "haie", où l'espace poral à saturer à la reprise des pluies est donc plus important. Il en résulte que la réhumectation à cette période est lente, et que les transferts d'eau entre l'amont et l'aval dans les deux premiers mètres du sol sont retardés. La dynamique du nitrate

se différencie aussi entre les deux transects. On assiste dans les deux cas à une forte diminution de concentration vers l'aval, mais qui se produit dans la zone humide sur le transect "clôture", et environ 5 m avant la haie sur l'autre transect. La comparaison du nitrate et du chlorure montre que cette diminution est liée soit à l'absorption par la végétation, soit à la dénitrification. La haie semble donc jouer un rôle de barrière à nitrate dont les mécanismes restent encore à préciser, et qui reste à confirmer par l'étude d'autres situations.

Bibliographie

- ALEGRE J.C., RAO M.R., 1996. Soil and water conservation by contour hedging in the humid tropics of Peru. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 57, 17-25.
- BAFFET, M. 1984. *Influence de la haie sur l'évolution des caractères physico-chimiques et hydrodynamiques des sols*. Thèse, Univ. De Limoges, 173 p.
- BAZIN P; JEGAT B., SCHMUTZ T., 1995. *Les talus du bocage*. Institut pour le développement forestier, 55 p.
- BOSCH D.D., HUBBARD R.K., WEST L.T., LOWRANCE R.R., 1994. Subsurface flow patterns in a riparian buffer system. *American Society of Agricultural Engineers*, 37, 1783-1790.
- BOUGOT V., 1996. *Structure du paysage et qualité de l'eau*. Maîtrise, Univ. De Paris XII - Val de Marne, 25 p.
- CARNET C., 1978. *Etudes des sols et de leur régime hydrique en région granitique de Bretagne : une approche du rôle du bocage*. Thèse Univ. De Rennes, U.E.R. Sciences Biologiques, mention Agronomie, 235 p.
- DE JONG E., KOWALCHUK T., 1995. The effect of shelterbelts on erosion and soil properties. *Soil Sci.*, 159, 337-345.
- FORGET V., 1997. *Fonctionnement hydrique et géochimique du talus de ceinture de bas-fonds : rôle dans l'épuration du milieu en nitrate*. DEA science du sol, Rennes, 47 p.
- GUEHL J.M., 1984. Dynamique de l'eau dans le sol en forêt tropicale humide guyanaise. Influence de la couverture pédologique. *Ann. Sci. For.*, 41, 195-236.
- HILLEL D., 1974. *L'eau et le sol. Principes et processus physiques*. Vander (ed), Bruxelles, 288 p.
- INRA, ENSA, UNIV. RENNES, 1976. *Les bocages : histoire, écologie, économie*. Table ronde CNRS, 576 p.
- MEROT PH., 1978. *Bocage : sols et eau, Tome 1. Le bocage en Bretagne granitique, une approche de la circulation des eaux*. Thèse INRA, ENSA, Univ. De Rennes, 196 p.
- MEROT PH., BRUNEAU P., 1993. Sensitivity of bocage landscapes to surface run-off : application of the Kirkby index. *Hydrol. Process.*, 7, 167-173.
- MEROT PH., REYNE S., 1995. Rôle hydrologique et géochimique des structures linéaires boisées. Bilan bibliographique et perspectives d'étude. *Et. Rech. Syst. Agraires Dév.*, 29, 83-100.
- METTE R., SATTELMACHER B., 1994. *Root and nitrogen dynamics in the hedgerow-field interface. Consequences for land use management*. In proceedings of the 7th Inter. Symp. of CIEC; Agroforestry and land use change in industrialised nations, Berlin, Humbolt university, 275-284.
- PETERJOHN W.T., CORRELL D.L., 1984. Nutrient dynamics in an agricultural watersheds: observation on the role of a riparian forest. *Ecology*, 65, 1466-1475.

- PIHAN J., 1976. *Bocage et érosion hydrique des sols en Bretagne*. Table ronde CNRS. INRA, ENSAR, Univ. De Rennes, 185-192.
- RUELLAN A., 1976. *Rapport de synthèse*. Table ronde CNRS. INRA, ENSAR, Univ. De Rennes, 145-151.
- RYSZKOWSKI L., KEDZIORA A., 1993. Energy control of matter fluxes through land-water ecotones in an agricultural lanscape. *Hydrobiol.*, 251, 239-248.
- SNEGAROFF, J., 1976. *Etude de la pollution des eaux superficielles par les pesticides en zone de bocage*. In : Les bocages, : histoire, écologie, économie. Table ronde CNRS, INRA, ENSAR, Université de Rennes, 199-205.
- VOUGHT L.B.M., LACOURSIERE J.O. AND VOELZ N.J., 1991. Streams in agricultural landscape. *Vatten*, 47, 321-328.

Approche spatiale de la pollution par les nitrates

C. PUECH ¹, F. CERNESSON ¹, B. BALAS ²

¹ LCT CEMAGREF ENGREF - Montpellier

² Compagnie d'Aménagement des Côteaux de Gascogne Tarbes

RESUME

Les techniques spatiales permettent une nouvelle approche des problèmes environnementaux. Nous présentons ici les recherches effectuées pour une meilleure description des éléments de paysage et un diagnostic global des pollutions au niveau des sous-bassins versants agricoles. Ces approches permettent de contrôler à un niveau d'ensemble les effets des aménagements ou de pratiques différentes. Elles se veulent complémentaires des recherches effectuées au niveau parcellaire ou plus fin.

Plusieurs voies ont été abordées :

- la mise au point d'une méthode de diagnostic de type désagrégatif. Un modèle de pollution est d'abord calé en tenant compte des taux d'occupation du sol. La comparaison calculé-observé permet ensuite de repérer les bassins élémentaires à pollution éloignée de la « normale » locale, ce qui est révélateur de facteurs accélérateurs ou freins à la pollution
- la mise au point de méthodes de description du bassin versant à partir de données de télédétection, pour ce qui concerne l'occupation du sol en zone de petit parcellaire et la détermination des chemins de l'eau (drains hydrologiques). Ces éléments permettent de replacer les éléments sources de pollutions dans l'espace géographique pour mieux comprendre l'évolution spatiale de la pollution.

Le site d'étude est le bassin versant du Sousson dans le Gers. L'application a porté une attention particulière aux effets des boisements. La première étape n'a pu mettre en évidence le rôle d'écran à la pollution de la forêt qui, la plupart du temps contournée, ne joue qu'un rôle de dilution spatiale. Le deuxième volet de l'étude prend donc toute son importance et constitue une première étape encourageante dans l'analyse du réseau hydrographique naturel ou anthropique.

The spatial techniques allow a new approach of the environmental problems. We present here some results concerning better description of the elements of landscape and a global diagnosis of pollution to the agricultural basin level.

Several methods were developed :

- diagnosis of the desagregatif type. A model of pollution is initially fitted by the land use factors. The comparison calculated-observed then makes it possible to locate the elementary basins with pollution far away from the local " normal " trend, which is revealing accelerating factors or barriers to pollution ;
- description of catchment from remote sensing data, concerning the land use for a parcel scale and the determination of the water network (hydrological, ditches). These elements allow to replace the elements sources of pollution in geographical space for better including/understanding the space evolution of pollution.

The site of study is the catchment area of Sousson in Gers. The application focus on the forest effects. First results could not show the role of screen at the pollution of the forest which, circumvented most of the time, plays only a role of spatial dilution. So, the second part of this study takes all its importance and constitutes a first encouraging stage in the analysis of the hydrographic (anthropic or natural) network.

INTRODUCTION

Les méthodes de diagnostic des pollutions agricoles sont généralement établies soit au niveau de la parcelle agricole (échelle de l'action, de l'aménagement) soit au niveau du bassin versant (échelle de la mesure). Le rapport de magnitude (6 à 9) entre les deux niveaux perturbe la liaison quantitative entre actions et impacts. Des effets non linéaires se produisent entre les deux échelles et rendent difficile voire impossible tout lien direct. Or, connaître l'influence de toute modification (pratiques culturales, boisements ...) sur les niveaux de pollution en rivière est d'un intérêt évident. L'approche spatiale utilisant de multiples informations localisées peut jouer un rôle de relais d'échelle et donc aider à un meilleur diagnostic sur l'effet des conditions locales sur le milieu récepteur : aménagements à la parcelle, rôles des écrans forestiers ou des pratiques agricoles.

OBJECTIF

L'objectif de ces études est de proposer des méthodes à base de connaissance spatiale pour le suivi et le contrôle de la pollution par les nitrates à l'échelle d'un bassin versant. Ces approches privilégient deux aspects :

- des méthodes de diagnostic globales, à l'échelle du bassin versant. A partir des taux de polluants mesurés à l'exutoire du bassin, on cherche à estimer les pressions polluantes locales, liées à chaque source de pollution. Cette démarche est de type désagrégatif ;
- l'importance de l'occupation du sol et de la position relative des " objets " du paysage dans la dynamique des pollutions, c'est-à-dire une description cohérente des sources potentielles de pollution (à travers l'occupation du sol issue de télédétection) et des chemins de l'eau en s'intéressant notamment à la représentation des éléments accélérateurs (drains, ruisseaux, rivières) et des éléments freins à l'écoulement (haies, forêts, digues, lacs....)

Dans les deux aspects, le problème d'échelle se retrouve au centre de la description, tant géographique que fonctionnelle, de la migration de la pollution.

LE SITE D'ETUDE ET LES DONNEES

Cette étude est menée en collaboration avec la CACG (Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne, Tarbes) qui a initié le projet et qui gère les mesures de terrain.

Site d'étude

Le bassin versant du SOUSSON (environ 120 Km²) est un affluent du Gers, situé en Gascogne. La pollution, notamment par les nitrates, y atteint des niveaux préoccupants. Le bassin versant du Sousson présente une très forte dissymétrie caractéristique des cours d'eau issus du plateau de Lannemezan (fig. 1a). En rive droite, les versants sont abrupts et principalement recouverts de forêts, parsemées de prairies et de quelques champs. Les sols, plus ou moins profonds, voire squelettiques, sont principalement calcaires, avec des zones ponctuelles de colluvions au pied des versants. La rive gauche est très cultivée à l'amont sur des glacis-terrasses de boulbènes, sols non calcaires qui descendent jusqu'à la rivière : maïs irrigué, céréales d'hiver (blé, orge, escourgeons), tournesol, colza, soja, tabac, pois et sorgho. A l'aval, les versants calcaires (terreforts), plus pentus, sont le domaine des prairies

permanentes et de l'élevage, les glacis-terrasses étant relégués en bande étroite le long de la rivière. L'activité rurale est également marquée par de nombreux élevages de petite taille.

La forêt

Elle est dominante en rive droite (>80%) et couvre de 10 à 20% des terres de rive gauche : tantôt en amont, sur la crête, mais aussi au milieu du versant. Quelques forêts forment des écrans entre parcelles cultivées et les ruisseaux (bassin du Hay n°RG17, fig. 2). Par ailleurs la ripisylve est discontinue : bien développée à l'amont, elle est très clairsemée au centre du bassin (suite à des opérations de débroussaillage parfois brutales : élimination de tous les arbres). A l'aval, la ripisylve est de nouveau bien développée.

Mesures hydrologiques

Depuis fin 1994, des concentrations en NO_3 , NO_2 , NH_4 , PO_4 et Matières En Suspension (MES) ont été mesurées chaque mois. Les points de mesure concernent environ 120 points de prélèvements mensuels dont 53 sous-bassins (surfaces indépendantes sensiblement identiques, entre 1 et 10 km^2), une quarantaine de points le long de la rivière principale (surfaces croissantes), et une trentaine de puits (fig. 1a). Nous avons très peu de données de mesures classiques concernant les débits, mis à part une station limnigraphique installée au printemps 1995, à environ 2 km avant la confluence avec le Gers. Un apport artificiel quasi constant de 35 l/s (canal de la Neste) provient des Pyrénées au niveau du bassin RD22 (rive droite) de mai à mi-septembre. Cet apport peut sembler négligeable si on le compare au débit moyen journalier mesuré à Pavie (727 l/s), mais il représente durant les trois mois d'été la moitié ou plus du débit mesuré. Trois campagnes pendant lesquelles des séries de jaugeages concomitants aux prises d'échantillons (avril 1996, novembre 1996 et janvier 1997) ont été réalisés pour l'ensemble des sous-bassins et des points en rivière (près de 90 points) complètent les mesures hydrologiques.

Un bassin école

La présence de multiples sous-bassins disposés en arête de poisson, définit un champ d'expérimentation favorable à ce type de recherche : cette structure permet en effet la multiplication des mesures avec stabilisation de deux éléments essentiels : une surface

sensiblement constante associée à des conditions climatiques proches. Dès lors on peut accéder plus facilement à l'effet sur les régimes et les pollutions en rivière des éléments caractéristiques de niveau suivant : l'occupation du sol et la disposition relative des objets (parcelles, réseaux hydrographiques, fossés, haies) dans le paysage. Au vu du grand nombre de mesures associées à une grande variabilité des attributs de description sur des surfaces à peu près équivalentes, ce site nous semble propice à la mise en œuvre de recherches fondées sur l'approche spatiale (fig. 1b).

METHODE UTILISEE

Hypothèse préalable : hiérarchie des facteurs expliquant les processus

Il existe une hiérarchie forte des facteurs pour expliquer la pollution observée. Nous allons en proposer un premier classement. Les premiers facteurs sont **climatiques** : le rôle des pluies, des sécheresses est fondamental dans la formation des flux de pollution et dans son évolution. On observe les pics de pollutions au cours des fortes pluies, mais on n'observe pas de dilution évidente des produits : plus fortes sont les pluies, plus fortes sont les concentrations observées. Deux grandes phases sont à différencier : les phases de pics de pollution liés aux orages, et les phases de « bruit de fond » correspondant aux périodes de récession du débit (ou plus généralement de régime permanent). On peut ensuite incriminer l'**effet des intrants** : les épandages étant a priori liés aux surfaces cultivées, la connaissance du parcellaire agricole et des rotations de cultures est un élément de base dans la compréhension des taux de polluants. Les phases de récession du débit ou de régime permanent avec un rôle évident des nappes et des drains enterrés laissent présager une mise en évidence plus forte de la liaison entre les intrants et la surface d'épandage. L'**effet du contexte physique** (drains, fossés, pentes, écrans, distances ...) vient en troisième position pour expliquer ce qui ne peut être imputable ni au climat, ni aux surfaces qu'il faut donc avoir préalablement éliminé. On considère ici que tout effet accélérateur ou retardateur des eaux peut jouer sur la pollution. On a des cas flagrants où ces effets peuvent être significatifs sur les débits. Par exemple, le cas de réduction considérable des écoulements et des érosions dus à la mise en place d'un couvert arboré dans les bassins expérimentaux de Draix (Cemagref) : des réductions drastiques des flux et sédiments dans des rapports de 10^3 à 10^5 entre les bassins du Brusquet (boisé) et ceux du Francon ou du Laval (nus). Mais on considère que des

changements du couvert végétal ne sont vraiment visibles sur les ruissellements que lorsque 20 à 30% de la surface du bassin sont concernées. Des conclusions similaires sont tirées de l'étude de l'effet de l'incendie du Réal Collobrier sur les écoulements (Viné, 1997) : pour des bassins de 1.5 Km², le retour aux conditions normales pour la fonction de production (volume écoulé) est atteint dès que le sol nu devient inférieur à 20-30% du bassin. Si l'on accepte ces conclusions pour les pollutions, cela implique que :

- la caractérisation du contexte d'un bassin versant ne devra considérer que les grands thèmes d'occupation du sol et qu'il ne servira pas à grand chose de considérer des thèmes couvrant moins de 5 à 10% du bassin ;
- il faut observer des bassins aux caractéristiques les plus tranchées possibles ;
- il vaut mieux s'intéresser à des bassins petits (de l'ordre du Km²) pour avoir des bassins dont l'occupation du sol est la plus homogène possible.

Ecriture du modèle

Le modèle proposé est un modèle linéaire qui est développé à partir de travaux précédents : d'une part le modèle de l'INRA de Mirecourt (Benoit *et al.*, 1995, Benoit même revue) qui permet de calculer la concentration en nitrates du bassin connaissant les occupations du sol, d'autre part le modèle sur la différenciation d'écoulements sur des bassins versants méditerranéens (Puech, 1993, Viné 1997) selon un schéma désagrégatif.

Ce modèle repose sur les hypothèses suivantes :

- deux niveaux d'agrégation successifs sont étudiés : un niveau supérieur, celui du bassin versant où se fait la mesure, et un niveau inférieur, composé d'ensembles de même occupation du sol S_i , supposés réagir de façon tranchée.
- un schéma linéaire lie les réponses élémentaires des S_i et la réponse globale, indiquant une mesure au prorata des éléments constituants.

$$[\text{Flux}]_{\text{bassin}} = \sum (S_i * [\text{Flux}]_i) / \sum S_i \quad (\text{Eq. I})$$

Des contraintes associées en découlent, en particulier les flux pourront être considérés additifs (i.e. la linéarité est acceptable) si leur agrégation concerne des drains (*ie* fossés, ruisseaux) constitués : la taille des ensembles élémentaires (même type d'occupation du sol)

doit donc être suffisamment importante pour que les eaux soient mises en circulation dans le réseau.

L'écriture de cette équation I pour chaque bassin versant conduit à un système à n inconnues (les réponses élémentaires) et b équations (une par bassin). La résolution d'un tel système impose un nombre de bassins b , au moins égal au nombre n d'éléments. Connaissant la mesure sur b bassins versants, par une technique de régression on peut estimer la part afférente à chaque élément de niveau inférieur.

L'approche normale est l'application de ce principe aux flux (liquides ou de polluants) émanant des différents éléments de terrain définis. Nous avons repris ici la simplification proposée par l'INRA de Mirecourt (Benoit *et al.*, 1995) sur quarante bassins de Lorraine, à savoir l'application de ce principe à la mesure des concentrations. On écrit alors que la concentration observée sur un bassin est la moyenne pondérée par leurs surfaces des concentrations des eaux issues des diverses occupations du sol :

$$[\text{NO}_3^-]_{\text{bassin}} = \frac{\sum (S_i * [\text{NO}_3^-]_i)}{\sum S_i} \quad (\text{Eq. II})$$

Avec S_i : surface de l'occupation du sol i
 $[\text{NO}_3^-]_i$: teneur moyenne de l'eau drainée derrière l'occupation du sol i
 $[\text{NO}_3^-]_{\text{bassin}}$: concentration au niveau du bassin.

Cette simplification permet de proposer un protocole de mesure simplifié et performant, puisque la seule mesure de concentration devient nécessaire : le relevé d'une centaine de points peut alors être effectué en un temps très court et donner une vision globale de la pollution d'un bassin versant, ainsi que les liaisons avec les différentes occupations du sol.

Les raisons qui autorisent la transformation d'une formule de flux en une formule de concentrations sont les suivantes :

- Les mesures de débits sur les bassins petits sont excessivement difficiles : dans les zones où le débit apparaît (premiers hectares du bassin), le débit n'est pas significatif alors que la concentration l'est. L'équation de conservation des flux n'est pas applicable faute de pouvoir mesurer correctement les apports, notamment ceux de la nappe.
- La transformation de flux en concentrations revient à estimer que le débit est proportionnel à la surface (de forme $Q = k.S$) et implique que les débits spécifiques produits par chaque catégorie d'occupation du sol sont identiques ; alors le flux devient $F = Q.C = kSC$, et la

linéarité élimine le coefficient k dans l'équation d'agrégation I. Pour que cette hypothèse soit acceptable, il faut se placer dans des conditions hors crues, quand le débit est restitué en grande partie par le ressuyage des sols.

- L'analyse porte sur des sous-bassins de tailles relativement équivalentes ce qui permet de faire l'hypothèse que les effets de surface sont partiellement négligeables.
- Enfin, notons que nous avons effectué également des contrôles de terrain très fins (campagne de mars 1998) avec mesure de concentration et de débit en tout point de confluence sur un bassin de 4 Km², le RG19 (fig. 2) ; les résultats obtenus plaident en faveur d'une acceptation de ces hypothèses.
- Rappelons que la mesure lors d'un événement de crue sur de nombreux sites, ne permet aucune comparaison, la dynamique de la crue étant trop forte pour pouvoir établir de façon satisfaisante l'équation (I).
- Lorsque cette équation s'applique à des bilans saisonniers ou annuels, les apports par les crues sont alors négligés.

Méthodologie d'application

La méthodologie suppose l'observation d'un nombre suffisant de bassins dans une période stable afin que les nombreuses mesures puissent être effectuées au même état d'écoulement pour l'ensemble des points. Une première étape consiste à estimer les concentrations élémentaires de niveau inférieur $[\text{NO}_3]_i$, censées être les moyennes potentielles de chaque occupation du sol, pour le jeu de données considéré. Ceci est fait en inversant l'équation II, par des techniques de régression. Le résultat est défini comme « pression polluante » relative à une culture. La deuxième étape est le recalcul des pollutions globales de chaque bassin versant par application directe de l'équation II. Enfin, la troisième étape est la comparaison des pollutions calculées et observées sur les bassins versants.

Cette étape est fondamentale, c'est elle qui définit le diagnostic : l'étude des écarts [observé - calculé] met en évidence les bassins anormalement plus polluants ou moins polluants que ce que donne la simple analyse de l'occupation du sol dans le contexte de la zone et du jour de mesure :

- Les différences positives indiquent un bassin qui pollue plus que ce que permet de prévoir la connaissance des surfaces de ses cultures ;

Figure 1a : le bassin du Sousson
Position des points de mesure

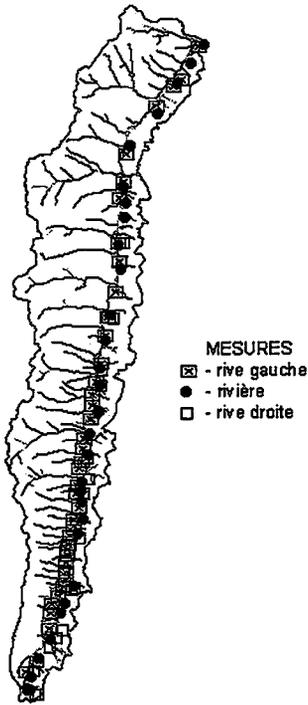


Figure 1b : Les bassins versants indépendants de mesure

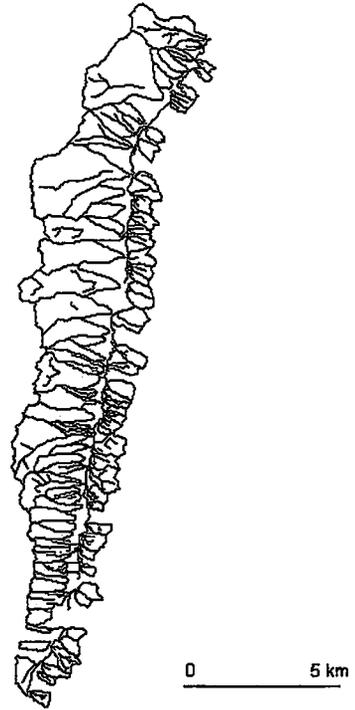
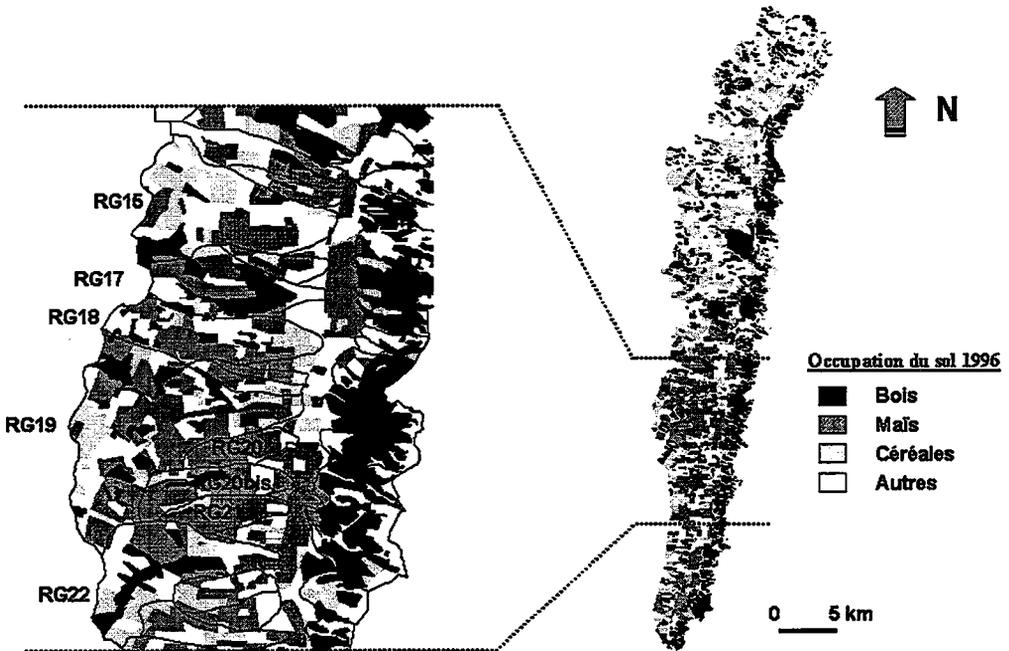


Figure 2 : Occupation du sol en 1996



- Les différences négatives indiquent un bassin qui pollue moins que ce que permet de prévoir la connaissance des surfaces de ses cultures ;

Ainsi l'application de ce modèle se révèle être un outil de diagnostic permettant d'établir une typologie des bassins.

La phase suivante consiste à déterminer les raisons physiques de cette typologie. Les raisons des écarts [observé - calculé] sont supposées liées à tous les éléments qui peuvent accentuer ou diminuer la pollution ainsi que tout ce qui peut rompre la linéarité du modèle : valeur de pollution élémentaire (suite à des pratiques agricoles différentes, à la présence ou l'absence de drains, d'irrigation, à la présence d'élevage...) ou aux obstacles lors du cheminement de l'eau entre secteur producteur de pollution et rivière (présence d'écrans forestiers, positions différentes dans l'espace)... Une analyse des raisons de ces écarts peut alors être mise en route.

Etude complémentaire sur les chemins de l'eau dans les bassins versants

Dans la méthode de diagnostic précédente, on suppose que l'on peut hiérarchiser et éliminer un à un les éléments responsables de la pollution : d'abord la surface, puis les autres éléments. Cette approche en cascade est intéressante pour dégrossir les problèmes et juger globalement de la hiérarchie des effets sur un bassin, mais son application est limitée à la méthode même .

En effet cette méthode est de type "résidus", donc permet d'avancer pas à pas dans la hiérarchisation des éléments explicatifs et de leurs effets, mais ne tient pas compte des liens éventuels entre ces mêmes éléments. Ainsi ce schéma peut être instable quand le nombre d'étapes augmente et parce qu'il prend mal en compte les relations entre éléments.

Aussi avons nous abordé parallèlement des approches complémentaires, plus fines, sur la détection précise des chemins de l'eau. On s'intéresse ici à la toposéquence, à la succession des états de surface rencontrés entre la source polluante et l'arrivée de l'eau dans le drain.

La littérature indique un fort effet de la distance des cultures au drain, et des distances de 50m à 300 m sont couramment citées comme valeurs limites d'une contribution effective. L'hypothèse est que la quasi-totalité des dégradations des produits polluants se produisent dans le sol, avant l'entrée dans le réseau de drains. Elles sont d'autant plus importantes que le temps de transit souterrain de la substance entre la parcelle et le drain est grand, donc que la

distance est grande. L'effet des écrans forestiers et des autres obstacles sur le parcours (retenues collinaires) est aussi important.

Notre interrogation concerne la caractérisation de ces éléments du contexte physique du bassin versant en utilisant la télédétection. Les travaux et réflexions portent sur plusieurs groupes de recherche :

1. Détection des chemins de l'eau :

Qu'est ce que le drain ? sachant que la circulation de l'eau est perturbée par des structures linéaires anthropiques.

Comment peut-on le caractériser spatialement : à partir de photos aériennes, de cartes, d'images satellite, de Modèles Numériques de terrain.

Quel est le degré de finesse qu'il nous faut retenir pour concevoir la circulation de l'eau superficielle (problème d'échelle) ?

2. Détection de l'occupation du sol parcellaire comme indication d'apports potentiels de polluants :

Traitement d'image dans un cadre de petit parcellaire, évolution temporelle de l'occupation du sol, relations entre forme des parcelles, position, type de sol et occupation du sol

3. Etude des liens entre les taux de polluants observés, les distances et le parcours des eaux.

RESULTATS

Organisation de l'information spatiale

Le premier travail réalisé est la création d'un SIG (logiciel Alliance puis transcription sur Arc-Info) afin de gérer la grande masse de données sur l'ensemble de la zone (Maucuit, 1997). Outre les plans de base de l'information spatiale qui ont été définis (occupation du sol, pédologie, réseau hydrographique, bassins versants, surfaces cumulées...), la base a été structurée de façon à être reliée aux mesures de débits et des concentrations. Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une convention avec la CACG. La base SIG nous permet de gérer facilement les taux d'occupation du sol, les drains, les distances, ... à l'intérieur de tout sous-bassin.

Evolution spatiale et temporelle, influence du degré de boisement

Les mesures de nitrates sur les divers petits bassins versants sont effectuées à raison d'une mesure par mois depuis fin 1994. La moyenne de ces mesures est supposée être une représentation de la moyenne annuelle. Des tests de sensibilité de la cadence de mesures sur un des sous-bassins (le Hay, n°RG17) où des mesures tous les trois jours ont été effectuées en 1996 et ont permis de juger de l'incertitude attachée à cette estimation (Rombau, 1997). On en déduit des évolutions marquées dans le temps (fig. 4) qui montrent des pics de pollution au moment des fortes pluies (novembre).et peu après les épandages (juin, juillet). Toutefois les débits associés aux pollutions de juin et juillet sont très faibles. Les flux sont négligeables, et les conditions d'additivité mal respectées (le modèle sera donc peu fiable pour ces mois).

On note également une forte dissymétrie de comportement entre rive gauche (zone agricole) et rive droite (zone boisée) (fig. 3a et 3b).

Pour mieux appréhender l'influence de l'occupation du sol au niveau global des sous-bassins versants, nous avons comparé les taux de nitrate et les pourcentages d'occupation du sol en bois et maïs (fig. 5 et 6). On note une liaison fortement positive entre la surface en maïs et le taux en nitrate, tandis que le taux de boisement semble globalement diminuer le risque de nitrate : en 1996 le taux de nitrate ne dépasse qu'une seule fois 20 mg/l quand le degré de boisement est supérieur à 40%, alors que des bassins à forte teneur en maïs sont mesurés avec des taux annuels proches de 80 mg/l.

Ces éléments, globaux, semblent indiquer que l'occupation du sol est une des premières caractéristiques responsable des disparités entre taux de nitrates observés sur l'ensemble des petits bassins versants indépendants. Cette évolution relative est une incitation à l'application du modèle de diagnostic défini précédemment.

Par contre les mesures effectuées le long de la rivière Sousson, montrent des taux de nitrates qui se stabilisent rapidement autour d'une moyenne annuelle de 30 à 35 mg/l. (fig. 3a). La faible variabilité de cette mesure indique qu'il serait très difficile de lier taux de nitrate à l'occupation du sol en se servant des seules mesures en rivière.

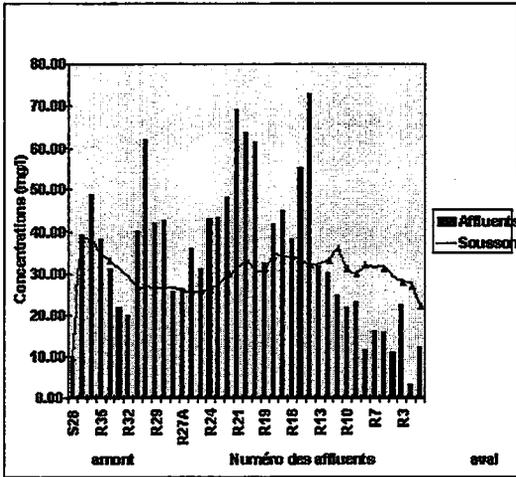


Fig. 3a : Moyenne des concentrations en nitrates observées en 1995
Sous-bassins de RIVE GAUCHE

Fig. 3b : Moyenne des concentrations en nitrates observées en 1995
Sous-bassins de RIVE DROITE

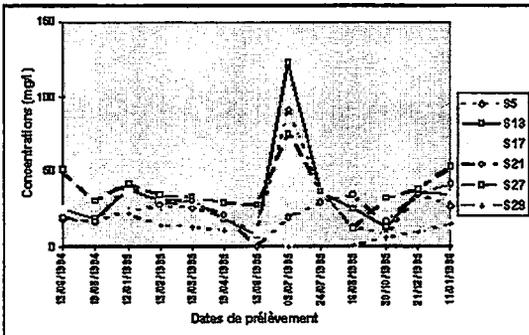
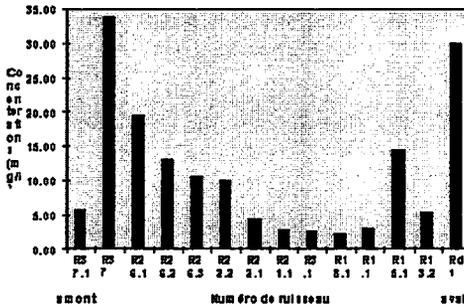


Fig. 4 : Exemple d'évolution temporelle en 1996

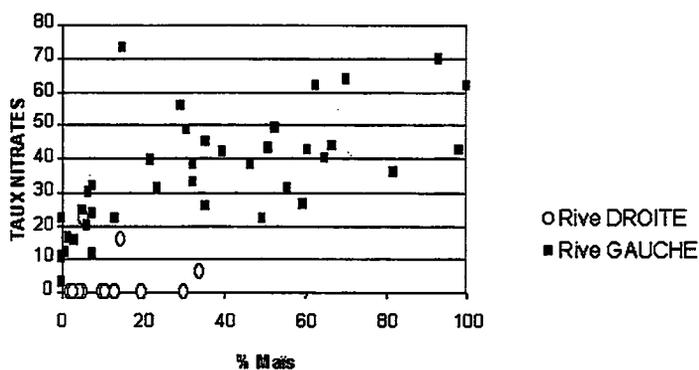


Fig. 5 : Influence du pourcentage de maïs dans la concentration en nitrate annuelle observée

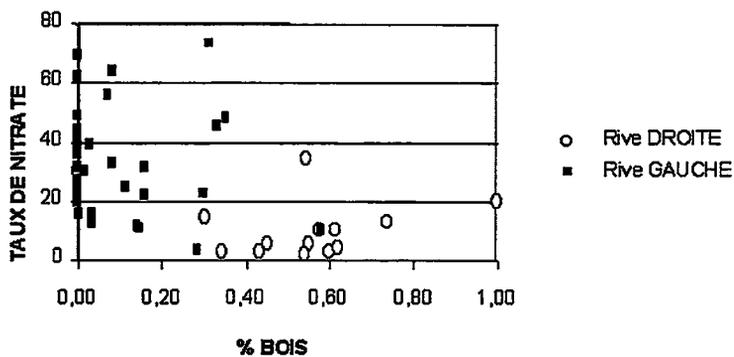


Fig. 6 : Influence du degré de boisement dans la concentration en nitrate annuelle observée

Application du modèle de diagnostic

Les résultats obtenus (Joignerez, 1996, Rombau, 1997) concernent les descripteurs primaires (surface en maïs, céréales, bois, prairies) pour la définition des pressions polluantes moyennes par thème et la mise en évidence des bassins à comportement éloigné (en bien ou en mal) de la moyenne régionale. Nous nous sommes basés sur les concentrations en nitrates mesurées sur des sous-bassins indépendants. On en déduit les valeurs moyennes de concentration de nitrates (aux pas de temps annuel, trimestriel et mensuel) selon l'occupation du sol. 53 bassins ont été analysés sur la comparaison entre taux de nitrates et occupation du sol (tabl. 3). On a utilisé une technique de régression particulière dite du bootstrap¹. Les tirages aléatoires ont porté sur une centaine d'échantillons, d'où l'on a défini moyenne et écart-type des estimations. Les résultats numériques obtenus sont proches de ceux d'autres régions françaises avec une hiérarchie prononcée (dans l'ordre : maïs, céréales, prairies, bois) les valeurs numériques fluctuant en fonction de la climatologie. Mais pour la partie « bois » qui nous intéresse, la pression annuelle de ce thème est sensiblement constante entre 1995 et 1996 : inférieure à 6 mg/l (tabl. 1). Ces niveaux sont comparables d'une part avec les données de la littérature, d'autre part avec les résultats de l'INRA de Mirecourt dans les bassins vosgiens à partir d'une méthode de diagnostic assez proche (tabl. 2). Une recherche a également été effectuée sur les données mensuelles et permet de se faire une idée de la variation mensuelle des pressions polluantes pour les diverses unités définies. Cette évolution est calculée pour 1995 (fig. 7).

Le classement des bassins "trop" pollués et "peu" pollués (relativement à ce que l'on attend de leur occupation du sol) en découle, et cette hiérarchie est stable d'une année à l'autre. On a ainsi (Rombau, 1997) :

- bassins sous estimés par le modèle ("trop" pollués): RG13, RG14, RG15, RG17, RG20, RG 20b, RG21
- Bassins sur estimés par le modèle ("peu" pollués) : RG 26, RG27a, RG33.

Tous les autres bassins donnent un écart [observé - calculé] raisonnable. On remarque que ces bassins se groupent géographiquement : les "trop" pollués sont situés dans le centre

¹ Méthode de régression permettant de s'affranchir de l'influence du choix des données. La régression se calcule sur un jeu d'échantillons, sous-ensembles des données, déterminés par tirage aléatoire avec remise.

Tableau 1. Résultats des pressions polluantes moyennes annuelles (en mg NO₃/l) par la méthode du bootstrap sur les 53 sous-bassins versants du Sousson (Rombau, 1997)

	Bois		Prairie		Céréales		Maïs	
	m	σ	M	σ	M	σ	M	σ
1995	3	2	14	2	38	9	52	5
1996	6	2	19	3	37	11	70	6

Tableau 2. Concentrations moyennes annuelles par type de couverts déterminé pour les bassins lorrains (in Benoit et al ,1995)

	Moyenne mg NO ₃ /l	Ecart type
Forêt	2	-
Prés de fauche	19	14
Pâturages	31	25
Prairies temporaires	28	-
Luzerne	23	8
Blé d'hiver	46	25
Orge d'hiver	62	55
Colza	120	-
Céréales de printemps	32	20
Maïs fourrager	126	77

Tableau 3. Statistiques sur les sous-bassins étudiés
(surface de bois, et de maïs, concentrations moyennes annuelles)

N° BV	Surface totale km2	Surf. Maïs %	Surf. Bois %	[NO3] 1995 Mg/l	[NO3] 1996 Mg/l
RD1.1	0,75	0,0	43,2	2	9
RD13.2	0,45	0,0	55,1	5	15
RD15.1	0,55	15,6	30,1	14	35
RD18.1	0,89	0,0	53,8	2	3
RD21.1	0,58	0,0	59,8	3	2
RD22.1	0,31	0,0	61,9	4	4
RD22.2	0,33	0,0	61,3	4	8
RD26.1	0,63	0,0	100,0	15	12
RD26.2	0,34	0,0	73,7	9	12
RD26.3	0,32	0,0	57,4	4	15
RD3.1	0,39	0,0	34,3	3	3
RD37	0,41	5,8	54,2	34	23
RD37.1	0,18	22,1	45,1	6	8
RD1	0,37	0,0	0,0	30	30
RD2	0,51	0,3	71,7		
S28	0,82	0,0	58,0	10	
RG38	0,43	21,5	2,9	40	30
RG36	0,23	52,5	0,0	46	64
RG35	0,37	46,4	0,0	36	49
RG34	0,37	55,6	0,0	31	43
RG33	0,27	49,3	0,0	21	15
RG32	0,31	6,3	0,0	19	43
RG31	0,37	64,9	0,0	40	54
RG30	0,41	62,6	0,0	63	60
RG29	0,19	98,2	0,0	40	49
RG28A	0,34	24,7	0,0		
RG28	0,46	60,4	0,0	43	60
RG27	0,49	35,4	0,0	25	37
RG27A	0,73	59,5	0,0	26	18
RG26	0,43	81,6	0,0	37	42
RG25	0,89	23,2	0,0	34	33
RG24	0,58	50,7	0,0	43	49
RG23	0,47	66,5	0,0	43	56
RG22	1,96	30,7	35,2	54	46
RG21	0,52	93,3	0,0	72	91
RG20	0,84	70,0	8,3	69	88
RG20b	0,22	99,8	0,0	62	98
RG19	4,05	32,5	8,0	35	45
RG18	1,46	39,6	0,0	42	46
RG17	1,57	35,3	33,1	49	57
RG16	0,32	32,2	0,0	37	61
RG15	2,65	29,2	7,0	53	68
RG14	0,85	14,9	31,4	67	81
RG13	2,01	7,6	16,0	34	60
RG12	3,08	6,4	1,5	33	41
RG11	4,21	5,1	11,5	24	31
RG10	3,51	13,2	16,0	24	20
RG9	3,03	7,6	0,0	25	25
RG8	1,98	7,6	14,1	13	14
RG7	8,74	1,9	3,4	17	18
RG6	2,34	3,1	0,2	18	14
RG4	8,71	0,0	14,4	11	16
RG3	0,83	0,0	29,6	21	22
RG2	0,55	0,0	28,5	3	3
RG1	4,44	1,0	3,4	13	15

du bassin près des communes de Clermont Pouyguillès et Saint Aroman. Les "peu" pollueurs sont à l'amont. Tous ces bassins éloignés de la normale sont en rive gauche. Remarquons aussi que les bassins « trop » pollueurs peuvent posséder une proportion importante de bois (31.4 % de la surface pour RG14, 33.1% pour RG17, tabl. 3), les bois situés au milieu des cultures étant contournés par les fossés. Une raison secondaire qui explique les différences semble être la présence d'élevages dont nous n'avons pu avoir la localisation systématique ni une caractérisation même sommaire (importance...). La méthode semble donc performante mais le manque de données a conduit à une non-conclusion vis-à-vis des forêts.

Validation

La validation du modèle de diagnostic peut être effectuée sur les bassins purs (occupation du sol homogène). En effet, pour ces bassins, le taux de nitrate observé doit être proche de la pression polluante calculée pour cette occupation du sol. On a pu faire une telle comparaison pour le maïs et les résultats sont très encourageants, même au niveau mensuel (fig. 8). Malheureusement, ces mêmes validations n'ont pas pu être effectuées au niveau des bois : les bassins entièrement boisés ne sont pas la préoccupation première de la CACG, qui a porté ses efforts de mesure sur les zones entièrement ou partiellement agricoles.

Etude complémentaire sur les chemins de l'eau dans les bassins versants

Les études effectuées dans ce cadre concernent surtout pour l'instant des développements particuliers en traitement d'images :

- caractérisation des drains avec un gros problème de vision et de définition (Toriel, 1998);
- cartographie de l'occupation du sol en zone de petit parcellaire ; mise au point d'une méthodologie de cartographie évolutive, établie année par année, à partir de documents satellites et aériens (Andreeva, 1998).

Au-delà de ces cartographies, deux applications touchent la problématique de la pollution : l'une portant sur l'effet de la distance entre cultures et drains, l'autre sur une auscultation fine des bassins versants.

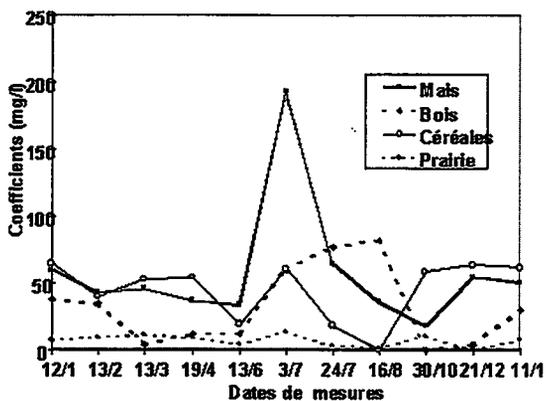


Fig 7 : Résultats du modèle : évolution des teneurs moyennes selon l'occupation u sol. Les valeurs de juin et juillet sont douteuses (débits trop faibles)

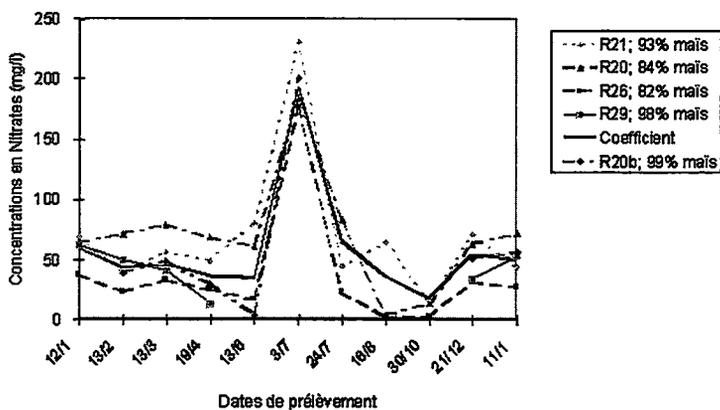


Fig 8 : Validation : comparaison entre concentrations mesurées à l'exutoire de bassins à dominance maïs et le « coefficient » attribué au maïs dans les régressions

Effet de la distance entre cultures et drains

Dans la méthode de diagnostic précédente, on a supposé que l'on pouvait hiérarchiser et éliminer un à un les éléments responsables de la pollution : d'abord la surface, puis les autres éléments. Ici surface et distance entre parcelles sources et drain sont analysées conjointement et non en succession dans l'explication de la pollution.

Nous partons de l'hypothèse que plus les parcelles sont éloignées du cours d'eau et moins elles transmettent de matière polluante. Pour représenter cela, on utilise une courbe d'efficacité de l'efficacité de la distance au drain d , traduite a priori par une courbe décroissante $f(d)$. En première approximation on a testé une courbe à seuil à savoir :

$$f(d)=1 \text{ si } d < \text{seuil}, \quad f(d)=0 \text{ si } d > \text{seuil}$$

La variable testée est issue du croisement de l'efficacité $f(d)$ et de la répartition des parcelles sources en fonction de la distance au drain. Dans le cas simplifié présenté cela revient à ne considérer comme efficaces que les éléments de surface dont la distance au drain est inférieure au seuil donné. Ainsi ne sont comptabilisées que les surfaces incluses dans un couloir de largeur définie autour du drain. Le calcul étant mené pixel à pixel (50 m), les parcelles peuvent être découpées par le bord du couloir.

Le calcul est mené sur l'ensemble des bassins disponibles : pour chaque valeur de d fixée (50 m, 100 m, 200 m, 300 m et ∞), on calcule le coefficient de corrélation entre taux de nitrate et surface. L'évolution du coefficient de corrélation (fig. 9) est la traduction directe de l'effet de la distance. Dans notre zone, et avec les hypothèses de tracé du réseau utilisées, les coefficients de régression entre taux de nitrates et surfaces, assez forts pour les parcelles à moins de 100 m du réseau, s'atténuent fortement ensuite : la portée semble être de l'ordre de 150 à 200 m (Toriel, 1998).

Auscultation fine des bassins versants

Signalons enfin les mesures de terrain de la campagne de mars 1998, sur le bassin RG19 de 4 km². On se place ici à un autre niveau d'échelle, celui de l'intérieur d'un sous bassin pour mieux définir les agrégations de flux et de concentrations. Les mesures concernent les débits instantanés (de 0.1 l/s à 12.5 l/s) et les concentrations en nitrate (de 18 à 81 mg/l) en 27 points : en chaque confluence et à la sortie de tout drain enterré important. Nous sommes dans un bassin à forte dominante agricole où les cultures (céréales et maïs) occupent

près de 80% de l'espace. Les bois sont concentrés à l'amont ou bien se présentent en blocs isolés dans le bassin. La forte structuration du bassin en réseau de drainage implique que :

- les bois ne jouent pas un rôle d'écran hydraulique, car ils sont contournés et bordés par les drains. Toutefois la présence des bois diminue la surface fortement polluante (dans une proportion modeste : 15 à 20% de la surface) mais elle ne peut agir sur une réduction a posteriori des niveaux de nitrate.

- les additivités des débits et des flux sont bien observées dès les surfaces les plus petites (1 à 2 ha), ce qui est mis en évidence par les liaisons fortes entre débits et surfaces (fig. 10) ou flux et surfaces.

La concentration émanant des parcelles de maïs avoisine les 80 mg/l, puis s'atténue très vite par dilution. L'effet le plus notable est la traversée d'un lac collinaire qui divise la concentration par 2 (de 40 à 18 mg/l) avec un même débit d'entrée et de sortie (1 l/s).

CONCLUSION. PERSPECTIVES

La démarche spatiale est particulière car elle cherche à relier directement les variations hydrologiques aux variations de contexte. A un niveau global, elle doit donc associer un grand nombre de mesures de terrain, complémentaires aux mesures traditionnelles, pour essayer de tirer des enseignements de la double variabilité. Notre démarche spatiale s'accompagne donc d'un effort important de terrain, avec des protocoles spécifiques.

Nous avons développé ici une méthode de diagnostic à un niveau de sous-bassins de quelques kilomètres carrés, permettant de juger rapidement des différences de pression polluantes après élimination des raisons climatiques ou de l'effet des surfaces en cultures. Nous avons également avancé dans le domaine de la caractérisation des chemins de l'eau à l'aide de données de télédétection pour une meilleure compréhension des pollutions. Introduits dans un SIG, tous ces éléments sont facilement gérables et permettent des recoupements entre descripteurs et mesures hydrologiques. Les premiers résultats confirment l'effet important de la distance entre cultures et drain. Les recherches futures doivent continuer dans cette voie, avec comme objectif l'aide à la décision.

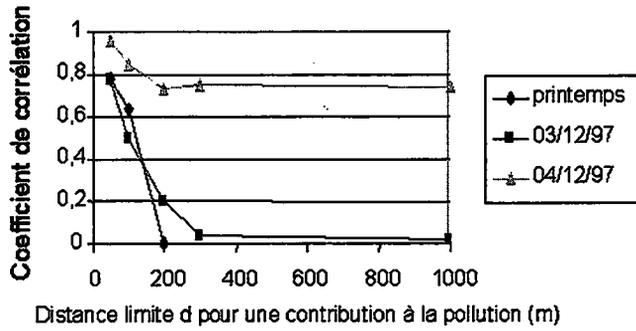


Figure 9 : mise en évidence de l'influence de la distance au drain : le coefficient de corrélation entre τ (taux de nitrate) et $S(d)$ (surface supposée active) chute rapidement au-delà de 150 à 200 m (Toriel, 1998).

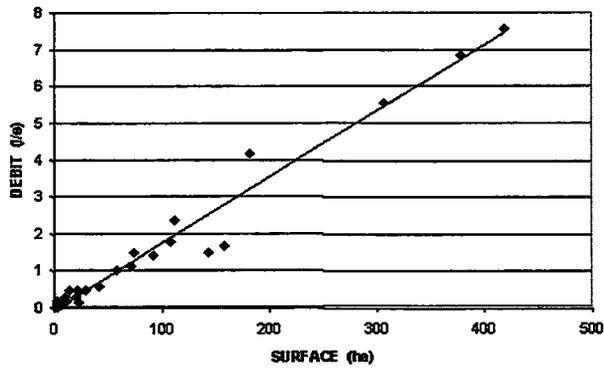


Figure 10: Observations de mars 1998, sur le bassin RG19

BIBLIOGRAPHIE

- JOIGNEREZ A., 1996. *Approche spatialisée des teneurs en nitrates à l'échelle du bassin versant : application sur la rivière du Sousson*. DEA, Sciences de l'Eau dans l'Environnement Continental, Montpellier II- LCT Cemagref-ENGREF. 76 p. + annexes.
- ROMBAU C., 1997. *Approche globale de la pollution par les nitrates ; étude de l'impact de l'organisation spatiale de l'occupation du sol sur le transfert des nitrates dans le réseau hydrographique d'un bassin versant du SO de la France : le bassin du Sousson*. Mémoire d'ingénieur de l'ENGEES – LCT Cemagref-ENGREF. , 50 p.
- MAUCUIT I., 1997. *Analyse préliminaire à la mise en œuvre d'un système d'information géographique. Projet "bassin versant du Sousson"*. Mastère SILAT ENGREF/ENSA.M/INAP-G – LCT Cemagref-ENGREF. 43 p + annexes
- TORIEL C., 1998. *Approche par télédétection de la circulation de l'eau sur un bassin versant agricole en vue de la construction d'un indicateur de pollution agricole*. DEA SEEC, Mémoire ENGEES Strasbourg – LCT Cemagref-ENGREF. 94p.
- ANDREEVA K., 1998. *Mise à jour de l'occupation du sol parcellaire à partir d'imagerie satellitale. Application au Bassin versant du Sousson (Gers)* DESS CETEL Univ. Paul Sabatier– LCT Cemagref-ENGREF. 55p
- PUECH C., 1993. *Détermination des états de surface par télédétection pour caractériser les écoulements des petits bassins versants – application à des bassins en zone méditerranéenne et en zone tropicale sèche*, Thèse, Université Joseph FOURIER, Grenoble I, 217 p.
- VINE P. 1997. *Identification de l'hétérogénéité spatio-temporelle des comportements hydrologiques. Apports de la télédétection Satellitale. Application aux bassins versants du Réal Collobrier (France) et de la Mare d'Oursi (Burkina-Faso)*, Thèse de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, 286 p.
- BENOIT M., SAINTOT D., GAURY F., 1995. *Mesures en parcelles d'agriculteurs des pertes en nitrates. Variabilité sous divers systèmes de culture et modélisation de la qualité de l'eau d'un bassin d'alimentation*. C.R. Acad. Agric. Fr. 1995, vol 81, n°4, 175-188.

THEME 3

Valorisation de la forêt paysanne existante

Introduction au thème 3

G. BALENT

INRA-SAD Toulouse,
BP 27, F-31326 Castanet-Tolosan cedex, France

A Nicole Sauget, sociologue dont l'enthousiasme, l'engagement, les qualités d'analyse ont définitivement influencé les travaux que nous avons menés sur la forêt paysanne dans le cadre de l'AIP. Sa disparition prématurée n'est pas sans conséquences sur le rendu de nos recherches.

LES ENJEUX, LES QUESTIONS ET LES DISPOSITIFS DE RECHERCHE

Dans la plupart des régions françaises, l'espace rural est parsemé d'un nombre plus ou moins important de parcelles boisées différentes par la nature des essences qu'elles abritent, par leur forme, leur superficie, leur physionomie. Ces forêts affectent profondément les paysages agricoles dans leur fonctionnement écologique et dans leur qualité visuelle. Elles révèlent la complexité des rapports que les agriculteurs n'ont jamais cessé d'entretenir avec leur forêt. Elles mettent en lumière le manque de connaissance de la diversité des objectifs et des pratiques de gestion des petits agriculteurs et propriétaires forestiers et des fonctions productives et environnementales de ces formations boisées. Malgré une superficie totale de 2,2 Millions d'hectares, plus importante que celle des forêts domaniales, les travaux de recherche qui la concernent sont peu nombreux.

Pourtant, au moment où la question des usages multiples et de la durabilité est posée pour l'ensemble de la forêt française, on peut se demander si, en raison des nombreuses diversités de la forêt des agriculteurs (propriétaires, objectifs et produits, pratiques, lieux où elle se trouve), une partie des réponses sur le choix de pratiques de gestion sylvicole à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs ne se trouve pas du côté des savoir-faire paysans.

En fonction de cette analyse, l'étude des interactions entre les différentes fonctions de la forêt paysanne existante sur un même territoire nous est apparue essentielle. Certaines fonctions de la forêt paysanne existante concernent la parcelle forestière (fourniture de bois d'œuvre et de chauffage, gestion sylvicole, productions annexes...), d'autres l'exploitation agricole (fonctions assignées par l'agriculteur et sa famille aux parcelles boisées, revenu complémentaire, patrimoine, placement...), d'autres enfin le paysage (biodiversité, esthétique,

cynégétique...). Ces fonctions pouvant être complémentaires ou contradictoires, il était important d'analyser et d'évaluer la nature et les enjeux des interrelations entre ces différentes fonctions sur un même territoire en articulant plusieurs points de vue (sylvicole, agricole, économique, cynégétique, écologique, culturel...) et plusieurs échelles de perception (parcelle, exploitation, territoire). Aussi, ces recherches ont-elles été développées sur le terrain des Coteaux de Gascogne où les caractéristiques de l'agriculture, son évolution et son inscription dans les paysages étaient bien connues car étudiées depuis longtemps.

Face aux multiples diversités évoquées plus haut, il est apparu nécessaire de pouvoir comparer différents types de forêts paysannes. Pour tirer le maximum de profit de ces comparaisons dans le temps limité de l'AIP, compte tenu de la complexité des relations agriculture/forêt, nous avons choisi de concentrer nos efforts sur des terrains déjà explorés par des groupes de chercheurs. La forêt fragmentée du sud-ouest (Inra-Toulouse) a permis d'explorer les relations entre des fonctions multiples de la forêt et les structures des peuplements qui en résultent. La châtaigneraie du sud du massif central (Inra-Montpellier) a permis d'aborder le problème de la gestion d'une ressource et d'un espace en situation de déprise forestière. Les accrues forestiers spontanés en montagne (Cemagref Grenoble et Inra Montpellier) ont permis d'aborder la question de la valorisation des arbres forestiers en situation de déprise agricole. Les peupleraies des vallées alluviales (Cemagref Nogent) ont permis d'aborder la question de l'impact écologique et des représentations sociales d'une culture forestière intensive en milieu agricole. Ces différents terrains ont été inclus dans un réseau plus vaste d'enquêtes sur les pratiques de gestion et les représentations de la forêt paysanne au niveau de petits territoires (Sarthe, Jura, etc.).

La complexité et la diversité des types de forêts paysannes, que ce soit au niveau de la parcelle, de l'exploitation ou au niveau d'une portion de territoire, l'absence quasi totale de références biotechniques fiables, nous a conduits à privilégier l'analyse comparative (avec sa richesse et ses limites illustrées dans les différentes contributions) pour créer des références, faire émerger des hypothèses et des questions de recherche à explorer dans l'avenir.

QUELS ACQUIS ET QUELLES NOUVELLES QUESTIONS ?

Sur les fonctions écologiques de la forêt paysanne

La caractéristique marquante de la forêt paysanne est son morcellement. La plupart des taches forestières ont une superficie de quelques hectares. C'est pour cela que la forêt paysanne présente un intérêt majeur pour le maintien de la biodiversité des paysages agricoles. Chaque tache forestière joue un rôle spécifique mais c'est surtout l'organisation spatiale des surfaces boisées au sein de la matrice agricole qui lui confère ses propriétés écologiques. Une difficulté majeure consiste à mesurer cette fragmentation de la forêt pour pouvoir la mettre en relation avec des caractéristiques écologiques des paysages agricoles.

Balent, Vincent et al. proposent une application d'un indice synthétique de mesure de la fragmentation proposé par Lauga et Joachim à deux types d'indicateurs : les oiseaux nicheurs et les populations de chevreuil. Les résultats montrent qu'un seul indice synthétique peut rendre compte de manière satisfaisante d'un phénomène complexe comme la fragmentation forestière. Sur le plan méthodologique cela laisse entrevoir des applications intéressantes en matière de mise au point d'outils d'aide à la décision pour évaluer l'impact écologique de modifications intervenant dans la couverture forestière d'une zone donnée. Sur un plan plus biologique, les résultats montrent que la fragmentation est perçue de manières différentes par des organismes différents et que l'on peut déterminer l'échelle optimale de perception de la fragmentation forestière d'un organisme donné. Cela montre l'intérêt dans une démarche de diagnostic d'utiliser plusieurs indicateurs écologiques simultanément. Cela permet de distinguer dans les paysages les structures fortes communes aux différents indicateurs écologiques, de celles contingentes de l'échelle de perception du paysage d'un indicateur écologique donné. En ce qui concerne le chevreuil, ce dernier apparaît comme très corrélé à l'indice de fragmentation forestière proposé et donc, au taux de boisement. Dans sa dynamique actuelle de très forte expansion, tout ajout d'une parcelle boisée dans le paysage agricole est susceptible de favoriser cette expansion. Une carte de sensibilité du chevreuil au boisement des terres agricoles pourrait être dressée à partir de ces travaux.

Balent & Joachim proposent une comparaison de la biodiversité des peupleraies de la vallée de la Garonne avec celle des taillis et des taillis sous futaie de la région des Coteaux de Gascogne. Le descripteur écologique utilisé est la communauté d'oiseaux nicheurs. Le rôle des pratiques d'entretien au sein des peupleraies apparaît essentiel pour la richesse spécifique

et bien plus important qu'un effet peuplier/taillis de chêne. Si l'on considère la qualité des espèces d'oiseaux, les peupleraies apparaissent comme des milieux de transition, des lisières entre les forêts proprement dites et les paysages agricoles. Les auteurs considèrent comme important de développer dans un avenir proche des recherches sur l'influence des facteurs paysages sur la biodiversité des peupleraies (surface, isolement, connectivité, effet mosaïque).

Sur les fonctions productives de la forêt paysanne

Guyon et al ont réalisé un inventaire détaillé des ressources sylvicoles ainsi qu'un suivi sommaire des pratiques de gestion dans l'ensemble des parcelles boisées de 10 exploitations agricoles des Coteaux de Gascogne. Ce travail montre la diversité des valorisations possibles de la forêt paysanne au sein d'un territoire relativement petit. Il permet de comprendre pourquoi les modèles sylvicoles traditionnels pénètrent peu ce type de forêts. A une gestion trop monocorde et contraignante de leurs parcelles, ils préfèrent des structures de peuplement qui leur permettent de s'adapter aux besoins immédiats de trésorerie. Le taillis sous futaie domine dans les parcelles étudiées car il semble répondre à ces exigences (valorisation et utilisations multiples, facilité de récolte). L'intensité de son exploitation est très variable et la surface réduite des coupes ajoute à l'hétérogénéité verticale de la végétation une hétérogénéité horizontale. De nombreuses parcelles forestières sont pâturées ou servent d'abris pour les animaux et les activités de cueillette sont importantes. Il existe une grande diversité d'utilisations d'une exploitation agricole à l'autre, même s'il y a peu de différences techniques. Cette gestion multi-usage 'sans le savoir' produit des peuplements durables et riches en espèces potentiellement exploitables dans l'avenir (merisier, alisier, frêne, ...). Ces résultats suggèrent que des pratiques 'innovantes' peuvent se cacher derrière les savoir-faire traditionnels des agriculteurs.

Dans une contribution méthodologique, Elyakime et al. proposent une alternative aux critères économiques classiques de gestion des forêts qui ne peuvent s'appliquer en forêt paysanne car ils sont basés sur une optimisation de la date de coupe (jamais réalisée en forêt paysanne) et sur la connaissance des itinéraires techniques (non connus en forêt paysanne). Il s'agit de l'application d'un modèle économique ancien qui permet de calculer des valeurs d'attente et des pertes d'avenir pour la futaie et le taillis sous futaie en forêt paysanne pour un horizon de 16 ans. Ce modèle a été appliqué à des parcelles réelles d'une exploitation des Coteaux de Gascogne. La durée de 16 ans correspond à celle d'un plan de gestion et permet

d'évaluer le choix sylvicole sur un horizon économique court utile à l'agriculteur. Ce travail pourrait être poursuivi en intégrant des scénarios alternatifs de production sylvicole ou non.

Sur les fonctions sociales de la forêt paysanne

Olivier Nougarede propose une contribution qui est, en fait, le premier volet d'un travail plus large qui sera publié par ailleurs. Il concerne l'étude des représentations des agriculteurs sur la forêt, et la façon dont ils perçoivent leurs pratiques sylvicoles et sylvestres. Ce travail est particulièrement original par son ampleur puisqu'il concerne 170 enquêtes réalisées avec le même questionnaire dans des exploitations agricoles réparties dans 8 régions françaises recouvrant une diversité importante de types de forêts et de types d'agricultures. Un des résultats à retenir est l'inadéquation flagrante des statistiques agricoles pour rendre compte de la réalité complexe de la forêt paysanne. Pour comprendre la "*forêt paysanne*", il faut aller sur le terrain et s'intéresser non seulement à l'exploitation et au ménage agricole, mais surtout à la famille agricole élargie. Le patrimoine boisé familial appartient pendant une assez longue période à un ancien agriculteur qui n'est plus considéré comme tel dans les statistiques. L'ancien exploitant agricole devient propriétaire forestier, plus ou moins sylviculteur, lorsqu'il n'est plus agriculteur. Cette première analyse socio-ethnologique sur la place de la forêt dans la vie de la famille agricole sera complétée par des analyses des pratiques sylvicoles et des comportements forestiers des agriculteurs.

Le Floch et al. proposent une approche sociologique des représentations des peupleraies dans la vallée de la Garonne au nord de Toulouse¹. Ce travail est particulièrement intéressant dans la mesure où les enquêtes portent sur une zone où le peuplier est un arbre traditionnel ancré dans la culture et dans l'économie locale. Le passage sur l'âge d'or des peupliers est particulièrement significatif. On y retrouve un raccourci de l'évolution de notre société : de longues rotations (arbres de 80 ans) associées avec des prairies pâturées, d'un milieu où l'on se sentait bien, d'une valorisation locale de la ressource, d'emplois de proximité, on passe à des variétés sélectionnées, des rotations courtes, la disparition des prairies, la friche, une valorisation des ressources à l'extérieur, la peupleraie désertée. Au-delà de l'étude de cas de la vallée de la Garonne, ce travail contribue en l'état, à l'émergence d'une

¹ Initialement cette contribution devait porter sur une réflexion croisée entre le point de vue sociologique et le point de vue écologique. L'indisponibilité de deux des acteurs principaux de cette recherche au moment de la rédaction nous ont contraints à les présenter séparément.

méthodologie d'approche des représentations des fonctions productives et des fonctions environnementales des formations boisées en milieu agricole.

En guise de conclusion et de perspectives

La forêt paysanne n'est ni une parcelle d'une forêt domaniale, ni une parcelle agroforestière. Objet particulièrement complexe, elle ne peut s'appréhender au simple croisement d'une station forestière, d'une essence dominante et d'un itinéraire technique connu. Elle demande une approche interdisciplinaire c'est-à-dire la construction d'objets hybrides aux interfaces entre les disciplines, ce qui constitue une chose difficile à réussir dans une démarche de recherche. Aussi, les contributions qui émanent du projet «évaluation de la forêt paysanne existante» peuvent-ils être lus et reçus de manière contrastée. D'aucuns pourront regretter avec une approche comptable qu'au bout de trois ans on ne sache toujours pas ce que rapporte la forêt paysanne au sein des exploitations agricoles, quel est son niveau de production ou encore comment s'y prendre pour «améliorer» efficacement la productivité de cette ressource. Au-delà de l'étude de cas, répondre à ces questions me paraît relever de l'utopie, tant la forêt des agriculteurs n'est faite que de diversités. Diversité des milieux et des structures de peuplement, diversité des objectifs au sein d'une même unité de gestion, imprévisibilité des décisions liées à la gestion, diversité des acteurs concernés. Face à un objet nouveau, jusque là étudié seulement à l'aide de statistiques, la dure réalité du terrain nous a conduits à réviser à la baisse la production de références biotechniques significatives (c'est-à-dire allant au-delà de la simple étude de cas). Accumuler des particularités locales sans produire de cadre général pour les interpréter ne nous est pas apparu très satisfaisant. Nous avons privilégié pour chaque thème abordé les analyses transversales mettant en jeu plusieurs terrains. Cela n'était pas la voie la plus facile et si certaines publications n'ont pu aboutir dans les délais impartis ou bien sous une forme appauvrie par rapport à notre projet initial, elles aboutiront dans les mois qui viennent. L'AIP Agrifor aura fourni l'occasion de mettre en place des collaborations entre des chercheurs de disciplines biologiques, techniques et des sciences sociales convaincus, grâce à cette expérience commune de terrain, de la nécessité d'approfondir ensemble dans la durée un certain nombre de questions dont l'importance a surgi au cours de ces trois années.

Réponses comparées des populations d'oiseaux et de chevreuil à la distribution spatiale des fragments forestiers dans l'espace rural.

G. BALENT¹, J.P. VINCENT², J. JOACHIM², M. HEWISON²

¹ INRA, Unité SAD Toulouse
BP27, F-31326 Castanet-Tolosan, France

² INRA, IRGM Toulouse
BP27, F-31326 Castanet-Tolosan, France

RESUME

Les formations forestières par leur présence ou leur absence contribuent fortement à définir les caractéristiques écologiques des paysages agricoles. La surface et l'isolement des taches forestières sont deux facteurs importants pour expliquer la biodiversité des forêts. Ces deux aspects de la fragmentation sont souvent considérés séparément et mesurés de façon très diverse. Cela rend la comparaison des résultats souvent difficile. Par ailleurs, un diagnostic correct des effets de la fragmentation demande de travailler avec plusieurs indicateurs écologiques qui diffèrent par leur échelle de perception, ce qui implique d'utiliser des mesures différentes de la fragmentation. Dans ce papier nous proposons une mesure simple de la fragmentation forestière qui intègre à la fois la surface des bosquets et leur localisation spatiale. Elle est basée sur un lissage décroissant de manière exponentielle avec la distance. Cette méthode a été appliquée à une zone test de 5000 hectares dans le nord du canton d'Aurignac (Haute-Garonne) sur plusieurs espèces répondant a priori à des échelles différentes à la fragmentation, le chevreuil et trois espèces d'oiseaux forestiers. Des corrélations ont été établies entre la fréquence d'occurrence des espèces étudiées et les valeurs du modèle numérique forestier, calculé pour plusieurs échelles de lissage. Toutes les corrélations sont hautement significatives mais chaque espèce a une échelle de lissage préférentielle. La cartographie simultanée du modèle numérique forestier et de la présence des espèces illustre ces différences de réponse des espèces d'oiseaux et des chevreuils. Nous discutons des relations entre fragmentation du milieu et préférences des

différentes espèces étudiées. Dans une optique de gestion écologique d'un territoire, nous discutons des possibilités qu'offre notre méthode de calcul pour simuler la sensibilité écologique d'un paysage à une modification de la couverture forestière.

ABSTRACT

Patterns of forest distribution are of primary importance regarding the ecological characteristics of agricultural landscapes. Patch size and isolation are the main driving forces of forest biodiversity. These two faces of forest fragmentation are generally considered diversely and separately avoiding direct comparison of results. Diagnoses of fragmentation effects require, avoiding problems of scale confusion, to investigate several ecological indicators at the same time and generally with different measurement tools. In this paper, we propose to apply a very simple measurement of forest fragmentation based upon an exponentially decreasing smoothing of spatial distribution of forest patches. This measurement is applied to a rural area of about 5000 hectares in the southwestern part of France near Toulouse. Different smoothing distances were computed ranging from 100 to 1000 meters. Presence/absence of roe deer, robin, chaffinch, song thrush were recorded on a grid covering the whole studied territory. Correlation between presence/absence data and spatial smoothing of forest patches is highly significant for all the species and smoothing distances. Nevertheless, each species exhibits a favourite smoothing distance. Simultaneous mapping of species distribution and favourite spatial forest smoothing provides a nice illustration of ecological preferences of species regarding forest fragmentation. We discuss these different relationships and the possibilities our fragmentation measurement method offers to simulate the sensitivity of agricultural landscape to any change in forest cover.

INTRODUCTION

La fragmentation de l'habitat est généralement considérée en termes de réduction de taille et d'augmentation de l'isolement des unités d'habitats restantes, mais inclut également des pertes d'habitat primaire (Andr en 1994). Ce phénomène s'étend et s'accélère notamment sous l'influence de l'intensification des activités humaines en particulier du changement des pratiques agricoles et de l'urbanisation (Burgess & Sharpe 1981, Sotherton 1998). L'augmentation de la taille des parcelles cultivées conduit à une perte de la connectivité écologique dans le paysage et

affecte les capacités de déplacement des animaux entre les unités d'habitat. Au contraire les éléments qui tendent à maintenir la connectivité contribuent à la survie et à la stabilité des espèces (Taylor et al. 1993). La modélisation des effets de la structure du paysage sur la distribution et l'abondance a été tentée chez quelques espèces d'oiseaux (Lauga & Joachim 1992, Tucker et al. 1997), d'insectes (Stelter et al. 1997) et de mammifères (Rushton et al. 1997, Mladenoff & Sickley 1995). Les modèles des îles (MacArthur & Wilson 1967), et le concept de métapopulations (Levins 1969) développent l'idée d'une matrice inhospitalière entre les «patches» d'habitats préférés. Dans les milieux terrestres, la matrice agricole située entre les taches forestières est rarement entièrement inhospitalière, et bien que non préférée, elle peut être utilisée (Wiens 1996). Les espèces généralistes, en termes d'habitat, seront plus facilement capables d'utiliser cette matrice secondaire en raison de leur plasticité comportementale et de leur flexibilité écologique. (Hansson 1994, Bender et al. 1998).

Pour tester ces hypothèses, reste le problème de la mesure de la fragmentation. La morphologie des taches forestières, leur isolement respectif sont particulièrement importants pour expliquer la biodiversité de ces taches ou leur rôle dans la dynamique de population des espèces forestières. Ces deux aspects de la fragmentation forestière sont souvent considérés séparément, chacun de ces deux aspects pouvant faire l'objet de descriptions très variées. Le choix des variables est adapté aux caractéristiques du groupe biologique que l'on prend en compte dans une étude donnée. Cela rend la comparaison des réponses des différents groupes à la fragmentation difficile.

Dans ce travail nous proposons une méthode de description de la fragmentation forestière qui intègre à la fois l'importance surfacique des taches forestières et leur localisation les unes par rapport aux autres. Ce modèle numérique forestier est inspiré des propositions de Lauga & Joachim (1992). Nous avons appliqué ce modèle à plusieurs populations d'indicateurs écologiques répondant théoriquement de manière différente à la fragmentation forestière dans les paysages agricoles. Il s'agit de trois espèces d'oiseaux forestiers, la grive musicienne (*Turdus philomelos*), le pinson des arbres (*Fringilla coelebs*), le rouge-gorge (*Erithacus rubecula*) et d'une espèce d'ongulé sauvage en pleine expansion, le chevreuil (*Capreolus capreolus*).

MATERIEL ET METHODES

La zone d'étude

Dans le système Lambert III, elle s'inscrit d'Ouest en Est entre les kilomètres 473 à 492 et du Sud au Nord entre les kilomètres 3102 à 3119. La zone étudiée recouvre le territoire de 4 communes du canton d'Aurignac (Hte-Garonne). Il s'agit, d'ouest en est, d'Esparron, de Saint-André, d'Eoux et de Peyrissas situées de part et d'autre de la vallée de la Nère. L'ensemble des quatre communes représente environ 5000 hectares. Cette vallée est encadrée par deux massifs forestiers importants, au nord la forêt communale de Lilhac-Fabas qui est un taillis sous futaie de chênes en voie d'enrésinement, au sud la forêt communale de Mauboussin qui est conduite en taillis sous futaie de chêne. Au sud de la Nère, le versant présente une très forte pente, il est le plus souvent composé de pâturages en voie d'abandon envahis par les genévriers. Au nord de la Nère, des coteaux en pente douce sont le domaine des cultures fourragères intensives et des céréales en sec. La vallée anciennement occupée par des prairies permanentes, a été remembrée dans les années 80, la plupart des haies arrachées, la rivière calibrée. C'est aujourd'hui le domaine des cultures irriguées. La zone de coteaux est parsemée de petits bosquets de chênes gérés par les agriculteurs (Cf. Guyon et al., Nougarede dans cet ouvrage).

Le canton d'Aurignac constitue depuis longtemps un laboratoire de terrain de l'Unité SAD-Toulouse pour l'étude des changements des activités agricoles et de leurs conséquences sur l'organisation des paysages et de leurs propriétés écologiques et esthétiques (Balent & Courtiade, 1992 ; Sauget & Balent, 1993 ; Sauget, 1996). Depuis 1993 les forêts de la zone font partie d'un échantillon plus vaste de parcelles forestières qui servent de support pour l'étude de la fragmentation forestière (Icaran, 1995), des pratiques de gestion sylvicoles (Guyon et al. dans cet ouvrage) et des relations exploitation forestière/biodiversité (Deconchat et al., 1998). La question des effets de la fragmentation sur la biodiversité y est étudiée par plusieurs groupes de chercheurs mobilisant une batterie d'indicateurs écologiques différents pour comparer la réponse d'espèces réagissant au premier abord à des échelles différentes (chevreuil, oiseaux, syrphes, collemboles).

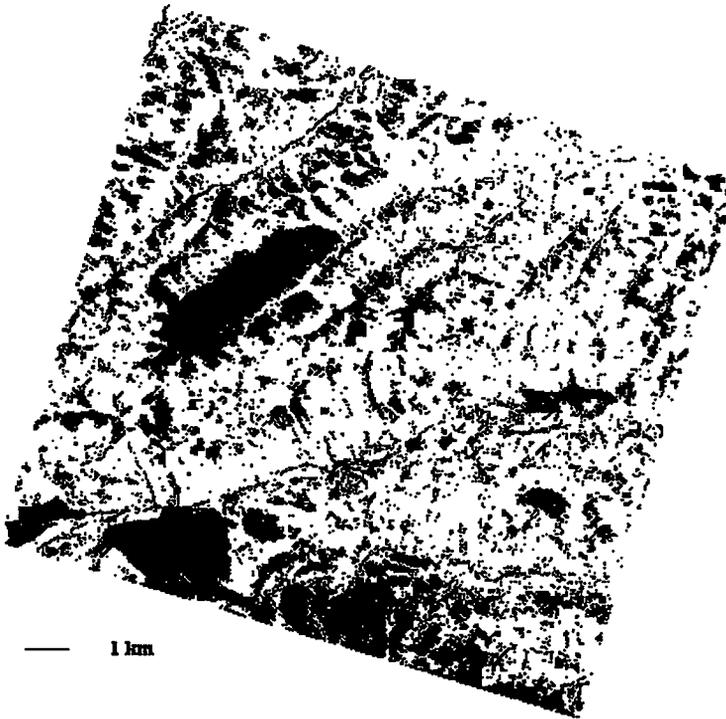
Principe de calcul du modèle numérique forestier (MNF)

Nous utilisons les techniques du traitement d'images pour extraire, à partir de clichés Spot de 1991 les éléments boisés (fig. 1). On obtient ainsi une image (bois/non bois) de type 'raster',

sorte de matrice de 900 lignes sur 950 colonnes au pixel de 20m par 20m ce qui représente une surface de 34200 hectares. Le pixel est l'unité d'information de l'image autrement dit, une cellule de la matrice. Certains pixels correspondent à la présence de la variable étudiée (bois), les autres à l'absence de cette variable. Par convention, on affecte la valeur zéro à ces derniers pixels, et la valeur 200 aux pixels boisés (cette valeur a été choisie pour des raisons techniques en raison de contraintes de codage des données).

Figure 1. La distribution spatiale des bois extraite d'une image SPOT et géoréférencée en Lambert III.

On distingue nettement la forêt de Lilhac-Fabas en haut à gauche de la photo, ainsi que la forêt de Mauboussin en bas à gauche. La vallée de la Nère partage l'image en deux en suivant grossièrement une des diagonales.



Le calcul de l'indice est réalisé par un lissage de cette image bois/non bois (appelé canal) qui est en fait une convolution basée sur une loi exponentielle décroissante (Lauga & Joachim 1992). Cela consiste à affecter à chaque pixel du canal une valeur qui est la moyenne des valeurs (pondérées par des coefficients fonctions des paramètres choisis pour la loi exponentielle) des pixels voisins dans un rayon donné que l'on peut faire varier. On obtient ainsi un nouveau canal

dont la valeur des pixels n'est plus 0 ou 200, mais des valeurs continues entre ces deux extrêmes. Cela revient à définir sur l'image en question une ambiance de la variable qui tient compte à la fois de la distance entre les différentes taches de pixels boisés et de leur surface, c'est une interpolation. On parle alors de potentiel forestier (Lauga & Joachim, 1992) ou de Modèle Numérique Forestier (MNF). Nous avons testé 5 échelles de lissage différentes, 100 m, 300 m, 500 m, 800 m et 1 km en nous basant sur la signification des coefficients de régression entre la distribution des valeurs du Modèle Numérique Forestier et la présence des espèces d'oiseaux choisies et du chevreuil

L'étape suivante de la démarche consiste à passer à une image ayant une maille élémentaire d'un hectare puisque la localisation des observations sur le chevreuil est faite avec cette précision. Les points d'écoute sur les oiseaux repérés par leurs coordonnées dans le système Lambert 3, ont été affectés à la maille élémentaire d'un hectare à laquelle ils appartiennent. On obtient donc une nouvelle matrice (180 lignes x 190 colonnes) plus facile à manipuler dont chaque cellule représente un carré de 100m par 100m, c'est-à-dire regroupe 25 pixels de la précédente représentation. La valeur de cette nouvelle cellule se fait sur la valeur modale des pixels élémentaires (20m par 20m) la constituant. Le résultat de ces opérations est l'établissement d'une base de données géoréférencée où chaque élément est renseigné par une valeur du Modèle Numérique Forestier et une valeur de présence /absence des indicateurs écologiques considérés.

Les traitements statistiques sont réalisés uniquement sur une partie de la base de données correspondant à la zone effectivement observée lors des circuits d'observation des chevreuils dans les milieux ouverts et pour l'ensemble des points d'écoute de la zone. Pour les chevreuils, la zone réellement observée est une bande de largeur variable le long des circuits et correspondant à la visibilité effective en chaque point de ceux-ci. Les analyses statistiques ont été réalisées sur le logiciel SYSTAT (Version 7.1). La variable de milieu a été éclatée en cinq classes : classe 1, indice de présence très faible ($MNF < 12.5$) ; classe 2, indice faible ($12.5 < MNF < 25$) ; classe 3, indice moyen ($25 < MNF < 50$) ; classe 4, indice fort ($50 < MNF < 100$) et classe 5, indice très fort ($MNF > 100$). Nous avons étudié la distribution de la fréquence d'occurrence des espèces dans les 5 classes de MNF ainsi définies.

Echantillonnage des populations étudiées

La population de chevreuil

Bien qu'à l'origine espèce forestière et de lisière, le chevreuil, grâce à une plasticité écologique et comportementale remarquable, occupe également de vastes zones agricoles ouvertes. C'est dans le but de mieux comprendre ce phénomène que des recherches sur l'utilisation des milieux ouverts par le chevreuil ont été entreprises (Vincent *et al.* 1996). Un des objectifs des études entreprises est la mesure de l'influence des boisements sur la présence du chevreuil en particulier en milieu ouvert dans un paysage agricole fragmenté, afin de voir dans quelle mesure cette variable peut être un déterminant de la fréquentation des milieux ouverts par cette espèce et par conséquent augmenter ses capacités d'expansion.

Aussi, c'est la présence/absence du chevreuil dans les milieux ouverts qui a été relevée. Elle est obtenue par l'observation directe (jumelles et longue vue) des animaux sur une zone d'environ 9000ha, le long d'un réseau de deux circuits (80Km au total) parcourus en voiture, l'hiver, le matin et le soir (Vincent *et al.*, 1991). Chaque année, 7 à 10 répétitions ont été réalisées pour atténuer la variabilité potentielle de la répartition des animaux due aux facteurs tels que la météo. La précision de la localisation des observations dans ce type de milieu et par cette technique est d'un hectare. Chaque observation est reportée sur une carte comportant une grille à mailles carrées de un hectare. La surface effectivement échantillonnée durant ces transects est de 3135 hectares. Chaque carreau d'habitat ouvert soumis à l'observation est renseigné sur la valeur de la variable "présence/absence" : $P/A = 1$ lorsque au moins une observation à lieu sur toute la période d'étude. Dans le cas contraire $P/A = 0$.

Afin de disposer d'un ensemble de données suffisant pour procéder à des traitements statistiques efficaces, nous avons ajouté aux données des saisons 96 à 98 (recueillies à l'occasion de l'AIP), celles précédemment récoltées sur le même site entre 1994 et 1996 (5 années en tout). Il faut en effet garder à l'esprit que le niveau relativement modeste des effectifs de chevreuils sur ce site, ne permet pas de disposer d'échantillons suffisants avant 2 ou trois années de mesure.

Les populations d'oiseaux forestiers

Les oiseaux sont connus depuis longtemps comme des indicateurs écologiques pertinents des structures horizontales et verticales de la végétation dans tous les milieux. Ils constituent un



Figure 2. Distribution des observations du pinson des arbres représentée sur une carte de la couverture forestière réelle et lissée à l'échelle de 100m.
 La présence du pinson est matérialisée par des carrés noirs. Les forêts sont en blanc et bien visibles sur la figure 1. Le modèle numérique forestier croît avec les valeurs de gris.

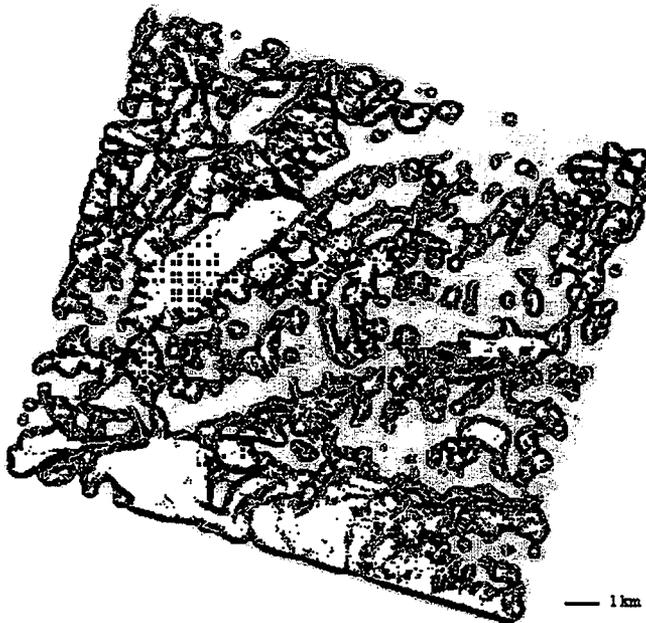


Figure 3. Distribution des observations du rouge gorge représentée sur une carte de la couverture forestière réelle et lissée à l'échelle de 300m.

matériel biologique particulièrement utilisé dans les études sur la fragmentation (Opdam et al., 1985 ; Freemark & Merriam, 1986). Le dispositif dont nous avons mobilisé les résultats dans ce travail, n'a pas été mis en place à l'occasion de l'AIP. Il s'agit d'un dispositif d'observation à long terme des changements dans l'organisation des paysages agricoles. Le territoire des quatre communes étudiées a fait l'objet en 1992 d'une couverture exhaustive par un maillage de points d'écoute de 20 minutes situés tous les 250 mètres en vue de relier un diagnostic écologique du territoire avec une étude des pratiques de gestion agricole de ce même territoire et des façons de produire (Sauget & Balent, 1993). En l'absence de modification importante de la couverture forestière entre 1992 et 1998, nous considérons que les données biologiques concernant les oiseaux et les chevreuils sont comparables. Nous avons utilisé les données de présence/absence pour l'ensemble des espèces forestières. Nous ne présentons que les données concernant les trois espèces citées plus haut.

RESULTATS

Sur les populations d'oiseaux forestiers

L'espèce la plus fréquente est le pinson des arbres que l'on trouve dans 198 points sur 676. Le rouge gorge est présent dans 177 points alors que la grive musicienne n'a été rencontrée que dans 60 des 676 points. Les relevés ont été effectués en 1992. Il faut se rappeler que les hivers 85, 86 et 87 ont été particulièrement rudes dans la région et que certaines espèces forestières sédentaires ont pratiquement disparu. Elles ont reconstitué leurs effectifs dans les années qui ont suivi. C'est le cas du rouge gorge qui à l'époque du relevé était en pleine phase de recolonisation des milieux favorables. A un degré moindre, le pinson et la grive musicienne étaient dans la même situation.

Les corrélations présentées dans le tableau 1 sont toutes hautement significatives. Les espèces forestières répondent bien au modèle numérique forestier. Les réponses des espèces sont différentes ce qui reflète des préférences différentes vis à vis de la distribution spatiale des forêts.

Le pinson garde une corrélation élevée sur l'ensemble de la gamme de lissage du MNF, y compris pour le lissage à 1000m. Il présente une corrélation maximum pour le lissage le plus faible (rayon de 100m) qui correspond à peu près à la superficie du point d'écoute. Sur la figure 2

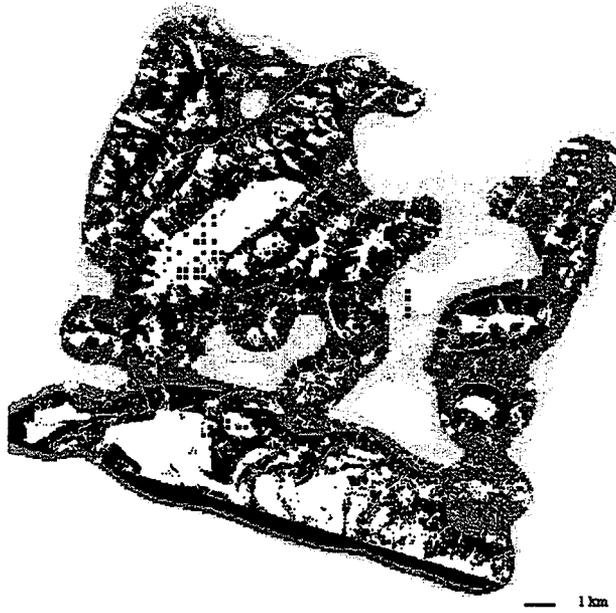


Figure 4. Distribution des observations de la grive musicienne représentée sur une carte de la couverture forestière réelle et lissée à l'échelle de 1000m.

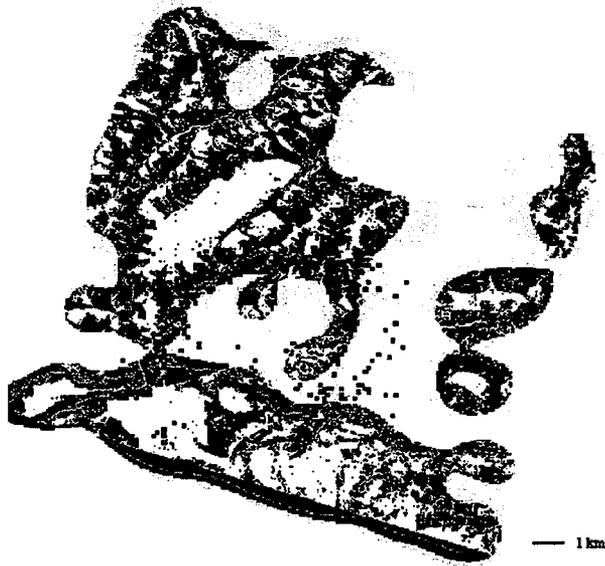


Figure 5. Distribution des observations du chevreuil représentée sur une carte de la couverture forestière réelle et lissée à l'échelle de 800m.

nous avons superposé les points d'écoute où nous avons trouvé du pinson avec le lissage de la couverture forestière auquel il est le plus corrélé (échelle de lissage de 100m). A cette échelle, on voit apparaître un ensemble de continuités forestières entre les petits fragments forestiers situés dans les coteaux entre la forêt de Lilhac-Fabas et celle de Mauboussin ou encore à droite de la forêt de Lilhac-Fabas. La distribution du pinson suit ces continuités.

Tableau 1 : Corrélations canoniques entre la fréquence d'occurrence des espèces et les valeurs du modèle numérique forestier pour les différentes distances de lissage.

<i>Espèces</i>	<i>100m</i>	<i>300m</i>	<i>500m</i>	<i>800m</i>	<i>1000m</i>
Rouge gorge (n=676)	.604	.630	.624	.602	.480
Grive musicienne (n=676)	.296	.350	.372	.404	.527
Pinson des arbres (n=676)	.630	.606	.592	.577	.518
Chevreuil (n=3135)	.190	.231	.252	.256	.229

Les données biologiques sont en présence/absence. Les valeurs du modèle numérique forestier ont été mises en classes (<12.5 ; <25 ; <50 ; <100 ; <200). Toutes les corrélations sont significatives ($p < 0.001$). Il s'agit des corrélations canoniques standardisées par la déviation standard conditionnelle.

Le rouge gorge est fortement corrélé au MNF et ce pour une large gamme d'échelles de lissages spatiaux (de 100m à 800m de rayon). Le maximum de corrélation dans la zone d'étude est rencontré pour un lissage de 300m de rayon. Sur la figure 3 nous avons représenté la carte de la distribution des forêts lissée à une échelle de 300m, celle à laquelle répond le mieux le rouge gorge. La physionomie du paysage évolue. Les continuités forestières s'accroissent en particulier à droite de la forêt de Lilhac-Fabas où elle compose une série d'arcs concentriques. Le rouge gorge suit parfaitement cette représentation de la couverture forestière. Par contre, il est absent des fragments isolés de la vallée dans lesquels on trouvait encore des pinsons.

La grive musicienne présente un patron de réponse différent. Les corrélations sont faibles pour les quatre premières échelles de lissage (de 100 à 800m). Elle s'élève fortement pour le lissage à 1000m. Cela reflète la préférence de la grive musicienne pour les grands massifs forestiers dans lesquels elle s'est repliée après les trois hivers froids des années 80. Il faudrait introduire d'autres échelles plus larges pour pouvoir déterminer les préférences de cette espèce. La figure 4 représente la distribution forestière à l'échelle de lissage de 1000m. La vision du paysage forestier est complètement transformée. De grandes continuités apparaissent entre les grands massifs forestiers et l'ensemble des petits bois qui les entourent. La grive se concentre dans ces grands noyaux forestiers. D'autres continuités apparaissent entre les deux grands massifs

de Lilhac et de Mauboussin. A cette échelle l'isolement des deux massifs est rompu. Quelques points de présence de la grive illustrent la réalité biologique de ces isthmes forestiers même si on peut la rencontrer dans des zones peu influencées par les forêts environnantes (les quatre contacts à droite de la carte).

Les trois espèces d'oiseaux étudiées présentent des patrons de réponse à la fragmentation forestière très différents, chacune ayant une réponse optimale à une échelle différente

Sur la population de chevreuil

La présence des chevreuils a été relevée sur 229 mailles de un hectare sur les 3135 observées. A partir de ces données nous avons effectué les mêmes calculs que pour les oiseaux (dernière ligne du tableau 1). Il existe peu de différences dans les valeurs des coefficients de corrélation entre les lissages de la couverture forestière aux différentes échelles et la présence du chevreuil. Le rayon de 800 m présente le meilleur coefficient et, en outre, correspond approximativement à ce que l'on sait de la taille d'un domaine annuel de chevreuil dans de tels milieux agricoles.

La lecture de la carte de distribution du chevreuil sur une couverture forestière lissée à cette échelle optimale pour l'espèce, montre des motifs intéressants (fig. 5). Les deux isthmes forestiers qui relient les deux grands massifs forestiers constituent des voies de circulation privilégiées dont les animaux s'écartent rarement (en bas à droite de la carte). Des données de radio-tracking sur une dizaine d'animaux équipés de colliers émetteurs confirment cette utilisation des corridors forestiers. L'efficacité du lissage de la couverture forestière de base par la méthode proposée est bien illustrée. Une analyse des correspondances (non présentée) confirme ces résultats. La présence/absence du chevreuil et le MNF évoluent parallèlement. La présence des chevreuils est liée aux très fortes valeurs du MNF et son absence aux valeurs moyennes à faibles de cet indice. D'autres variables comme le dérangement jouent également un rôle.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Dans ce papier notre objectif était avant tout méthodologique. Il s'agissait de proposer une application d'une méthode de mesure simplifiée de la fragmentation de la couverture forestière pour comparer, sur des bases identiques, la réponse des espèces réagissant a priori de manière différente à cette variable. Nous considérons que cet objectif est atteint. La comparaison des quatre cartes présentées de la couverture forestière et du modèle numérique forestier (figures 2 à 5) illustre les possibilités offertes par cette méthode. Le passage d'un lissage à 100m à un lissage à 1000m bouleverse totalement la vision du paysage forestier. On passe progressivement d'un paysage forestier discontinu à une sorte d'amibe géante qui étend ses pseudopodes dans différentes directions phagocytant les petits bois isolés pour faire apparaître des continuités forestières auxquelles sont sensibles certaines espèces animales (Harris, 1995).

En effet, la distribution spatiale des quatre populations dans ces représentations différentes des paysages forestiers, rend bien compte de ce que l'on sait de leurs exigences d'habitat et de leur histoire récente dans la zone. Pour le chevreuil la comparaison avec d'autres régions de France où la fragmentation forestière est très différente permet de le vérifier (Hewison et al. 1998). De plus les données de radio-tracking disponibles sur la zone étudiée confirment ces résultats.

Pour les oiseaux la validation est plus délicate car il est très difficile de mesurer le domaine vital des espèces. La réponse comparée de plusieurs espèces aux préférences différentes est un des moyens de valider ces résultats. Le pinson est un oiseau forestier assez ubiquiste. Dans certaines régions de bocage comme en Normandie, c'est l'espèce la plus répandue (Balent, non publié). Elle fréquente tous les milieux dès qu'il y a des arbres. Nous retrouvons ce trait ici car c'est l'espèce qui répond le mieux à la gamme des échelles que nous avons testées. On la trouve dans les plus petites taches forestières aussi bien que dans les grandes forêts. Le rouge gorge est une espèce plus sensible à la fragmentation des milieux forestiers que le pinson. Elle est absente des petites taches forestières. Son optimum se situe dans les bosquets de quelques hectares même si elle répond bien à l'ensemble des échelles de lissage de 100 à 800m. Le cas de la grive musicienne est particulier dans la mesure où elle ne répond qu'à une seule échelle, le lissage à 1000m correspondant aux grands massifs forestiers présents dans la zone d'étude. Affectée, comme les autres espèces, par les hivers froids des années 80, elle manifeste encore dans sa

distribution une position de repli dans ses milieux préférés. Elle n'a pas eu le temps de coloniser à nouveau les bosquets dans lesquels on pouvait la trouver au début des années 80.

Nous avons réussi à établir des corrélations hautement significatives entre des populations animales modèles et différentes représentations des paysages forestiers. Ceci constitue une première étape importante dans la mise au point d'une méthode de diagnostic écologique mesurant l'effet des changements de la couverture forestière sur certains paramètres de la biodiversité. Toute modification de la couverture forestière d'un paysage agricole due à la disparition d'un bois ou à la plantation d'un bois va modifier le modèle numérique forestier. Cette modification aura des répercussions différentes selon les échelles de lissage. La méthode proposée permet de rendre compte de ces modifications, selon le type de paysage dans lequel elle a lieu. Par exemple, ajouter un bois de 10 hectares dans un paysage très ouvert aura probablement un impact plus grand que dans un paysage déjà fortement boisé. On peut ainsi imaginer dresser, à partir des variations du MNF, une carte de la sensibilité écologique des paysages agricoles au boisement des terres agricoles. Ce travail est d'ailleurs en cours de réalisation.

Reste la question de l'impact écologique des modifications du MNF. Le fait d'avoir pu établir des corrélations avec les espèces forestières étudiées est encourageant car il est fondamental pour pouvoir valider l'ensemble de la démarche, de prédire l'impact des modifications du MNF sur du matériel biologique, par exemple de pouvoir prédire de combien augmentera la densité de chevreuil si on ajoute un bois de 5 hectares dans un paysage donné ou encore combien d'espèces d'oiseaux apparaîtront et disparaîtront. Pour cela, il faut étendre la zone d'étude pour prendre en compte une diversité plus grande de types de paysages ainsi que la gamme des espèces étudiées pour disposer d'éléments de diagnostic de l'effet des forêts sur des gradients écologiques étendus. Enfin, il faudrait que les corrélations statistiquement significatives entre MNF et indicateurs soient aussi écologiquement significatives. Les données sur le chevreuil concernent les activités diurnes. Aurait-on le même résultat si les activités nocturnes étaient prises en compte ?

Les données sur les oiseaux concernent une seule campagne de relevés. Or, selon une règle générale bien établie en écologie, plus l'unité écologique échantillonnée est petite, plus la composition des communautés qui la fréquentent est aléatoire d'une année sur l'autre (van der Maarel & Sykes, 1993). Dans les petits bosquets, il faudrait accumuler des données sur plusieurs

années pour avoir une idée précise de leur composition avifaunistique et donc de la réponse des espèces à la fragmentation. Il est toutefois raisonnable d'espérer pouvoir compenser ce manque de précision locale des données, par la prise en compte d'une très grande diversité de situations au niveau régional. C'est dans cette voie que nous comptons poursuivre nos travaux.

REFERENCES

- ANDRÉN H., 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat : a review. *Oikos*, 71, 355-366.
- BALENT G., COURTIADÉ B., 1992. Modelling bird communities/landscape patterns relationships in a rural area of South-Western France. *Landscape Ecology*, 6, 195-211.
- BURGESS R.L., SHARPE D.M., 1981. *Forest island dynamics in man-dominated landscapes*. Springer, New York.
- BENDER D.J., CONTRERAS T.A., FAHRIG L., 1998. Habitat loss and population decline : a meta-analysis of the patch size effect. *Ecology*, 79, 517-533.
- DECONCHAT M., BALENT G., VIEBAN S., LAUGA-REYREL F., 1998. Relations entre biodiversité et exploitation forestière: Bases pour une analyse. *Revue Forestière Française*, L(2), 159-168.
- FREEMARK K.E., MERRIAM G., 1986. Importance of area and habitat heterogeneity to bird assemblages in temperate forest fragments. *Biological Conservation*, 36, 115-141.
- HANSSON L., 1994. Vertebrate distributions relative to clear-cut edges in a boreal forest landscape. *Landscape Ecology*, 9, 105-115.
- HARRIS D.W., 1995. Habitat selection in mosaic landscapes. In *Mosaic landscapes and ecological processes*, Hansson L., Fahrig L., Merriam G. (editors), Chapman & Hall, London, 110-135.
- Hewison A.J.M., Vincent J.P., Joachim J., Boisaubert B., Angibault J.M., Cibien, C. (1998). Modelling the effects of woodland fragmentation on roe deer (*Capreolus capreolus*) distribution in agricultural landscapes. *Gibier Faune Sauvage*, 15 (HS 2) : 323-329.
- ICARAN C., 1995. *Biodiversité et boisement des terres agricoles. Mesures et hiérarchisation de variables influençant l'avifaune de fragments forestiers dans le sud-ouest de la France*. Master of Science, IAM Zaragoza, INRA-SAD Toulouse:187 pages.
- LAUGA J., JOACHIM J., 1992. Modelling the effects of forest fragmentation on certain species of forest-breeding birds. *Landscape Ecology*, 6, 183-193.
- LEVINS R., 1969. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 15, 237-240.
- MACARTHUR R.H., WILSON E.O., 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- MLADENOFF D.J., SICKLEY T.A., HAIGHT R.G., WYDEVEN A.P., 1995. A regional landscape analysis and prediction of favorable gray wolf habitat in the northern Great Lakes region. *Conservation Biology*, 9, 279-294.
- OPDAM P., RUSDIJK G., HUSTINGS F., 1985. Bird communities in small woods in an agricultural landscape: effects of area and isolation. *Biological Conservation*, 34, 333-352.
- RUSHTON S.P., LURZ P.W.W., FULLER R., GARSON P.J., 1997. Modelling the distribution of red and grey squirrel at the landscape scale : a combined GIS and population dynamics approach. *Journal of Applied Ecology* 34: 1137-1154.
- SAUGET N., 1996. *Diversité des façons de produire et diversité des modes de gestion de l'espace rural dans les coteaux du Sud-Ouest*. Thèse d'Université, Université de Nanterre.

- SAUGET N., BALENT G., 1993. The diversity of agricultural practices and landscape dynamics: The case of a hill region in the south-west of France. *Landscape Ecology and Agroecosystems*, Bunce R. G. H., Ryszkowski L., Paoletti M. G., (editors), Lewis Publishers, Boca Raton, 113-129.
- SOTHERTON N.W., 1998. Land use changes and the decline of farmland wildlife : an appraisal of the set-aside approach. *Biological Conservation*, 83, 259-268.
- STELTER C., REICH M., GRIMM V., WISSEL C., 1997. Modelling persistence in dynamic landscapes : lessons from a metapopulation of the grasshopper *Bryodema tuberculata*. *Journal of Animal Ecology*, 66, 508-518.
- TAYLOR P.D., FAHRIG L., HENEIN K., MERRIAM G., 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68, 571-573.
- TUCKER K., RUSHTON S.P., SANDERSON R.A., MARTIN E.B., BLAIKLOCK J., 1997. Modelling bird distributions - a combined GIS and Bayesian rule-based approach. *Landscape Ecology*, 12, 77-93.
- VAN DER MAAREL E., SYKES M.T., 1993. Small-scale plant species turnover in a limestone grassland: the carousel model and some comments on the niche concept. *Journal of Vegetation Science*, 4, 179-188.
- VINCENT J.P., GAILLARD J.M., BIDEAU E., 1991 - Kilometric Index as Biological Indicator for monitoring forest Roe Deer Populations. *Acta Theriol.*, 36(3-4), 315-328.
- VINCENT J.P., ANGIBAULT J.M., CARGNELUTTI B., JOACHIM J., 1996. La diffusion du chevreuil dans les paysages agricoles des coteaux du Sud-Ouest. Etudes et Recherches sur les systèmes agraires et le Développement. Numéro Spécial : *La forêt paysanne dans l'espace rural*. G. Balent (ed), INRA Versailles.
- WIENS J.A., 1996. Wildlife in patchy environments: mosaics and metapopulations. - In *Metapopulations and wildlife conservation*, D.R. McCullough (ed.), Island Press, Washington D.C., 53-84.

Structures et fonctions de la forêt dans les exploitations agricoles du Comminges

JEAN-PAUL GUYON¹, NICOLE SAUGET², GERARD BALENT³

¹ ENITA de Bordeaux et INRA SAD Toulouse

² ENFA Toulouse et INRA SAD Toulouse

³ INRA SAD Toulouse

RESUME

La forêt paysanne est une source potentielle de diversification des activités agricoles. La valorisation des produits de ces forêts nécessite une connaissance précise de leurs potentialités, ainsi que des pratiques sylvicoles et sylvestres des agriculteurs au sein de leur exploitation agricole.

L'objectif de l'étude est donc de comprendre les modes de gestion et les moteurs de décision des agriculteurs.

A partir de données issues de photographies aériennes de l'Institut Géographique National prises à 6 dates entre 1942 à 1992, nous analysons, à l'aide d'un système d'information géographique, la dynamique dans l'espace et dans le temps des îlots forestiers et des haies de quatre communes du Comminges où dominent la polyculture traditionnelle et l'élevage bovin.

Des inventaires au sol sur un échantillon de dix exploitations, représentatives à la fois des façons de produire des agriculteurs et des types de peuplements de la région, sont alors réalisés avec le double objectif de connaissance de la ressource et des itinéraires techniques mis en œuvre par les agriculteurs.

On réalise alors une catégorisation des façons de produire à partir des caractéristiques dendrométriques des îlots forestiers.

L'observation de la dynamique spatio-temporelle des formations boisées des agriculteurs montre que si la superficie des forêts dans les exploitations agricoles a globalement peu évolué, les agriculteurs utilisent les landes boisées comme un espace qui peut être récupéré à tout moment. Il s'agit bien alors d'une "jachère de luxe" parce que la remise en culture ou en prairie nécessite des travaux importants.

Les pratiques forestières sont peu variables d'une exploitation agricole à l'autre. Le taillis sous futaie est la structure dominante. Ces pratiques sont caractérisées par une irrégularité des coupes tant du point de vue de leur périodicité que de leur intensité. Les itinéraires techniques qui ont pour objectif principal et unique la production de bois, conduisent à un vieillissement des forêts caractérisé par un matériel sur pied important, 2 à 3 fois supérieur à celui rencontré en forêt communale.

Les caractéristiques des forêts estimées d'après nos inventaires au sol conduisent à la classification des agriculteurs en trois catégories : 1/ : les sylviculteurs, dont les façons de produire sont proches de celles des institutions (Office National des Forêts, Centre Régional de la Propriété Forestière), 2/ : les utilisateurs – récoltants qui intègrent les productions forestières dans l'exploitation agricole, et, 3/ : les attentistes dont la gestion purement conservatrice est caractérisée par une absence d'interventions sylvicoles.

La multifonctionnalité de la forêt n'est pas généralisée chez les agriculteurs. Les producteurs de bovins pour le lait et la viande font tous pâturer leurs bois. Outre le bois et l'herbe, les champignons sont les seuls autres produits tirés de la forêt.

En conclusion, nos observations conduisent à mettre en évidence qu'un même type d'intervention, la coupe de taillis sous futaie, produit des structures différentes en fonction des objectifs de l'agriculteur. Enfin, nous nous interrogeons sur les modes de valorisation de ces forêts potentiellement riches qui peuvent comporter jusqu'à 7 espèces forestières économiquement intéressantes.

ABSTRACT. Structures and Functions of farm woodlands in the Comminges region.

Farm woodlands could be a potential source of diversification of agricultural activities. This necessitates to get precise informations about the way the woodlands are managed.

The objective of our study is to understand the technical practices and decision making process of farmers involved in forestry.

Aerial photographs taken by the French National Geographic Institut from 1942 to 1992 are used and analysed with a Geographic Information System in order to assess the spatial and temporal evolution of farm woodlands and hedges in four communes of the Comminges region where polyculture and cow breeding dominate the farming system.

Forests inventories have been made on ten farms which are representative both of agricultural management and forest types in the area. We assess the silvicultural technical knowledge of the farmers.

A classification of the farmers' silvicultural activities is made on the basis of the farm woodland characteristics.

The spatial and temporal dynamics of the woodlands from 1942 to 1992 indicate that farmers use naturally regeneration woodlands within their crop rotation. One third of the naturally regenerated woodlands has been clearcut in the last fifty years.

Silvicultural practices are similar among the farmers. Coppice with standards is the most typical type of woodland. Practices are characterised by irregular cuttings . The intensity and periodicity of tree cuttings are not planned. Woodlands are aging due to the lack of intensive harvesting over the last fifty years.

Our classification based on the stand structures has three classes : 1/ the sylviculturists, 2/ the farmers who minimally manage their woodlands and 3/ farmers who do not harvest their woodlands.

The multiple use of the woodlands is not an objective for the farmers, except for the silvopastoralists.

In conclusion, we observe that farmers are doing the same type of cutting that produce different forest structures. Then, we ask what could be the best way of improving the farmers' woodland generating income. Silvicultural practices that favour the growth of commercially interesting species such as wild cherry could be an economic valuable option.

INTRODUCTION

Le contexte socio-économique et scientifique : les nouvelles fonctions de l'agriculture et la gestion durable des forêts des agriculteurs.

Dans le contexte actuel de la redéfinition des moyens de produire des agriculteurs, l'espace forestier est une composante de l'objectif de développement durable que la société demande à l'agriculture. L'utilisation des espaces forestiers, dans ce cadre là, nécessite, au préalable, de faire un état des lieux de la place de la forêt dans l'exploitation agricole, des fonctions que les agriculteurs font remplir à cette forêt et des possibles valorisations économiques et écologiques de cette ressource. C'est dans ce contexte que se sont déroulées

nos études qui peuvent aider à comprendre comment, dans les dynamiques actuelles, les agriculteurs raisonnent tous leurs moyens de production, ceci afin de proposer des références adaptées à la diversité des conceptions que les agriculteurs ont de leurs activités.

Ces dernières années, la place de la forêt dans les exploitations agricoles a surtout été étudiée d'un point de vue économique (Normandin, 1996, Michalland, 1996), historique, (Nougarède, 1995), sociologique (Sauget, 1995, Lönnstedt, 1997), purement statistique (Cinotti, 1992) ou encore géographique (Dérizoz, 1994, Marty, 1998). Ces études se sont déroulées à l'échelle d'un territoire, national ou régional, sans prendre en compte les itinéraires techniques qui sont des critères objectifs et révélateurs de la gestion forestière des exploitants agricoles. Des travaux sur la biodiversité (Deconchat et Balent, 1996) ou sur la structure interne de la forêt (Maltamo et al., 1997) avaient pour cadre la forêt des agriculteurs, mais aussi celle des autres propriétaires forestiers. Il n'y a pas, à notre connaissance, de travaux qui se soient attachés à décrire la variabilité des structures forestières dans les exploitations agricoles.

La problématique et les questions de recherche : connaître les façons de produire.

Nos travaux ont pour cadre l'espace de l'exploitation agricole et s'appuient sur la lecture de la structure des peuplements de parcelles forestières à partir de données de terrain dans un objectif de connaissance de la gestion forestière par un propriétaire agriculteur. En d'autres termes, nous essayons de répondre à la question : comment relier les façons de produire des agriculteurs, aux structures observées de leurs peuplements forestiers. A cette question se rattachent les interrogations des environnementalistes relatives à l'évolution et à l'entretien du paysage à l'échelle d'un territoire, c'est-à-dire d'une zone rurale homogène tant du point de vue de ses caractéristiques écologiques que du point de vue des activités de ses agriculteurs.

Nos résultats trouvent des applications dans la mise en œuvre des contrats territoriaux d'exploitation (C.T.E), dans lesquels la forêt peut être intégrée. Ce peut-être, par exemple, la réalisation de plans de gestion des îlots forestiers en référence aux ateliers agricoles.

MATERIELS ET METHODES.

La zone d'étude.

Les études ont été menées dans quatre communes du canton d'Aurignac (Haute-Garonne), dans une zone de polyculture traditionnelle et d'élevage de bovins pour la viande et le lait. Les caractéristiques de la forêt des 4 communes étudiées et des exploitations agricoles sont décrites dans le tableau 1. Les classifications selon l'entretien et la valeur des bois (Tran, 1995) font apparaître que les agriculteurs considèrent leur forêt comme un patrimoine qu'ils gèrent de façon traditionnelle.

Pour ce qui concerne les bois, les quatre communes sont très différentes du point de vue de la répartition des forêts selon les types de propriétaires. Cette différence de structure à l'échelle du territoire communal induit des comportements différents des agriculteurs dans leur propre forêt. En effet, les agriculteurs qui ont accès à l'affouage ont une gestion plus extensive de leur forêt que ceux qui n'ont pas de possibilité de couper du bois en forêt communale ou domaniale. La structure dominante est le taillis sous futaie (76%), la futaie régulière y est minoritaire (4%) (Bois, 1995).

La démarche méthodologique.

Inventaire général des structures forestières de l'ensemble de la zone.

Dans une première étape, la surface des formations forestières, la longueur et le nombre de haies ont été évalués au moyen des photographies aériennes au 1/30000^{ème} ou au 1/25000^{ème} de l'Institut Géographique National (I.G.N.) prises en 1942, 1953, 1962, 1973, 1979 et 1992. La photo-interprétation est analysée au moyen d'un système d'information géographique (Arc Info). Nous avons ainsi observé l'évolution dans l'espace et dans le temps des forêts et des haies entre 1942 et 1992 (Faingnaert, 1995). Nous avons pu aussi connaître la surface occupée par les différentes structures des forêts présentes, et estimer les coupes réalisées entre deux dates consécutives de prises de vues de l'I.G.N. Il a ensuite été procédé pour la réalisation des inventaires au sol à un échantillonnage stratifié selon les types de peuplements observés sur les photographies aériennes (Bois, 1995 ; Guyon et al., 1998). Enfin, la ressource en feuillus précieux a été inventoriée tant du point de vue de sa quantité

que de celui de sa qualité externe, cette dernière étant appréciée sur des critères visuels (Wattel, 1998).

Les enquêtes sociologiques : perceptions et façons de produire des agriculteurs.

Des enquêtes sociologiques ont été réalisées à différentes dates pour connaître d'une part les perceptions de la forêt par les agriculteurs (Sauget 1995, Sauget et Dupuy, 1996), d'autre part les façons de produire des 47 exploitations agricoles des 4 communes du canton (Tran, 1995), et enfin pour étudier, dans un échantillon de 27 exploitations agricoles (soit un plus de la moitié du précédent échantillon), ce que disent les agriculteurs de leurs forêts (Audigay, 1998).

L'échantillon réduit à dix exploitations agricoles.

A partir des données sociologiques et des inventaires au sol, nous avons sélectionné dix exploitations agricoles (cf. tableau 2) représentatives de la typologie des façons de produire établie sur l'ensemble des activités agricoles (Tran, 1995) et des types de forêts généralement rencontrés dans le canton. Dans ces exploitations, un inventaire exhaustif des îlots forestiers a été réalisé en 1997 et 1998. Ces inventaires ont fourni des données chiffrées sur la production de bois de ces îlots forestiers. Ils ont été réalisés à raison d'une placette circulaire de 400 m² par ha. Sur cette placette, l'inventaire est en plein, tous les diamètres sont mesurés à 1.3 m, les hauteurs sont prises sur les 3 plus gros arbres de l'essence principale. Une description floristique et pédologique sommaire de la placette, ainsi qu'un sondage à la tarière du plus gros arbre de la placette complètent cet inventaire. Les caractéristiques dendrométriques principales des peuplements sont alors estimées sur la placette puis ramenées à l'hectare. Nous avons ainsi inventorié 63 placettes sur les 46 îlots forestiers des 10 exploitations agricoles. Les caractéristiques dendrométriques de ces placettes sont comparées avec celles de la forêt communale de Mauboussin située dans le canton d'Aurignac (M. Deconchat, comm. pers.). Cette forêt communale est actuellement aménagée en deux séries, l'une où se situent les observations dendrométriques est traitée en taillis sous futaie, l'autre série est celle de la futaie régulière. Un plan de gestion des espaces boisés des 10 exploitations agricoles a été réalisé. On peut alors comparer les actions souhaitées à celles effectivement réalisées.

RESULTATS

Manières et façons de produire.

Par manières de produire, nous entendons aussi bien les pratiques sociales que les pratiques techniques. Sous le terme de façons de produire, il faut entendre la mise en œuvre des itinéraires techniques.

Des manières de produire apprises et transmises.

D'une manière générale, la forêt est pour les agriculteurs un patrimoine hérité. L'agriculteur hérite de la forêt ainsi que des techniques forestières. La forêt dans une exploitation agricole appartient, en général, à l'épouse. Elle a été transmise lors du mariage ou lors de la succession, cependant elle est gérée par l'époux selon des méthodes apprises de son propre père. Tous les propriétaires ou gestionnaires ont donc un souci de gestion patrimoniale : il s'agit de gérer la forêt avec un objectif de conservation et de transmission de ce patrimoine (Tran, 1995, Audigay, 1998). Cette caractéristique est également rapportée dans d'autres études régionales telles celle de Prépoint (1996) en Côte d'Or, et de Cardon (1997) dans le Haut Jura. Tant dans les représentations que dans les pratiques, c'est donc la logique de la forêt utilitaire qui domine, ce qui est un concept bien éloigné de la logique à finalité économique défini par les institutions (Office National des Forêts, Centre Régional de la Propriété Forestière). La responsabilité de la transmission d'un patrimoine implique aussi une liberté d'action peu compatible avec les contraintes qu'impose une gestion institutionnelle.

La place de la forêt dans l'exploitation agricole : les accrues naturels comme jachère de luxe.

De ce constat, il découle que la forêt a une place à part dans l'exploitation agricole. C'est un espace isolé de l'exploitation agricole, mais dont la production sert à l'équilibre économique de l'exploitation. Comment expliquer, en effet, que malgré l'absence d'obligation de maintien des surfaces forestières, celles-ci aient été conservées depuis 50 ans, et ce par tous les agriculteurs (Faingnaert, 1995)? Comment aussi expliquer que l'espace forestier soit aussi bien intégré dans l'assolement comme le montre la figure 1, où il apparaît que les landes boisées qui sont des boisements spontanés sont utilisées comme des jachères de luxe. En effet, sur la période d'observation de cinquante ans, on voit que 20 % de ces boisements sont remis en culture alors que 15 % de ces mêmes boisements deviennent des forêts.

La mise en œuvre des techniques sylvicoles : des façons de produire adaptées aux besoins et aux contraintes de l'exploitation agricole.

Les techniques sylvicoles utilisées sont ancestrales, peu coûteuses en investissements et très coûteuses en temps parce que non mécanisées; ceci explique la médiocre place des travaux forestiers dans la hiérarchie des travaux agricoles. En général, les coupes sont réalisées en hiver. Le temps moyen consacré aux activités forestières dépasse rarement 15 jours soit 10 jours pour la réalisation du bois de chauffage autoconsommé et 5 jours pour la cueillette de champignons. Ces travaux sont réalisés lorsque les travaux de tous les ateliers agricoles sont terminés; en d'autres termes, il n'y a pas de planification des travaux forestiers. Il n'y a pas davantage d'investissements en argent, notamment dans le matériel spécifiquement forestier. Il existe cependant une demande en information et formation sylvicole. D'une manière générale, il n'y a pas d'innovation en matière sylvicole : ni plantations, ni améliorations sylvicoles des structures existantes. Les pratiques correspondent bien à une optimisation des objectifs qui sont de produire principalement du bois de chauffage, sous la contrainte de disposer de faibles moyens en temps et en argent. Cette remarque est rapportée notamment dans une étude réalisée en Lorraine (Schött, 1998).

La sylviculture : des itinéraires techniques pour une production de bois en fonction des nécessités.

L'état de la ressource : une forêt vieillissante mais riche d'espèces.

Les inventaires au sol font apparaître une ressource potentiellement bonne. En effet, on note une grande diversité d'espèces, qu'une gestion sylvicole différente pourrait mieux valoriser. Il s'agit de : l'Alisier torminal (*Sorbus torminalis* L.), le Frêne (*Fraxinus excelsior* L.), l'Érable sycomore (*Acer pseudoplatanus* L.), le Hêtre (*Fagus sylvatica* L.), le Merisier (*Prunus avium* L.), le Chêne pédonculé (*Quercus pedunculata* Ehrh.), le Chêne rouvre (*Quercus petraea* Mattus.). Les techniques sylvicoles actuellement employées valorisent mal cette ressource (Wattel, 1998). En effet, ces essences ont besoin d'entretiens pendant les premières années de croissance pour se défaire de la concurrence inter et intra spécifique et pour acquérir une forme adéquate. Les opérations sylvicoles de dégagement et de taille de formation n'étant pas réalisées, les arbres de ces essences précieuses sont, à quelques exceptions près, exploitées pour le bois de chauffage.

Les données de nos inventaires font apparaître que les plus vieilles réserves des taillis sous futaies sont âgées de 100 ans environ. Le vieillissement est davantage perceptible dans le taillis, dont la hauteur totale est souvent égale à la hauteur des réserves de la futaie.

Des itinéraires techniques marqués par la culture des agriculteurs.

On revient souvent couper du bois sur les mêmes parcelles, comme si on faisait deux séries : l'une de production, l'autre de protection. La surface de coupe annuellement exploitée par l'agriculteur lui-même va de un demi hectare à un hectare, ce qui est suffisant pour assurer les besoins en bois de chauffage. Les landes boisées sont toujours localisées sur les mêmes parcelles cadastrales, la remise en culture, en prairie, landes ou friches n'est que temporaire.

C'est une sylviculture où ni la date de coupe, ni la surface de coupe, ni l'intensité de prélèvement ne sont planifiées, loin de la sylviculture proche de la nature, laquelle, par des interventions raisonnées, permet une succession végétale progressive dans le temps et dans l'espace. On peut dès lors douter que ces forêts remplissent de façon optimale et avec continuité leurs fonctions écologiques, comme cela a été mis en évidence en futaie jardinée (Schütz, 1997). Cependant, la durabilité de ces forêts n'est pas, à court terme, menacée.

Les différents itinéraires techniques qui produisent les structures observées ont des ressemblances et des différences.

Les ressemblances entre les itinéraires techniques.

Le taillis sous futaie est le régime le plus représenté, ce qui confirme : i) le fort degré d'adaptabilité de cette structure à la très petite propriété privée, comme les forêts des autres propriétaires privés ii) l'adaptation aux différentes fonctions qu'on lui assigne et iii) la facilité de récolte, par un individu seul, des peuplements conduits sous ce traitement. La bonne représentation de cette structure (cf. tableau 1) laisse supposer qu'elle supporte bien des interventions aléatoires.

Les itinéraires techniques ne sont pas fondamentalement différents d'une exploitation à l'autre. Il n'y a pas d'influence de la taille des massifs sur les pratiques. On observe de grandes surfaces où les interventions peu nombreuses prélèvent peu de matériel sur pied, comme de petites surfaces où les coupes sont intensives et rapprochées dans le temps. Il n'y a

pas de changements de structures, la transformation ou la conversion ne sont pas dans la culture forestière des agriculteurs. Un taillis sous futaie reste un taillis sous futaie, un taillis reste taillis. Les coupes de faible superficie donnent une structure hétérogène aux massifs, avec pour conséquence paysagère, une mosaïque de structures. Le nombre de coupes est, à peu de choses près, le même pour chaque agriculteur, soit 2 en moyenne pour les périodes 1942-1953, 1953-1962 et 1979-1992. Pour la période 1962-1971, ce nombre est pratiquement multiplié par 2 chez tous les agriculteurs, par contre, durant la période suivante celui-ci est divisé par 2. Que s'est-il donc passé entre 1962 et 1971? Nous faisons l'hypothèse que la nécessaire mécanisation de l'agriculture a engendré un besoin important d'argent frais que la vente de bois pouvait fournir pour éviter d'avoir totalement recours au crédit. Le rôle de « caisse d'épargne » des bois semble avoir parfaitement fonctionné : la décision de couper est bien prise en fonction des besoins financiers de l'exploitation agricole.

Les différences perceptibles.

L'intensification de la sylviculture se traduit par l'évolution d'un taillis sous futaie riche en réserves vers un taillis simple. Par contre, l'espacement des coupes sur une même parcelle, ainsi que la diminution du prélèvement de la production engendrent un vieillissement du taillis inquiétant.

Les autres productions agricoles ou les autres activités de l'agriculteur peuvent influencer la mise en œuvre de l'itinéraire technique. Par exemple, les bois pâturés ne sont jamais entretenus ou coupés pour du bois de chauffage.

Pour expliquer les différences de pratiques entre agriculteurs, on peut citer : i) le rôle de la culture forestière patrimoniale du gestionnaire, ii) le rôle de la législation qui ne permet pas de couper un massif de moins de 4 ha adossé à un massif de plus de 25 ha, et iii) le rôle de la politique agricole commune qui a incité, récemment, à de nombreux défrichements et à de rares plantations nouvelles, malgré les aides substantielles accordées par l'Etat et complétées par la Région.

On peut également citer les deux moteurs de décisions des coupes les plus couramment avancés par les agriculteurs : l'un, aléatoire, pour contribuer au financement de l'exploitation agricole, l'autre, plus régulier, pour assurer l'approvisionnement en bois de chauffage (Audigay, 1998). C'est le besoin en bois de chauffage qui est le moteur de la

gestion forestière des agriculteurs, de même que c'est le besoin en bois de papeterie qui est le moteur de la gestion sylvicole de la forêt industrielle.

Les groupes d'agriculteurs en fonction des données sylvicoles de leurs forêts.

Cette typologie a été établie d'après les données chiffrées des inventaires au sol (cf. tableau 3) et les enquêtes sociologiques. Les critères pris en compte sont : les caractéristiques dendrométriques principales, le nombre de coupes, les objectifs assignés à la forêt.

Les sylviculteurs (S) (4/10).

Les caractéristiques des pratiques forestières et des forêts de ce groupe sont :

Une intensification de la gestion de coupes raisonnées, et, très rarement, l'innovation par des plantations résineuses (1 agriculteur).

Une séparation des productions forestières et agricoles.

Un double objectif de production et patrimonial.

Un nombre de coupes supérieur à 15 en 50 ans. La réalisation de nombreuses coupes rases (de 5 à 8, en 50 ans) de landes boisées, c'est à dire de remise en culture ou en prairie.

Une relation plus ou moins étroite avec les techniciens de différentes institutions de vulgarisation.

Le maintien en forêt de tous les îlots.

C'est dans ce groupe que nous avons inventorié des îlots forestiers dont les caractéristiques dendrométriques principales se rapprochent de celles de la forêt communale de Mauboussin. Un propriétaire a réalisé, au cours de l'hiver 1997/1998, une coupe de taillis sous futaie sur 0 Ha 65 où il a récolté 85 m³ de bois d'œuvre pour 60 arbres et 57 m³ de bois de feu. Ces chiffres confirment le caractère intensif de sa sylviculture qui est proche de celle pratiquée par les forestiers de l'Office National des Forêts.

Les utilisateurs - récoltants (UR) (5/10).

Dans ce groupe on note :

L'intégration plus ou moins grande des forêts dans les autres productions agricoles, notamment par le pâturage sous forêt.

Un objectif de production de bois et une hétérogénéité des structures.

Une dizaine de coupes en 50 ans dont quelques coupes rases (de 1 à 5).

C'est le groupe le plus répandu, celui où l'investissement est réduit au minimum, et qui ne fait aucune intervention autre que celle de la coupe de taillis sous futaie.

Les attentistes (AT) (1/10).

La sylviculture de cet agriculteur se caractérise par :

La séparation des productions forestières et agricoles.

Un seul objectif pour la forêt : la préservation d'un patrimoine.

Aucune intervention en 50 ans.

Une diversité de manières et façons de produire que ne révèlent pas toujours les structures forestières.

D'une manière générale, les caractéristiques dendrométriques principales des peuplements des agriculteurs sont plus élevées que celles de la forêt communale. La différence entre les groupes de forêts apparaît surtout dans les critères dendrométriques minimum, c'est à dire pour les valeurs (de la densité, de la surface terrière, du volume à l'hectare), les plus faibles observées. En effet, ces valeurs sont plus faibles dans le groupe des sylviculteurs que dans le groupe des utilisateurs - récoltants. A l'intérieur des groupes d'agriculteurs précités, les données font apparaître une différence de stock sur pied.

Dans le groupe des sylviculteurs, on trouve les écarts les plus grands des caractéristiques dendrométriques pour un même propriétaire. Dans le groupe des utilisateurs - récoltants, les caractéristiques dendrométriques principales des peuplements sont très comparables entre elles ; les surfaces forestières sont, elles, très stables depuis 1942.

Les différences entre les deux groupes majoritaires sont illustrées par deux itinéraires techniques (tabl. 4) dont les données sont issues de nos observations d'après photographies aériennes et inventaires au sol.

Conclusion et discussion.

La gestion forestière des agriculteurs à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation : la coupe de taillis sous futaie comme type unique d'intervention.

Nous avons observé que les différentes structures de peuplement et de façons de produire correspondent à un type unique de gestion forestière, lequel consiste à réaliser un seul type de coupe pour la production de bois de chauffage et de bois d'œuvre pour les besoins de l'exploitation agricole, c'est la coupe de taillis sous futaie. Cette coupe est réalisée sans planification de la gestion de l'ensemble des bois mais avec des stratégies à long terme différentes selon les agriculteurs pour des fonctions différentes de la forêt qui produisent des structures différentes .

Les autres utilisations de la forêt sont la cueillette des champignons et l'abri pour les animaux. Si le pâturage sous forêt exclut la récolte de bois, la cueillette des champignons n'interfère pas, dans le temps, avec la production de bois. Il y a donc actuellement une bonne intégration de la forêt dans l'appareil de production économique de l'exploitation, même si cette intégration n'est pas satisfaisante parce qu'elle ne concerne pas les aspects environnementaux qui ne sont pas reconnus, par les agriculteurs, comme un des objectifs de leur gestion forestière.

Les coupes sont réalisées par l'agriculteur lui-même, sans investissements en temps et en argent, ce qui donne des surfaces de coupes annuelles de l'ordre de un demi hectare à un hectare, favorisant l'hétérogénéité des structures internes, dont l'une des conséquences bénéfiques est l'augmentation de la diversité de l'avifaune (Ferry et Frochet, 1974).

La gestion passée et actuelle ainsi que les itinéraires techniques utilisés produisent des forêts sous-exploitées. Cependant, il n'y a pas de vieillissement général des arbres de futaie, les arbres de réserve les plus vieux ont à peine plus de 100 ans. C'est surtout la forte densité des arbres qui traduit cette sous-exploitation, ainsi que le vieillissement du taillis consécutif à

une non exploitation de cette ressource elle même liée à une baisse des besoins en bois de chauffage. Le vieillissement des arbres de futaie est par contre perceptible dans les bois pâturés, bois dont la structure est celle d'une futaie sur souche.

Du strict point de vue de l'agriculteur, la forêt est un espace à part de l'exploitation agricole, c'est-à-dire un espace où l'investissement en temps et en argent est minimal pour une optimisation maximale des objectifs, lesquels tournent autour de la production de bois. La valorisation de la ressource passe alors, de notre point de vue, par des actions sylvicoles à faible coût qui donnent une forte valeur ajoutée. La culture des feuillus précieux (Erable, Merisier, Frêne) notamment, pourrait être une des voies possibles de l'amélioration de la ressource.

Nous n'avons pas noté d'innovation dans les techniques culturales forestières. Cette absence d'innovation est due au fait qu'il n'y a pas de modèles de gestion de la très petite forêt privée. Un modèle de gestion basé sur la méthode du diamètre limite se rapprocherait bien des façons de faire actuelles des agriculteurs.

Le tableau 5 compare les caractéristiques de gestion des forêts des agriculteurs avec celles des forêts gérées par l'Office National des Forêts (forêts domaniales et communales) et des forêts privées de plus de 25 ha gérées selon un plan simple de gestion agréé par le Centre Régional de la Propriété Forestière.

La gestion forestière des agriculteurs à l'échelle du territoire.

La modification des paysages est très sensible. Les zones irrigables sont celles où le déboisement et l'arrachage des haies ont été les plus intenses. La spécialisation des territoires (culture en plaine, forêt en coteaux et versants) est bien la conséquence de la séparation dans l'espace des systèmes de production. Sur les coteaux (versants), les arrachages de haies ont aussi été importants et consécutifs aux échanges et regroupements de parcelles qui ont eu lieu dans la décennie 1970-1980 (Rémondrière, 1982).

Les aspects paysagers ne sont actuellement pas pris en compte par les agriculteurs, ce n'est pas un objectif avoué. Cependant, leur gestion tend à reproduire le paysage qu'ils ont toujours connu, c'est à dire ici un paysage de bocage. La répartition : forêt sur sommet - culture en plaine, fait bien partie de leur patrimoine culturel et les modes de gestion forestière

tendent à reproduire ce système, même si les arrachages de haies en plaine tendent à faire disparaître, dans ces zones, le paysage de bocage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUDIGAY F., 1998. Statut de la forêt paysanne lors de la transmission en milieu rural. Mémoire de maîtrise à Univ. du Mirail, Toulouse. 93 p.

BOIS J.C., 1995. Structures et gestion de la forêt dans les exploitations agricoles du canton d'Aurignac (Haute-Garonne). Mémoire de fin d'études à l'ENITA de Bordeaux. 50 p.

CARDON PH., 1997. Les agriculteurs et la forêt dans l'est montagneux de la Franche-Comté. Analyse des pratiques et des représentations sylvicoles et sylvestres d'exploitants agricoles du Haut Doubs et du Haut Jura. Mémoire de maîtrise. Univ. de Besançon. 127 p.

CINOTTI B., 1992. Les agriculteurs et leurs forêts. Rev. For. Fr. 44 (4), 356-364.

DECONCHAT M., BALENT G., 1996. Biodiversité et forêt dans un paysage agricole : étude bibliographique in Balent G (Ed.) : La forêt paysanne dans l'espace rural. Biodiversité, paysages, produits. Etud. Rech. Syst. Agraires Dév.,29, p.15-36.

DERIOZ P. 1994. L'exploitation agricole et les friches du revers sud-oriental du Massif Central. Structures et dynamiques spatiales N°1, 91-258.

FAINGNAERT O. 1995. Dynamique spatio-temporelle de la forêt paysanne sur le canton d'Aurignac (haute-garonne) entre 1942 et 1992. Mémoire de fin d'étude à l'ISIPH. 50 p.

FERRY C., FROCHOT B., 1974. L'influence du traitement forestier sur les oiseaux. Pesson P. Ed. Ecologie forestière. La forêt : son climat, son sol, ses arbres, sa faune. Gauthier Villars, Paris, France, p.309-326.

GUYON J.P., WATTEL B., SAUGET N., GAVALAND A., BALENT G., 1998. The farm woodlands in the southwest hills of France. Use and fonctions in farms and landscape. Troisième symposium européen de l'AFSRE : rural and farming systems analyses : environnemental perspectives. Hohenheim 24/28 Mars 1998. Poster.

LÖNNSTEDT L., 1997. Non industrial private owners' decision process : A qualitative study about goals, time perspective, opportunities and alternatives. Scand. J. for. Res., 12, 302-310.

MALTAMO M., UUTTERA J., KUUSELA K., 1997. Differences in forest stands structure between forest ownership groups in central Finland. Journ. Env. Man. (51), 145-167.

MICHALLAND B., 1996. Place de la forêt dans les exploitations agricoles en France et biens et services non commercialisés produits par cette forêt. Etat de l'art. Version provisoire. Document de travail. Cemagref Clermont-Ferrand. 62 p.

MARTY P. 1998. Forêts et sociétés. Approximation et production de l'espace forestier. Les logiques d'action des propriétaires privés. L'exemple de la moyenne montagne rouergate. Thèse Univ. de Paris I., 409 p.

NORMANDIN D., 1996. La forêt paysanne en France : état des lieux et perspectives d'évolution. Etud. Rech. Syst. Agraires Dév.,29, p.195-211.

NOUGAREDE. 1995. Comment paysans et forestiers se perçoivent mutuellement comme dendroclastes et agrophages. In : ANCR (Ed.). La forêt les savoirs et le citoyen. p 273-281.

PREPOINT L. , 1996. Les agriculteurs et la forêt dans l'ouest de la côte d'or, analyse des pratiques et des représentations sylvicoles et sylvestres des exploitants agricoles de l'Auxois et du Chatillonnais. Mémoire de fin d'études à l'ENESA de Dijon. 196 p.

REMONDIERE S., 1982. Analyse de la situation foncière des exploitations agricoles. étude des mouvements fonciers entre 1973 et 1981 dans des contextes communaux, sur le canton d'Aurignac (31). Mémoire de fin d'étude à l'ESA de Purpan. 114 p.

SAUGET N., 1995. Agro-écosystème et Société : la diversité des façons de produire des agriculteurs dans les côteaux de Gascogne. Thèse de Doctorat en sociologie. Univ. de Paris X Nanterre, 352 p.

SAUGET N, DUPUY M., 1996. Forêt paysanne et paysage : les agriculteurs et le visible. in la forêt paysanne dans l'espace rural . Etud. Rech. Syst. Agraires et Dev. 29, p 245-264.

SCHÖTT PH., 1998. Outils économiques d'aide à la gestion forestière et objectifs des propriétaires. Mémoire de fin d'études à l'ENITA de Bordeaux. 48 p.

SCHÜTZ, J-PH. (1997). Sylviculture 2. La gestion des forêts irrégulières et mélangées. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, Suisse : 173 pages.

TRAN M., 1995. La diversité des modes d'utilisation de la forêt dans les exploitations agricoles des côteaux de Gascogne. Mémoire de fin d'études à l'ENITA de Clermont-Ferrand. 97 p.

WATTEL B. 1998. Les feuillus précieux en forêt paysanne : évaluation de la ressource et de la croissance. Mémoire de fin d'études à l'ENITA de Bordeaux. 72 p.

Remerciements.

Je remercie tous les agriculteurs qui ont bien voulu m'accueillir dans leurs forêts, ainsi que les étudiants qui ont réalisé les inventaires au sol, avec la collaboration de Hervé Duval et Jérôme Willm du département Forêts et Milieux Naturels. Merci à Marc Deconchat pour la mise à disposition des données de la forêt communale de Mauboussin ainsi qu'aux 4 lecteurs du manuscrit.

Ce travail, est dédié à la mémoire de Nicole Sauget.

Tableau 1
Caractéristiques des exploitations agricoles (E.A) en fonction de leurs bois

Commune	Nombre d'agriculteurs	Surface des bois privés	Surface des bois communaux ou domaniaux	Surface totale des bois
Eoux	16	27 ha	29 ha	56 ha
Esparron	7	28 ha	0 ha	28 ha
Peyrissas	7	40 ha	35 ha	75 ha
St-André	17	78 ha	431 ha	509 ha

Répartition égale entre quatre classes de SAU : (inférieur à 25 ha, de 25 à 40 ha, de 45 à 60 ha, supérieur à 60 ha).

Surface des bois : 5 E.A. n'ont pas de bois, le reste se répartit équitablement selon les classes de surface des bois (inférieur à 1ha, de 1 à 2 ha, de 2 à 4 ha, supérieur à 4ha).

Relation SAU/ Surface forestière : Les plus grandes E.A, celles dont la S.A.U. est supérieure à 40 ha, ont les surfaces forestières les plus grandes.

Classification selon l'entretien et l'exploitation agricole.

- 3 atypiques (1 forestier, 1 pluriactif, 1 pour qui les haies sont suffisantes)
- les traditionalistes (20)
- les techniciens (10)
- les cueilleurs (14)

Classification selon les valeurs des bois.

- Valeurs multiples (9)
- Patrimoine et société (16)
- Patrimoine et famille (12)
- Utilité (7)
- Economie (3)

Les différents types de formation forestière des bois privés en 1992. En gras les types dominants. (J.C. Bois, 1995).

- Terrain à pâturage peu intensif (2.17 ha)
- Landes (12.8 ha)
- Landes boisées (18.11 ha)**
- Taillis simple jeune (2.23 ha)
- Taillis jeune avec réserve pauvre (19.8 ha)**
- Taillis jeune avec réserve normale (8.23 ha)
- Taillis simple âgé (9.4 ha)
- Taillis âgé avec réserve pauvre (51.75 ha)**
- Taillis âgé avec réserve normale (29.58 ha)**
- Futaie de feuillus (0.9 ha)
- Futaie de résineux (3.85 ha)

TABLEAU 2
CARACTERISTIQUES DES 10 EXPLOITATIONS AGRICOLES RETENUES POUR LE SUIVI DE L'ATELIER FORET

Nom	Types de façon de produire	S.A.U. (1)	Surface forestière	Origine des exploitants (2)	Production principale	Formation forestière représentative (3)	Situation topographique
A	L'adaptation réussie d'une culture locale aux exigences de l'évolution de l'agriculture	80 ha	5 ha	Locale	Broutard	Taillis vieux	Coteaux
B	Propriété foncière double capital culturel et agricole : des retours privilégiés	176 ha	19 ha	Locale extérieure	Broutard Cultures	Futaie résineuse	Coteaux et Vallée
C	Les rejetés de la production laitière	45 ha	0.5 ha	Coteau	Veaux	Taillis jeune	Vallée
D	Les nouveaux pluriactifs	43 ha	9 ha	Locale	Polyculture Elevage	Taillis vieux Réserves âgées	Coteaux
E	Résistance au départ : les familles pluriactives	10 ha	1 ha	Locale	Polyculture Veau	Taillis vieux Réserves âgées	Coteaux
F	L'adaptation réussie d'une culture locale aux exigences de l'évolution de l'agriculture	55 ha	15 ha	Coteau	Lait	Landes boisées	Coteaux
G	Les laitiers intensifs des coteaux du Comminges	57 ha	6 ha	Locale	Lait/porc	TSF âgé pâturé	Coteaux
H	Les agricultures « adaptées » en attente	60 ha	5 ha	Locale	Viandes Céréales	Landes boisées	Coteaux
I	Les retraités traditionnels	26ha	0.3 ha	Locale	Veaux	Futaie feuillue	Coteaux
J	Les agricultures « adaptées » en attente	32 ha	1 ha	Locale	Broutard Céréales	Futaie feuillue	Vallée

(1) : Surface Agricole Utile.

(2) : Il s'agit de l'origine de l'exploitant. une origine locale veut dire de la région administrative, ici le canton. Une origine coteau veut dire que l'exploitant est originaire des coteaux, dans les Comminges.

(3) : La formation forestière est celle qui, dans l'exploitation en question, a été choisie parce que représentative de la structure forestière de l'ensemble de la zone d'étude

Tableau 3
Caractéristiques techniques des formations forestières des 10 exploitations agricoles

On note de gros écarts entre forêt communale et forêt paysanne. Cependant, la pratique de gestion de la forêt paysanne par certains agriculteurs n'est pas celle de l'O.N.F qu'ils mettent pourtant en œuvre lorsqu'ils réalisent des coupes d'affouage dans les forêts communales.

Groupe d'appartenance	Nombre d'arbres de futaie par Ha Minimum/Maximum observé sur placettes	Surface Terrière de la futaie (m ² /ha) Minimum/Maximum observé sur placettes	Volume sur pied de la futaie (m ³ /ha) Minimum/Maximum observé sur placettes	Longueur des haies (m) En 1942 et en 1992	Surface des forêts (ha) En 1942 et en 1992
Sylviculteur	50/175	3/10	35/110	180/119	5/2
Sylviculteur	50/350	9/20	120/380	165/88	14/15
Sylviculteur	230/960	13/35	120/400	1600/1350	13/18
Sylviculteur	250/1650	14/23	138/211	1570/1000	4.5/4.5
Attentiste	425	15	200	49/49	1/1
Utilisateur - récoltant	150/450	9/22	103/280	165/367	1/0.7
Utilisateur - récoltant	276	13	156	355/355	9.5/9
Utilisateur - récoltant	328	14	168	350/340	5/5
Utilisateur - récoltant	220/900	12/32	130/350	1500/1350	6/6
Utilisateur - récoltant	370	12	150	1300/1000	2/2
Forêt communale (*)	75/225	3/10			

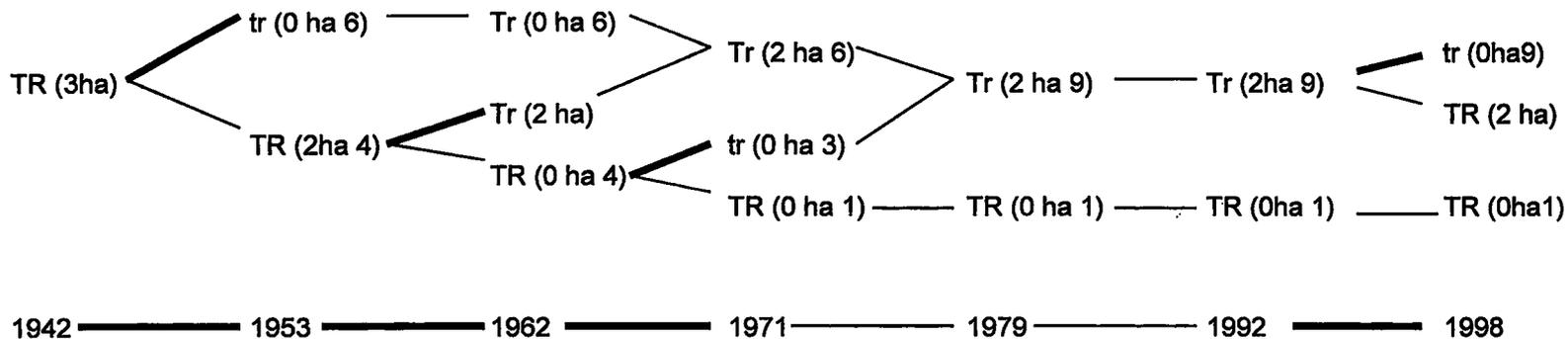
(*) : Chiffres issus de 10 placettes d'inventaires en forêt communale de Mauboussin (31) (FC) (M. Deconchat, comm.pers.)

Tableau 4
Deux exemples d'itinéraires techniques

t : taillis jeune, r : réserve pauvre. T : taillis âgé, R : réserve normale.
 — : Coupe. — : Vieillissement sans coupe.

Les données de 1942 à 1992 sont issues de la photo interprétation, les données de 1998 sont issus des inventaires au sol.

1/ Fragmentation des structures (utilisateur - récoltant).



2/ Maintien des îlots avec appauvrissement des réserves (sylviculteur).

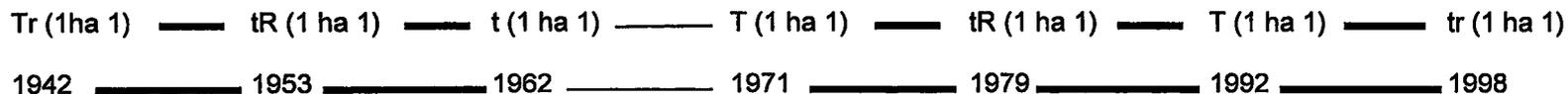


Tableau 5
Gestion institutionnelle / Gestion des agriculteurs

Institution (O.N.F et C.R.P.F)

Agriculteurs

Les Objectifs

Gestion commerciale	Gestion patrimoniale
Production principale de bois d'œuvre	Usages multiples : Chauffage, bois d'œuvre
Valorisation macro-économique	Valorisation micro-économique de la filière bois (régionale et nationale) des bois de leurs parcelles et autoconsommation
Diamètre de l'arbre moyen du peuplement	Diamètre limite de l'arbre
Prélever au mieux la production biologique	Prélever selon les besoins

Les moyens d'atteindre ces objectifs

Planification des travaux et des coupes	Gestion au coup par coup
Vérification des volumes prélevés	Aucune vérification des volumes prélevés
Investissements (amélioration, travaux)	Pas ou peu d'investissements

Les structures forestières associées aux objectifs

Conversion ou transformation des taillis sous futaies	Taillis et Taillis sous futaie
Futaie régulière monospécifique	Accrus naturels

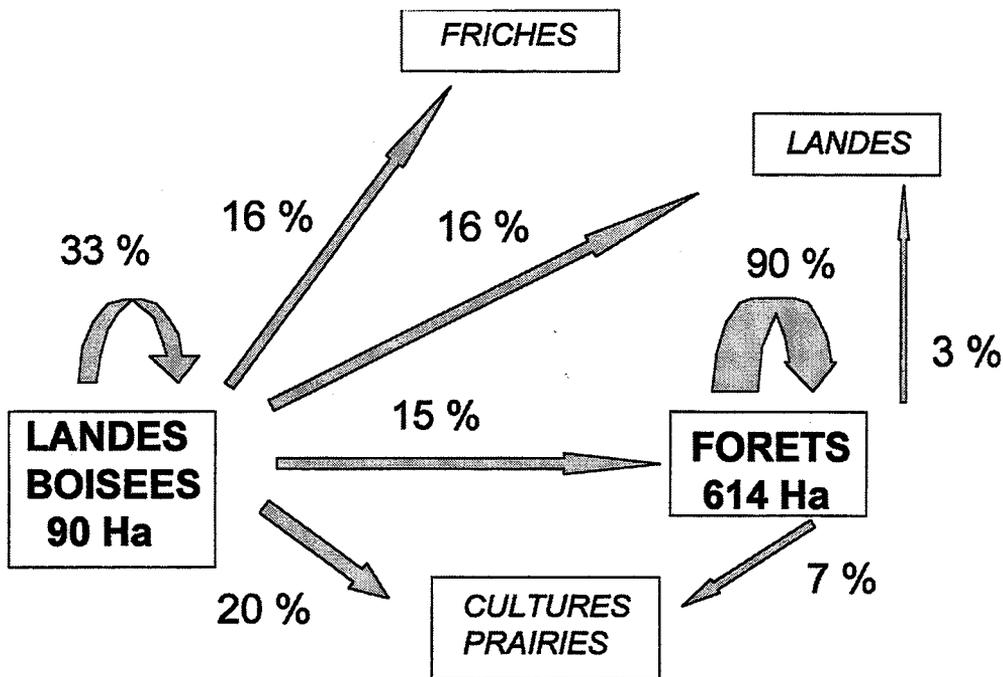


Figure 1. Devenir des landes boisées et des forêts entre 1942 et 1992 sur 4 communes du canton d'Aurignac (Haute Garonne).

Les pourcentages sont relatifs aux surfaces de 1942 qui sont indiquées dans les rectangles relatifs aux landes boisées et aux forêts. 90% des surfaces forestières de 1992 étaient déjà en forêt 1942. 15% des landes boisées en 1942 sont devenues, en 1992, des forêts.

Un critère économique de gestion de la forêt paysanne : la marge d'avenir¹

B. Elyakime ¹, J.P. Guyon ², P. Schott ³

avec C. Bouchez ³, S. Boucq ³ et B. Vuidel ³

(1) INRA, ESR 31320 Toulouse France

(2) ENITA Bordeaux 33175 France et INRA, SAD Toulouse France

(3) ENITA Bordeaux 33175 France

RESUME

Si le rôle économique de la forêt paysanne, dont la surface avoisine celle de la forêt domaniale, n'a pas encore fait, à notre connaissance, l'objet d'études approfondies, il en est de même de l'analyse de sa gestion.

En effet, les principaux critères économiques classiques de gestion des forêts ne s'appliquent pas à la forêt paysanne parce que d'une part ils nécessitent la connaissance des itinéraires techniques, non connus en forêt paysanne, et parce que d'autre part ces critères sont choisis en fonction d'une optimisation de la date de coupe, ce qui n'est jamais réalisé en forêt paysanne.

Dans ces conditions, notre objectif a été d'estimer la valeur d'attente, laquelle est la valeur potentielle actualisée des bois en croissance, et la marge d'avenir sur une période limitée et pour différents types de peuplements possédés par des agriculteurs en Haute Garonne.

Les données sont issues d'inventaires par échantillonnage réalisés dans deux propriétés agricoles comportant trois types de peuplements couramment rencontrés en forêt paysanne : le taillis sous futaie, le taillis, et la futaie régulière de pin sylvestre.

A partir de l'état initial des peuplements, nous proposons, sur une période de seize ans un plan de gestion sylvicole dont les caractéristiques (types et intensité des coupes) servent à l'estimation de la valeur d'attente et à celle de la marge d'avenir correspondantes.

¹ Nous remercions R. Lifran et les lecteurs anonymes qui nous ont aidés à améliorer ce travail.

Les résultats montrent que la valeur d'attente d'une futaie d'un taillis sous futaie est de 25922 F/ha, celle d'un taillis de taillis sous futaie de 3168 F/ha, celle d'une futaie résineuse de pin sylvestre de 58264 F/ha. Les marges d'avenir des deux premiers peuplements ne sont pas positives contrairement à celles de la futaie résineuse. Ces valeurs sont calculées au taux d'actualisation de 3 %. Elles ont également été calculées pour d'autres valeurs du taux d'actualisation.

Abstract : Management of farm woodland with a classical criterium : the future margin

French farm woodlands is approximatively 2 200 000 ha (Cinotti, 1992), that is greater than the total french national forest.

Today, the economic value of this forest, as well as the principles of their management are not well known.

Classical methodology, using Faustmann's formula, is not fitting to this forest, as history and all the future is unknown.

So we adapt this methodology to these forests with heavy constraints in management. Faustmann's formula is used just for a forest-project limited in time (16 years).

We assess to an actual economic value using two exemples of projects limited in time and get an actual economic margin of the forest for these projects.

This methodology could be applied to manage forest wether on short and long period by divided the whole period into numerous limited period project.

FORET PAYSANNE ET CALCUL ECONOMIQUE

La forêt paysanne d'aujourd'hui

Une récente exploitation du dernier recensement général de l'agriculture de 1988 a permis, à B.Cinotti (1992), de dresser un rapide panorama de la forêt paysanne.

Ainsi, près de la moitié des exploitations agricoles possèdent des bois et forêts soit 434 000 exploitations recensées.

La surface forestière de la forêt paysanne représente environ 2 200 000 hectares en 1988. D'après ce même auteur, elle est en diminution² bien qu'elle représente encore 22% de la forêt privée en France.

La forêt paysanne qui se situe essentiellement au centre et au sud de la France (les régions Midi-Pyrénées et Aquitaine cumulent environ 34% de la surface totale française) a une surface moyenne plus forte que celle des forêts des autres propriétaires forestiers privés (5 hectares au lieu de 2.6 hectares d'après l'enquête ESSES) et sa surface boisée est proportionnelle à la surface agricole utile de l'exploitation.

Ce travail montre aussi que l'activité forestière essentielle des trois quarts des agriculteurs sur leurs bois et forêts reste l'autoconsommation ou la vente de bois de chauffage. Par contre, les agriculteurs de 18% des exploitations agricoles qui comprennent des boisements, entretiennent leurs bois sous forme de divers travaux forestiers. Seulement 8,3% des gestionnaires de ces exploitations vendent du bois d'œuvre ou d'industrie.

Les objectifs sylvicoles que les agriculteurs fixent à leurs bois et forêts sont donc peu nombreux, peu variés et peu intégrés à l'activité agricole de leur exploitation. Cependant, la valorisation des bois des agriculteurs existe et reste possible. En Midi-Pyrénées elle devrait passer par la production de bois feuillus précieux, selon les observations faites par J.P. Guyon (1999) sur cette région.

De plus, les agriculteurs n'oublient pas que leur forêt leur procure aussi d'autres produits ou des services non marchands. Ces objectifs de service loisir-environnement satisfont à une demande de loisirs ou d'activités liées à la forêt.

Certaines forêts des agriculteurs peuvent en effet être aménagées pour satisfaire une telle demande, moyennant une rémunération adaptée sur un marché qui existe déjà. D'autres peuvent l'être pour une fonction environnementale particulière non marchande et moyennant un transfert financier.

Il existe plusieurs exemples de services environnementaux que la forêt des agriculteurs de la région Midi-Pyrénées semble fournir. On retiendra celui de production de

² La diminution de surface de forêt paysanne correspondrait en fait au passage de cette forêt à d'autres catégories socio-professionnelles plutôt qu'à une disparition physique de la forêt.

biodiversité et de paysage, celui de maintien des sols sur de fortes pentes ou encore celui de filtrage de l'eau de ruissellement des parcelles agricoles. En effet, il est fréquent de constater, dans cette région, la présence de bois et forêts des agriculteurs dans des thalwegs de parcelles agricoles qui constituent autant de réceptacles et de filtres naturels aux eaux de ruissellement de ces parcelles.

Dans tous les cas, le bois ou la forêt de l'agriculteur acquiert une potentialité de valeur qui correspond à ses usages actuels et futurs.

Le calcul économique et la forêt paysanne

En règle générale l'agriculteur ne considère pas son terrain boisé comme un moyen de production qui lui rapporterait un revenu financier mais plutôt comme un capital dont il peut obtenir un revenu et qu'il peut éventuellement mobiliser si nécessaire, (Guyon et al., 1999). Il apparaît alors difficile sinon impossible d'utiliser un outil classique de choix des investissements tel le taux interne de rentabilité pour la gestion de sa forêt.

Ce type de calcul ne s'appuie pas sur la valeur du terrain en tant que capital possédé par l'agriculteur et lui générant des revenus. Le calcul de la valeur actuelle nette sur période infinie proposée par Faustmann (1849) et repris notamment par Schaeffer (1960) permet ces évaluations. Cette méthode, de par sa propriété de consistance temporelle, autorise aussi le gestionnaire à chercher le traitement sylvicole optimal à n'importe quel âge de son peuplement sans que cela change la solution, dès lors qu'il se soit toujours préoccupé de cette recherche, (Terreaux, 1990).

Nous rappelons alors que si le fonds représente le sol forestier, la superficie étant le peuplement lui-même, la valeur d'attente est celle potentielle actualisée des bois en croissance et s'assimile à une valeur d'option.

Si cette approche paraît respecter le regard de l'agriculteur sur sa forêt, il convient cependant de tenir compte également d'une autre particularité de l'agriculteur propriétaire forestier. Ce dernier ne prévoit pas en général de projet forestier de long terme pour son peuplement. Tout au plus, un tel projet est envisagé sur le court terme, (Guyon et al., 1999).

De ce fait, nous proposons de centrer la gestion forestière de l'agriculteur sur la perte

d'avenir de son peuplement, (Peyron, 1997), non pas sur toute sa durée de vie mais sur celle d'un traitement sylvicole sur courte durée. Cette perte d'avenir peut s'intituler perte d'avenir entre deux opérations sylvicoles sur un même peuplement (Schaeffer, 1960).

Cette façon de faire nous semble en effet compatible à la fois avec les propriétés du modèle de Faustmann et les contraintes gestionnaires de l'agriculteur propriétaire forestier.

EVALUATION ECONOMIQUE ET CRITERE DE GESTION D'UNE FORET D'UN AGRICULTEUR

Nous supposons que la forêt paysanne que nous retenons a une histoire que nous ne connaissons pas mais qu'à la date d'aujourd'hui un inventaire y est effectué ainsi qu'un plan de gestion sur une durée limitée.

Nous supposons aussi raisonner avec un marché financier parfait, sans aléas sur la production et avec une bonne connaissance des données physiques et économiques introduites, en particulier sur les prix des bois³.

Nous soulignons alors que sortir de ces hypothèses, en particulier considérer un marché financier imparfait où le taux de prêt diffère de celui d'emprunt, amène à considérer la gestion de la parcelle forestière par rapport à celle de tout le peuplement et par rapport à celle de l'ensemble du patrimoine, (Terreaux, 1990). Ceci suppose la difficile prise en compte de tous les liens financiers entre la gestion de tous ces ensembles. De même, considérer les risques tant sylvicoles, climatiques qu'économiques est possible mais sort du cadre de ce travail. Nous cherchons en effet à prendre en compte essentiellement une réalité gestionnaire fondamentale chez l'agriculteur qui est supposé agir sur le court terme en tant que possesseur d'un capital naturel.

La durée limitée du plan forestier de l'agriculteur est alors supposée exogène au modèle et correspondre à ses caractéristiques globales d'exploitant agricole, de propriétaire de forêt et d'autres patrimoines. En particulier, cette durée limitée et exogène au modèle dépend de l'état et de l'âge du peuplement de l'agriculteur. L'agriculteur est également supposé capable de choisir de manière exogène au modèle son taux d'actualisation, en

³ Nous précisons s'il est possible de tenir compte de la dépendance des résultats à leurs variations.

correspondance avec son choix de sa durée d'intervention sylvicole et selon toutes ses caractéristiques d'agriculteur et de propriétaire, (Peyron, 1997).

Estimation de la valeur du fonds de la parcelle boisée de l'agriculteur

L'estimation de la valeur du fonds est donnée directement s'il existe un marché de fonds forestier. Sinon l'estimation sera donnée par la formule de Faustmann que nous rappelons en annexe. On remarquera que si le fonds est ainsi évalué, le taux d'actualisation est choisi de façon exogène au modèle. Si l'on part d'une évaluation directe du fonds, celle donnée par le marché, il lui correspond un taux implicite qu'il est possible de calculer par la même formule de Faustmann et qu'il faudra utiliser dans des calculs ultérieurs.

L'estimation indirecte du fonds d'un bois d'un agriculteur se fera avec celle du capital d'administration, que l'on peut aisément supposer de valeur nulle, et en négligeant les éclaircies passées que l'on ne connaît pas. On supposera alors que l'on coupe le peuplement à la date où l'inventaire du bois est réalisé, c'est-à-dire à la date à laquelle la valeur marchande de tout le peuplement est connue. Nous prenons cette date car c'est à celle-ci que le peuplement est le mieux connu, sachant également que sa date finale réelle de coupe n'est pas connue. L'évaluation de la valeur du fonds est alors sous-estimée. Comme en règle générale le peuplement que possède un agriculteur est âgé, l'estimation du fonds ainsi réalisée ne donnera pas une sous-estimation trop forte. Si le peuplement est jeune, il sera nécessaire de procéder à une évaluation par le marché, même approximative, pour ne pas trop sous-évaluer le fonds.

Estimation de la valeur d'avenir entre deux opérations sylvicoles sur un même peuplement

La valeur d'avenir actualisée à la date d'aujourd'hui du peuplement, en tenant compte de tous les produits intermédiaires qu'il va fournir d'ici l'âge de la récolte, s'écrit en considérant que le fonds additionné du capital d'administration et de la valeur d'avenir constitue un capital travaillant à un certain taux d'intérêt durant la période considérée pour donner à nouveau le fonds mais additionné du revenu à l'âge de la récolte, en supposant l'absence d'éclaircies sur la période considérée. L'écriture mathématique de ce raisonnement ne présente pas de difficultés particulières et est donnée en annexe.

On remarquera également qu'il est possible de se passer de la valeur du fonds pour

estimer la valeur de la superficie en utilisant la formule dite de Vinçonneau. La valeur d'avenir de la superficie correspond alors au prix de revient du peuplement à l'âge considéré. Cette solution est à préconiser plus sur des peuplements jeunes que sur des peuplements vieux, de façon à utiliser le modèle des intérêts composés sur une courte période. De ce fait, cette méthode ne sera pas utilisée sur des bois et forêts des agriculteurs, en règle générale, constitués de vieux arbres.

Il sera alors possible, après avoir estimé indirectement⁴ la valeur du fonds additionné du capital d'administration, de calculer, avec le même taux exogène que celui pris pour l'estimation indirecte du fonds, la valeur d'avenir du peuplement d'un agriculteur à qui on propose un plan de gestion sur une durée limitée. On considérera pour cela que la récolte sera celle obtenue à la fin de la période du plan, afin de tenir compte de la particularité de la gestion sur le court terme de la forêt de l'agriculteur. Le plan peut néanmoins être en cohérence avec une orientation globale de long terme. Elle correspond à la valeur d'avenir entre deux dates d'éclaircie préconisée par Schaeffer, (1960).

Calcul d'une marge sur la gestion forestière d'une parcelle : la perte ou marge d'avenir entre deux opérations sylvicoles sur un même peuplement

Si la valeur de marché du peuplement est celle connue à la date où son propriétaire le met en vente, ce même peuplement a également une valeur d'avenir entre deux opérations sylvicoles dont nous avons donné le principe d'estimation.

Elle est alors en règle générale supérieure à la valeur marchande du peuplement et lui devient égale au moment où les bois sont bons à couper. Schaeffer (1960) appelle alors la différence entre ces deux valeurs la perte d'avenir du peuplement. Elle est, selon lui, d'autant plus forte que les arbres sont de faibles dimensions, de croissance rapide et que le prix du bois croît avec la grosseur des arbres du peuplement.

Nous estimerons donc la perte d'avenir, appelée encore marge d'avenir, du peuplement que l'agriculteur voudrait commercialiser aujourd'hui alors qu'il a encore un

⁴ On remarquera que si l'on dispose d'une évaluation exogène, donnée par le marché, de la valeur du fonds, la formule de Faustmann donne le taux d'actualisation implicite utilisé. Ce taux sera pris pour calculer l'estimation de la valeur d'avenir du peuplement étudié sur courte période.

potentiel de croissance. Elle sera calculée à partir de sa valeur marchande d'aujourd'hui et de sa valeur d'avenir actualisée et relative au projet forestier de l'agriculteur sur une durée limitée, projet en cohérence avec la nature et éventuellement le devenir du peuplement.

Cette marge d'avenir est à l'évidence un critère de gestion sur le court terme d'un peuplement forestier puisqu'elle cristallise le devenir potentiel actualisé du peuplement du fait de l'application d'un projet forestier sur le court terme.

La recherche de sa valeur maximale par l'optimisation du scénario sylvicole que l'on se propose d'appliquer permettra de valoriser au mieux le peuplement sur la période d'application du projet forestier, compte tenu d'une éventuelle contrainte de revenu.

Choix gestionnaires forestiers de long terme de l'agriculteur

Si un gestionnaire recherche en général la maximisation de la valeur du fonds forestier par rapport à la date de coupe finale pour un programme forestier donné⁵, il n'est pas du tout évident que ce schéma gestionnaire convienne à l'agriculteur propriétaire forestier. En effet les délais sont tellement longs en matière sylvicole qu'il est difficile d'imaginer raisonnablement que l'agriculteur, habitué à travailler sur le court terme, s'attache à la détermination de l'âge de coupe finale de son peuplement, pour un itinéraire sylvicole donné.

On se demande alors si le calcul de la marge d'avenir relative à chaque opération sylvicole, et la recherche de sa valeur maximale, lors d'une succession cohérente d'opérations forestières de durée limitée durant toute la vie du peuplement, n'apparaissent pas comme une alternative gestionnaire raisonnable pour l'agriculteur.

Les choix des types d'interventions sylvicoles seraient alors pour partie des choix exogènes de l'agriculteur qui correspondraient à ses besoins en bois. Ils seraient aussi pour partie des choix de types patrimoniaux puisqu'ils tendraient à maximiser successivement la marge d'avenir par la recherche de sa valeur la plus grande possible. Certains propriétaires forestiers agriculteurs l'utiliseraient, implicitement ou de manière intuitive. Ces hypothèses de comportement en matière de gestion sylvicole sont étayées par les résultats de recherches sur les structures des forêts des exploitants agricoles du Comminges, (Guyon et al. 1999), ainsi que celles de Normandin (1995). Il faut cependant noter qu'un tel comportement ne serait certainement pas partagé par tous les agriculteurs propriétaires forestiers. En

⁵ Le comportement idéal est celui qui optimise le fonds à la fois par rapport aux dates des interventions sylvicoles et aux interventions sylvicoles (nature et intensité), comme le rappellent Peyron, Terreaux, Calvet et Guo, (1998).

particulier, un comportement patrimonial qui se traduirait par la transmission à une autre génération du patrimoine boisé de l'agriculteur constituerait une piste importante.

Limites des estimations proposées

Nous avons supposé l'agriculteur capable de déterminer la durée de son opération sylvicole de court terme ainsi que son taux d'actualisation. Ceci n'est concevable que si l'agriculteur s'intéresse à sa forêt et à la gestion de l'ensemble de son patrimoine.

En supposant ces évaluations possibles, nous avons alors calculé la valeur du fonds, celles de la valeur d'avenir et de la marge d'avenir entre deux opérations sylvicoles sur le peuplement.

Ces calculs sont totalement dépendants à la fois d'une bonne évaluation du fonds, réalisée à partir d'un inventaire par exemple ou d'une valeur de marché, et de la définition la plus soigneuse possible de l'opération sylvicole et donc des volumes de bois en cause.

La marge d'avenir sera donc estimée d'autant mieux que le programme sylvicole le sera, y compris avec d'éventuels services environnementaux, (Peyron, 1997).

Ainsi, nous avons supposé que le peuplement est équienné alors qu'il se peut qu'il soit composé d'arbres de toutes les classes d'âge. Il convient d'en tenir compte, dans la mesure du possible, (Peyron, 1997).

Les résultats dépendent alors du prix du bois⁶ et du taux d'actualisation qui doit être soigneusement choisi par l'agriculteur, comme le proposent Morel et Terreaux (1995).

⁶ Le prix est supposé donné en francs constants et sa variation, qui peut être prise en compte année par année et par le biais d'une loi de probabilité par exemple, induit celle de l'espérance d'une utilité de la marge d'avenir si l'agriculteur présente de l'aversion au risque. Des aléas sylvicoles peuvent ainsi être également considérés, (Terreaux, 1990).

EXEMPLE D'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE D'UNE FUTAIE D'UN AGRICULTEUR

Il s'agit d'une plantation en futaie équienne ou régulière de pins sylvestres sur 1,2 ha. En 1996, le peuplement est âgé de 85 ans et son volume est estimé à 439 m³ pour une valeur marchande v_m de 65 850 F.

L'histoire du peuplement ne nous est pas connue (densité de plantation, date et importance des éclaircies) et un plan de gestion sur une durée de seize années est proposé. En 1998, il est proposé une éclaircie de cent pins pour un volume de 413 m³ environ et un bénéfice de 61 920 F. La dernière coupe du plan intervient en 2012 pour 147 m³ et un bénéfice de 22 050 F, en considérant une faible croissance des arbres de 1996 à 2012, compte tenu de son état général et de son âge.

Evaluation

La formule de Faustmann⁷ simplifiée donne la valeur du fonds additionné du capital d'administration, $f+C_a$, soit pour les différents taux choisis :

a	f + c _a	f + c _a par ha
1%	49 519 F	41 266 F
2 %	15 024	12 520
3 %	5 809	4 841
4 %	2 435	2 029
5 %	1 058	881

La coupe définitive de 2012 représente la coupe principale du peuplement, tandis que la coupe de 1998 est un produit intermédiaire. La valeur d'attente, x , et la marge d'avenir, qui se calculent donc aisément⁸, sont données dans le tableau suivant pour les différents taux d'actualisation retenus.

⁷ $f + c_a = 65\,850 / [(1 + a)^{85} - 1]$

⁸ $x = 22\,050 / (1 + a)^{16} + 61\,920 / (1 + a)^2 - (f + c_a) * [1 - 1 / (1 + a)^{16}]$.

a	V _m	x	X par ha	Marge d'avenir
1 %	65 850 F	72 216 F	60 180 F	6366 F
2 %	«	71 498	59 582	5648
3 %	«	69 917	58 264	4067
4 %	«	67 886	56 572	2036
5 %	«	65 691	54 743	-159

Discussion de l'évaluation

La valeur d'attente est globalement supérieure à la valeur marchande de 1996, ce qui prouve qu'il est intéressant d'attendre et de garder le peuplement. A partir d'un taux de 5 % et plus, il devient intéressant de couper en 1996, mais ce taux est relativement élevé et très exigeant. La prise en compte d'un risque élevé par l'agriculteur lui fera en effet choisir un taux d'actualisation important. L'agriculteur peut donc choisir un taux moindre qu'il souhaite appliquer à son patrimoine boisé, compte tenu de ses particularités économiques en tant qu'agriculteur, épargnant possesseur de capitaux financiers et propriétaire forestier, pour un risque moindre sur son peuplement. Il en déduit alors la marge d'avenir de son peuplement forestier en le supposant géré selon son projet forestier limité dans le temps. Si le prix du bois évolue de façon certaine et connue durant le plan, la valeur d'avenir, celle marchande et donc la marge d'avenir varient selon les hypothèses faites, pour toute valeur du taux d'actualisation.

EXEMPLE D'EVALUATION D'UN TAILLIS SOUS FUTAIE D'UN AGRICULTEUR

Ce peuplement de taillis sous futaie, de 0,19 ha de surface, est composé d'une futaie de chêne de 50 ans d'âge maximal sur un taillis de 10 ans. La hauteur dominante est de 21 m pour un volume de bois sur pied estimé en 1996 à 26,6 m³ et une valeur marchande de la futaie en 1996 estimée à 5 230 F.

L'accroissement courant de la futaie de chênes entre 1996 et 2012 est pris, à dire d'expert et en tenant compte de la structure inéquienne du peuplement, à 1,1 m³ annuel. De

plus la coupe de taillis sous futaie en forêt paysanne ne concerne essentiellement que les arbres les plus gros et supposés donc de même âge. On peut donc assimiler la coupe de futaie dans un taillis sous futaie en forêt paysanne à une coupe de futaie régulière. Le volume actuel du taillis est de 80 m³ par hectare. Sa hauteur est évaluée à 4 m et son accroissement annuel à 3 m³ par hectare.

On ne connaît pas l'histoire du peuplement avant le début du plan de gestion. Un dépressage-nettoyage du taillis est réalisé en 1997 pour une dépense de 311 F et une coupe d'amélioration de la futaie est proposée en 1999 pour un volume estimé à 7,9 m³ et une recette nette de 553 F. Une coupe de chênes de la futaie de 11 m³ pour une recette nette de 2 850 F est réalisée en 2008 à laquelle se rajoute la coupe finale du taillis de 116 m³ par hectare pour une recette nette de 1 560 F en 2008.

Estimations relatives à la futaie

Nous estimons la valeur du fonds, additionné du capital d'administration, de la futaie afin de pouvoir évaluer ensuite la même valeur pour le taillis. En effet, la dernière sera proportionnelle à la première. Le fonds additionné du capital d'administration est donné par la formule de Faustmann simplifiée⁹, ce qui donne les résultats suivants :

A	f+ c _a	f + c _a par ha
1 %	8 113 F	42 701 F
2 %	3 092	16 272
3 %	1 546	8 134
4 %	856	4 508
5 %	500	2 630

Nous calculons alors la valeur d'attente pour le peuplement de futaie.

Pour cela nous estimons le volume total en 2008, soit 40 m³. Les 11 m³ récoltés en 2008 rapportent 2 850 F à l'agriculteur et le volume restant sur pied après la coupe de 2008 et

⁹ $f + c_a = 5\,230 / [(1 + a)^{50} - 1]$

celle d'amélioration de 1999 est de 21 m³. Le volume restant sur pied en fin de plan de gestion, soit en 2012, est de 25.4 m³ qui ont une valeur marchande de 4 818 F.

La récolte supposée correspond donc à la valeur du peuplement sur pied en 2012. Les produits intermédiaires correspondent aux coupes d'amélioration de 1999 et de 2008. Ce qui donne les valeurs d'attente de la futaie¹⁰ ainsi que les marges d'avenir suivantes selon le taux d'actualisation choisi :

A	V _m	X	x par ha	Marge d'avenir
1 %	5 230 F	5 981 F	31 479 F	751 F
2 %	«	5 439	28 624	209
3 %	«	4 925	25 922	-305
4 %	«	4 445	23 395	-785
5 %	«	4 001	21 059	-1229

Discussion de l'évaluation proposée

La valeur d'attente n'est supérieure à la valeur marchande que pour des taux d'actualisation faibles, inférieurs ou égaux à 2%. Si l'agriculteur recherche des investissements plus rémunérateurs, selon ses caractéristiques économiques en tant qu'exploitant agricole et propriétaire forestier, il vaut mieux couper la futaie dès 1996.

Estimations relatives au taillis

Nous pourrions estimer le fonds du taillis à partir de la formule de Faustmann et en considérant le volume sur pied du taillis à l'âge de l'inventaire comme étant une approximation du volume total final. Cependant le taillis est relativement jeune et donc le volume de bois à la date de l'inventaire sera probablement différent de celui final. Cette méthode n'est donc pas adaptée à la situation rencontrée. Nous estimerons alors le fonds du taillis à partir de celui de la futaie sachant qu'il existe un lien empirique entre fonds de la futaie et fonds du taillis, par l'intermédiaire de l'espace occupé par le houppier de la futaie et sachant également que l'on surestime ainsi la valeur du fonds consacré au taillis.

L'espace occupé par le houppier des arbres de réserve de la futaie sur le sol est estimé à partir d'une relation empirique entre la surface du couvert et le diamètre à 1 m 30 donnée par Schaeffer (1960) :

Diamètre à hauteur d'homme (en m)	Surface du couvert (en m ²)	Diamètre à hauteur d'homme (en m)	Surface du couvert (en m ²)
0,10	10	0,50	104
0,15	16	0,55	123
0,20	24	0,60	143
0,25	33	0,65	165
0,30	44	0,70	189
0,35	57	0,75	214
0,40	71	0,80	241
0,45	87	0,85	269

La partie du couvert de la futaie nuisible au taillis, soit un tiers du couvert total selon la relation empirique suivante donnée dans Schaeffer (1960)¹¹ est alors calculée. Ramené à l'hectare, le couvert nuisible vaut 5 700 m², ce qui représente 57% de la surface au sol pour la futaie. Ainsi, le fonds forestier du taillis représente 43 % du fonds de la futaie, soit :

A	f+c _a	F+c _a par ha
1 %	3 488 F	18 358 F
2 %	1 330	7 000
3 %	665	3 500
4 %	368	1 937
5 %	215	1 132

La valeur marchande de la coupe en 1996 est de 5 600 F/ha, soit 1060 F pour la parcelle. Connaissant la valeur du fonds additionné du capital d'administration, on peut

¹⁰ $x_{96} = 4\,818/(1+a)^{16} + 2\,850/(1+a)^{12} + 553/(1+a)^3 - (f+CA)*[1-1/(1+a)^{16}]$

¹¹ La relation empirique s'écrit : couvert nuisible au taillis = 1/3 (Σ (surface du couvert pour un diamètre donné) (nombre d'arbres ayant ce diamètre))

calculer la valeur d'attente du taillis à l'aide de la formule habituelle¹² et en considérant que le taillis est coupé en 2008 pour une recette nette de 1 560 F, avec une dépense intermédiaire de 311 F qui correspond aux frais d'amélioration du taillis en 1998. Nous obtenons donc les résultats suivants :

A	v _m	X	x par ha	Marge d'avenir
1 %	1 060 F	688 F	3 621 F	-372 F
2 %	«	650	3 424	-410
3 %	«	602	3 168	-458
4 %	«	548	2 884	-512
5 %	«	491	2 584	-569

Discussion de l'évaluation proposée

Même pour des taux d'actualisation très faibles, la valeur marchande du taillis est supérieure à la valeur d'attente, on peut donc envisager de le couper dès le début du plan d'aménagement.

Par contre, la comparaison des valeurs marchandes et des valeurs d'attente pour l'ensemble du peuplement nous montre que l'intérêt économique du peuplement réside dans les arbres de futaie (l'exploitation du taillis donnant du bois de chauffage). C'est néanmoins dans le taillis que l'on peut sélectionner les arbres d'avenir par balivage, si une conversion ou simplement un recrutement de nouveaux baliveaux dans le cadre du maintien du taillis sous futaie est souhaité.

Sous réserve de données sylvicoles disponibles, il serait donc intéressant de proposer d'autres stratégies sylvicoles.

¹² $x = 1560 / (1 + a)^{12} - 311 / (1 + a)^2 - (f+c_a) * [1 - 1 / (1 + a)^{12}]$.

CONCLUSION

Après avoir rappelé les caractéristiques physiques et gestionnaires les plus fortes de la forêt des agriculteurs, nous avons proposé comme critère de gestion adapté à leur comportement celui de la marge d'avenir d'un projet sylvicole sur un horizon économique court, en l'absence d'information sur l'histoire du peuplement¹³. Cette gestion peut alors concerner tout propriétaire forestier intéressé par cette perspective, qu'il soit agriculteur ou non.

La valeur du fonds est prise en compte pour le calcul de la valeur d'attente. Cette première valeur est très variable selon l'approche que l'on en fait. Tout d'abord, elle n'a rien à voir avec la rentabilité de la forêt. Ensuite, elle dépend de la qualité de la parcelle : un terrain en pente, un terrain en zone gélive verra sa valeur dépréciée. Par exemple, en Aquitaine, la valeur du fonds dépendra pour moitié de sa capacité forestière, pour un quart du plaisir d'être propriétaire, et pour le reste de sa fonction sociale (loisirs, chasse, promenade...), ce dernier critère pouvant augmenter fortement la valeur de base.

Les exemples que nous avons traités nous ont permis de calculer des valeurs d'attente et des marges d'avenir pour la futaie et le taillis sous futaie en forêt paysanne sur un horizon de 16 années. Bien que ces valeurs soient soumises à de nombreuses hypothèses et simplifications, nous avons obtenu des ordres de grandeur sur ces valeurs qui sont relatives à un projet sylvicole de durée limitée, pour un taux d'actualisation fixé :

Valeur d'attente en 1996 d'une futaie de pins sylvestres de 58 264 F/ha et marge d'avenir positive, pour le projet proposé sur une période limitée et au taux d'actualisation de 3 %

Valeur d'attente en 1996 d'une futaie dans un taillis sous-futaie de chênes de 25 922 F/ha et marge d'avenir légèrement négative, pour le projet proposé sur une période limitée et au taux d'actualisation de 3 %

Valeur d'attente en 1996 d'un taillis dans un taillis sous-futaie de chênes de 3 168 F/ha et marge d'avenir négative, pour le projet proposé sur une période limitée et au taux d'actualisation de 3 %.

¹³ Le projet est en cohérence, cependant, avec la nature et une éventuelle orientation globale de long terme du peuplement considéré.

On observe de grandes différences entre ces valeurs, qui peuvent être dues au type de peuplement ou au mode de sylviculture.

Il serait intéressant de poursuivre l'étude afin de mieux estimer le rôle économique de la forêt paysanne et d'établir ainsi des comparaisons entre propriétaires du canton d'Aurignac et d'autres régions. Les variations des scénarios sylvicoles et des comportements des propriétaires forestiers seraient alors à considérer.

Néanmoins, il ne faut pas perdre de vue que :

- la valeur de la forêt paysanne n'est pas uniquement une valeur économique : les différentes fonctions de la forêt (fonction paysagère, fonction de protection, fonction sociale, ...) prennent ici tout leur sens. Une forêt située en bord de route, servant d'abri au bétail ne sera pas forcément exploitée, même si elle a atteint l'âge d'exploitabilité.
- l'exploitation en forêt paysanne ne suit pas des règles forestières strictes mais dépend de l'agriculteur, de sa vie, de ses contraintes, ... Ainsi, un agriculteur n'exploitera sa forêt que s'il a un besoin précis (besoin en liquidité ou en bois), ce qui revient à dire que la durée d'un plan de gestion forestière adapté à l'agriculteur propriétaire forestier doit correspondre à ses besoins.

REFERENCES

- ANCEL P., 1996. Présentation d'une méthodologie d'estimation forestière adaptée aux aménagements fonciers forestiers. *Revue Forestière Française*, 3, 167 - 172.
- CINOTTI B., 1992. Les agriculteurs et leurs forêts. *Revue Forestière Française*, 4, 356-364.
- GUYON J.P., N. SAUGET, G. BALENT, 1999. *Structures et fonctions de la forêt paysanne par rapport à la diversité des exploitations agricoles et du territoire dans le Comminges*. Document de travail, URSAID Toulouse, 17 p.
- FAUSTMANN M., 1849. *Berechnung des Wertes Walboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen*, *Allgemeine Forst und Jagd-Zeitung*, 25, 441-455.
- MAHEUT J., 1996. Développements actuels des méthodes d'estimation forestière en Allemagne. *Revue Forestière Française*, 4, 361 - 370.
- MOREL M. et TERREAUX J.P., 1995. Economie et forêt, l'estimation de la valeur des forêts à travers un exemple : entre simplification abusive et complexité du réel. *Revue Forestière Française*, 2, 151-161.
- NORMANDIN D., 1995. La forêt paysanne en France : état des lieux et perspectives d'évolution. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 29, 195 - 211.
- PICARD O., 1995. Scénarios technico-économiques de boisement de parcelles d'exploitations agricoles en Midi-Pyrénées. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 29, 213 - 229.
- PEYRON J. L., 1997. *Elaboration d'un système de comptes économiques articulés de la forêt au niveau national*. Thèse de Doctorat en Sciences Economiques, Université de Nancy II, 364 p.
- PEYRON J.L., TERREAUX J.P., CALVET P. et B. GUO, 1998. Principaux critères économiques de gestion des forêts : analyse critique et comparative. *Annales des Sciences Forestières*, 55, 523-551.
- PEYRON J.L., LEPINE, F., 1993, *Résultats synthétiques de l'enquête sur les critères de gestion des propriétaires forestiers*, Document de travail, ENGREF Nancy, 10 p.
- SCHAEFFER L., 1960. *Principes d'estimation forestière*. Nancy : Ecole Nationale des Eaux et Forêts, 167 p.
- TERREAUX J.P., 1990. *Principes de gestion des investissements en forêt*. Thèse de Doctorat en Sciences Economiques, Université de Toulouse I, 374 p.
- VEISBLAT A., 1985. *Modèles d'évaluations économiques en sylviculture et raisonnements forestiers d'agriculteurs de Midi - Pyrénées*. Mémoire ENSA de Toulouse, CRPF Midi- Pyrénées, 45 p.

ANNEXE

Valeur du fonds

Cette valeur est donnée par la formule de Faustmann. Elle spécifie que le fonds de forêt, f , additionné du capital d'administration, c_a , constitue un capital travaillant à intérêts composés au taux a durant la durée de vie, u , du peuplement pour redonner le fonds additionné du capital d'administration, le revenu final, r_u , et des revenus intermédiaires, e_q, \dots , qui travaillent au même taux, a , de leur naissance à la date finale du peuplement. Le capital représenté par les frais cultureux, c , et qui travaille dans les mêmes conditions que ceux représentés par les produits des éclaircies sur la durée de vie du peuplement, est alors soustrait.

$$(f + c_a)(1 + a)^u = f + c_a + r_u + e_q(1 + a)^{u-q} - c(1 + a)^u,$$

où f est le fonds, c_a le capital d'administration, e_q le produit de l'éclaircie à l'âge q , r_u le produit final à l'âge u de la récolte et x la valeur d'attente.

Soit encore :

$$f + c_a = \frac{r_u + e_q(1 + a)^{u-q} - c(1 + a)^u}{(1 + a)^u - 1}.$$

Si on néglige les frais cultureux ainsi que les éclaircies déjà réalisées que l'on ne connaît pas, la formule de Faustmann simplifiée convient pour estimer le fonds additionné du capital d'administration. Ce qui donne la formulation simplifiée suivante :

$$f + c_a = \frac{r_u}{(1 + a)^u - 1}.$$

Valeur d'attente du peuplement

La valeur d'attente du peuplement qui a l'âge m aujourd'hui, en tenant compte de tous les produits intermédiaires qu'il va fournir d'ici l'âge de la récolte, u , s'écrit en considérant que le fonds additionné du capital d'administration et de la valeur d'attente, x , constitue un capital travaillant au taux a durant p ($p=u-m$) années. Ce qui redonnera le fonds additionné

du capital d'administration, le revenu final et le revenu procuré par les produits des éclaircies qui sont autant de capitaux travaillant au taux a durant les années écoulées entre les éclaircies et la date de coupe finale. L'écriture mathématique de ce raisonnement donne :

$$(f + c_a + x)(1 + a)^p = f + c_a + r_u + e_q(1 + a)^{u-q},$$

où f est le fonds, c_a le capital d'administration, e_q le produit de l'éclaircie à l'âge q , r_u le produit final à l'âge u de la récolte et x la valeur d'attente.

Une estimation de la valeur d'attente du peuplement, x , sans éclaircie entre aujourd'hui et l'âge de la récolte du peuplement, s'obtient donc en considérant que le fonds additionné du capital d'administration et de la valeur d'avenir constituent un capital travaillant au taux a durant p années pour redonner le fonds additionné du capital d'administration et du revenu final :

$$(f + c_a + x)(1 + a)^p = f + c_a + r_u,$$

soit encore :

$$x = \frac{f + c_a + r_u}{(1 + a)^p} - (f + c_a).$$

Les « ramiers » de Garonne : un damier de peupleraies entre espace de production et paysage identitaire.

S. LE FLOCH, P. DEUFFIC.

Cemagref, Département Gestion des Territoires

45 290 Nogent/Vernisson

RESUME

La recherche montre comment un massif de peupleraies situé en bordure de la Garonne, au-delà de ses fonctions de production, peut être réapproprié pour des usages multiples et investi de valeurs diverses par une population élargie d'habitants. Les trois parties de l'article analysent successivement les discours sur l'espace concerné, les discours sur les composantes de l'espace, et la façon dont les « ramiers de Garonne » apparaissent finalement comme un paysage identitaire. Ainsi, ce qui est en jeu derrière les récits de l'espace sont les rapports des populations locales au fleuve ; la composante particulière qu'est le peuplier servant de métaphore de ces rapports. Parallèlement à la distinction des enquêtés en deux groupes, en fonction de l'origine des personnes et de leurs pratiques des ramiers, des distinctions spatiales se révèlent, entre parties de ramiers attenantes à une commune ou à une autre. L'article conclut sur les limites, les principaux résultats et les enseignements dans une optique de gestion des territoires.

INTRODUCTION

La peupleraie constitue un type de « forêt » tout à fait spécifique, que ce soit sur le plan technico-économique ou sur le plan de la gestion des territoires et des débats, voire des conflits, qu'elle cristallise (Le Floch et Terrasson, 1995). Un élément déterminant de sa spécificité réside dans l'étroitesse de ses relations avec le monde agricole.

Les liens entre populiculture et agriculture sont particulièrement marqués dans le Sud-Ouest de la France où se localisent les principaux bassins de production français (Terrasson, 1992 ; Valadon, 1996). Ils pèsent à quatre niveaux. D'abord, un quart des peupleraies bordant la Garonne et ses affluents -qui totalisent 17 % de la surface populiicole française- sont rattachées à des exploitations agricoles, contre 12 % au niveau national¹. Ensuite, les peupleraies font couramment l'objet de cultures associées : dans le bassin garonnais, pratiquement le tiers des jeunes peupleraies possèdent des cultures intercalaires, céréales ou autres. En outre, les techniques de populiculture sont très proches des techniques agricoles : utilisation de matériel végétal sélectionné, règles de conduite spécifiques, récolte en une seule fois. Enfin, les peupleraies sont implantées dans l'espace agricole ou sur ses marges immédiates, formant le plus souvent des massifs en fonds de vallée, dans les terres que l'agriculture ne peut (plus) investir ; des phénomènes réversibles de substitution agriculture/populiculture s'observent.

Une question qui se pose alors est celle de savoir si les massifs de peupleraies au sein des espaces agricoles demeurent uniquement des espaces de production, appropriés privativement, ou bien s'ils sont susceptibles d'être réappropriés pour des usages multiples et de se voir investis de diverses valeurs, tant par les acteurs mêmes de la populiculture que par une population élargie d'utilisateurs.

Notre hypothèse est justement que la peupleraie, bien que modèle de production intensive d'arbres, peut entrer dans la construction de représentations sociales du paysage qui font sens pour les populations locales, en relation avec les pratiques que ces dernières y exercent. Nous avons déjà eu l'occasion de vérifier cette hypothèse dans un contexte de populiculture extensive associée à des marais investis dans le cadre des loisirs par les populations des grands centres urbains du bassin minier, dans le Pas-de-Calais : la peupleraie participe de la construction de modèles paysagers fortement ancrés régionalement (Le Floch et Eizner, 1997). Ici, nous voudrions examiner l'hypothèse dans un contexte rural, marqué par le poids de pratiques productives intensives et par l'étroitesse des liens entre productions agricole et populiicole.

Nous présenterons d'abord le choix du terrain et l'échantillon des personnes interrogées, ainsi que les méthodes de recueil et de traitement des données d'enquête. Puis nous exposerons les résultats en trois temps. D'abord, nous examinerons la façon dont les personnes structurent l'espace à travers le récit qu'elles nous ont fait de leur propre inscription spatiale. Ensuite, nous aborderons plus précisément la place que les objets concrets de l'espace, dont le peuplier, tiennent dans les représentations sociales. Enfin, nous verrons en quoi l'espace en question est un paysage porteur de valeurs identitaires. En conclusion, après avoir précisé les limites de la recherche, nous reviendrons sur les principaux résultats et soulignerons quelle peut en être la portée dans une optique de gestion de territoires concernés par la populiculture.

MISE EN OEUVRE D'UNE ANALYSE DES REPRESENTATIONS SOCIALES DU PAYSAGE.

Les massifs de peupleraies bordant de manière plus ou moins continue le cours moyen de la Garonne illustrent parfaitement le caractère intensif de la populiculture et de ses liens avec le monde agricole. Afin de tester notre hypothèse -précédemment énoncée-, nous avons arrêté notre attention sur le massif situé de part et d'autre du fleuve, à cheval sur les communes de Finhan et de Mas-Grenier (82). Celui-ci se distingue par sa nature particulièrement étendue et compacte : il couvre environ 500 hectares², dont plus des deux tiers occupent un ancien méandre du fleuve situé rive droite sur la commune de Finhan. Ces peupleraies, en général objet d'un suivi technique relativement intensif, bénéficient des riches terres alluviales. Elles marquent une sorte de frontière entre, d'un côté, la plaine de la Garonne et de l'autre, les coteaux de la Lomagne, espace agricole tenu par des exploitations ayant connu une forte spécialisation dans le domaine des grandes cultures et des cultures spécialisées (AGRESTE, 1989).

La démarche adoptée est de type sociologique qualitatif. Plus précisément, elle consiste en une analyse des représentations sociales des paysages, qui utilise le concept de modèle paysager : il s'agit d'une référence partagée par un ou plusieurs groupes sociaux, qui

¹ A titre indicatif, la surface boisée agricole française représente 20 % de la forêt privée.

² Données cadastrales.

prend corps dans un système de représentations donné, en liaison avec les pratiques sociales de l'espace et de la nature, et qui est amené à évoluer (Luginbühl, 1981). La démarche implique la réalisation d'entretiens semi-directifs auprès d'un échantillon illustrant une diversité des usagers de l'espace du massif populicole, usagers étant entendu au sens large : propriétaires et gestionnaires ; promeneurs, pêcheurs, chasseurs, cueilleurs... ; habitants côtoyant au quotidien le massif tout en n'y pénétrant pas -ou rarement.

Nous avons convenu de choisir nos enquêtés parmi les habitants des deux communes où est implanté le massif de peupleraies. Ce périmètre, défini arbitrairement, n'est pas le « périmètre d'étude » : il constitue le périmètre à l'intérieur duquel choisir les enquêtés. Il nous semble en effet correspondre à une échelle pertinente en regard des objectifs et de la démarche mise en oeuvre ici : c'est probablement là que nous sommes susceptibles de rencontrer les personnes les plus concernées par le massif de peupleraies -au sens fort du terme, tant par les pratiques qu'elles peuvent avoir dans cet espace que par le simple fait de la proximité quotidienne avec cet espace-.

La population des communes de Finhan et de Mas-Grenier, qui peut être qualifiée de rurale, peut aussi être décrite comme relativement agricole et âgée : Finhan et Mas-Grenier comptent respectivement 900 et 837 habitants, dont 17 % environ de population familiale agricole³ ; les plus de 60 ans représentent plus de 40 % de la population de plus de 20 ans⁴. L'échantillon d'enquêtés, composé de 23 personnes, reprend globalement ces grandes caractéristiques des populations communales, avec une part significative de personnes en relation avec le monde agricole (ouvrier agricole, agriculteur...) ; il illustre également la diversité des autres professions (employés, enseignants, commerçant, ouvriers, religieuse...) (tabl. 1). Toutefois, parmi les enquêtés de Finhan s'observe une sur-représentation des hommes de plus de 60 ans. Cela s'explique par la façon de construire l'échantillon et le souhait de rencontrer des acteurs directs de la populiculture (propriétaire, pépiniériste, fabricant d'échelles retraité) : or, ces derniers sont surtout sur Finhan où la surface en peuplier est plus étendue, et sont des hommes relativement âgés. Ainsi, sur les 7 propriétaires de peupleraies rencontrés, 5 sont des habitants de Finhan.

³ Source : RGA 80-88 - INSEE BDCOM 82.

⁴ Source : INSEE RGP 82-90.

Le matériau recueilli est du discours. Les personnes sont invitées à témoigner sur l'espace et sur les pratiques qu'elles y ont : l'espace environnant (le village, les alentours...) et, en particulier, les parties boisées attenant à la Garonne. Chaque entretien dure en moyenne une heure. Le traitement du matériau se fait par analyse de contenu ; l'attention porte tout autant sur la manière dont les personnes s'expriment et sur les termes qu'elles utilisent que sur l'objet principal du discours, afin de dégager la façon dont les personnes investissent l'espace en termes de liens sensibles.

LES « RAMIERS » : DESIGNATION D'UN ESPACE PAR SES USAGERS.

Ce qui frappe en premier lieu lors de l'analyse des entretiens est l'emploi du terme de « *ramiers* » par les enquêtés dès lors qu'ils parlent de l'espace boisé attenant à la Garonne. Ce terme est utilisé par l'essentiel des personnes rencontrées, souvent d'emblée, même par des individus originaires d'autres régions. Seules cinq personnes, installées dans la région depuis relativement peu de temps -une semaine pour l'une, quelques mois ou années pour les autres-, ne le prononcent pas, sans que nous puissions affirmer qu'elles ne le connaissent pas ; d'ailleurs, elles rejoignent les autres enquêtés sur la définition qu'elles donnent du cordon de peupleraies longeant la Garonne (voir ci-dessous), mis à part un jeune cuisinier au chômage tout récemment arrivé à Finhan.

Indépendamment de sa présence importante, ce terme est manifestement révélateur d'une catégorie de pensée, dont l'analyse permet de comprendre comment, dans leur récit, les personnes désignent l'espace et s'y mettent simultanément en scène dans cet espace. Nous aborderons donc dans cette partie la façon dont les personnes, à partir du terme de « *ramiers* », :

- définissent les limites et le contenu de l'espace où elles localisent les peupleraies, ce qui amène à considérer l'inscription de cet espace par rapport à d'autres espaces environnants (la plaine agricole, etc.) ;
- en décrivent l'organisation interne et donnent à voir la façon dont elles-mêmes s'y inscrivent corporellement (pratiques, façons de se déplacer, etc.).

Les ramiers , ou le marquage du cours moyen de la Garonne.

Le terme de « ramiers » désigne une entité spatiale aux limites précises et qui dépassent largement le cadre des limites communales. L'entité correspond à un type de végétation particulier, le peuplier, associé aux terres alluviales inondables ; le fleuve en est indissociable, remplissant le rôle de véritable fil directeur. « *C'est la zone juste avant la Garonne, plantée, boisée en peupliers* » (enseignante, 49 ans), « *tout le long de la Garonne* » (professeur retraitée, 76 ans), dans les parties « *inondables* » (retraîtée MSA, 70 ans), de « *Toulouse à Bordeaux* » (fabricant d'échelles retraité, 62 ans).

Au coeur de la définition des « ramiers » se trouve donc les « peupliers », à tel point que les deux termes semblent parfois se confondre : « *C'est le nom local des plantations de peupliers* » (professeur retraitée, 76 ans). Les peupliers en question confèrent aux ramiers deux particularités étroitement liées. Les enquêtés soulignent que, d'une part, les ramiers sont le produit d'une activité humaine, et, d'autre part, que l'entité qu'ils forment naît de la juxtaposition des mailles élémentaires différentes entre elles que sont les plantations. « *C'est pas des peupliers sauvages, c'est cultivé (...)* Le ramier, c'est un ensemble de peupliers, toutes les peupleraies se touchent » (fabricant d'échelles retraité, 62 ans).

Dans les entretiens, il n'est pas toujours évident de mettre en avant les rapports que l'espace des ramiers entretient avec l'espace environnant. Cela tient à la manière d'enquêter, qui focalise l'attention sur l'espace attenant à la Garonne. Toutefois, certains témoignages recueillis à Finhan alimentent la question ; il faut dire que, situés dans la plaine garonnaise, les Finhanais sont plus en contact avec les ramiers que leurs voisins de Mas-Grenier, juchés sur les hauteurs des terrasses ou du plateau. Certains esquissent alors le paysage de la « *vallée de la Garonne* », au sein duquel le cordon de peupliers a une place importante : d'immenses champs cultivés s'étendent au premier plan, fermés à l'arrière-plan par la masse des peupliers sur laquelle se détachent les clochers des bourgs : « *Il y a les plantations de peupliers... (...)* C'est tout ce qu'il y a... Si ! La rivière, elle passe à côté mais on ne la voit pas... Des champs, deux clochers, ceux de Monbéqui et de Bessens... » (gendarme retraité, 70 ans). « *Le paysage est environné de peupliers. Il y en a beaucoup entre la 113⁵ et la Garonne* » (fabricant d'échelles retraité, 62 ans). Si, pour l'un, les peupliers « *forment écran à la Garonne, c'est eux*

⁵ Route nationale 113, parallèle à la Garonne, allant à Toulouse, et traversant de nombreux bourgs riverains du fleuve, dont Finhan.

qui cachent la Garonne » (gendarme retraité, 70 ans), pour une autre les peupliers sont à la fois, et paradoxalement, écran et signal de la présence de la Garonne. « *On s'imagine mal la Garonne sans verdure, sans ramiers* » (retraîtée de la MSA, 70 ans) est sans doute une remarque à prendre au premier degré : les ramiers appellent l' « image » de la Garonne.

Ramier de Finhan, ramier de Mas-Grenier, et d'ailleurs...

Sauf une exception (cuisinier au chômage, 32 ans), les enquêtés partagent donc la reconnaissance d'une entité spatiale que la grande majorité désigne sous le nom particulier de « *ramiers* », et qui est telle que définie ci-dessus. Toutefois, lorsque les enquêtés témoignent de leurs pratiques, de leurs préoccupations et de leurs attentes par rapport à l'espace en question, ils peuvent être distingués selon deux groupes, selon qu'ils apprécient et fréquentent, ou pas, les ramiers⁶.

Les dénonciateurs des ramiers en tant qu'obstacle à la Garonne.

Un premier groupe d'enquêtés, composé du tiers environ de l'échantillon, considère les ramiers comme une masse uniforme qui ne présente pas d'intérêt en elle-même : s'ils savent qu'elle est formée de la juxtaposition de peupleraies différentes, ils ne la voient pas réellement de l'intérieur, et, si certains disent s'y être promenés à l'occasion par le passé, aucun ne la pratique aujourd'hui. « *C'est des peupliers. Après, j'en sais rien du tout ! C'est vert ! Voilà !* » (commerçant, 23 ans). Toutes les personnes se rattachant à ce groupe sont des habitants de Mas-Grenier, sauf une : le jeune chômeur précédemment cité, seul enquêté à ne pas voir du tout les ramiers. Ces personnes ont en outre en commun de ne pas être originaires de la région : elles viennent de la région parisienne, du Périgord, du Cantal...

Pour ces personnes, les ramiers constituent en quelque sorte un monde sauvage et hostile, même si, là encore, elles savent pertinemment qu'il s'agit de plantations cultivées ; les notions d'inaccessibilité et d'impénétrabilité sont largement mobilisées, notamment à travers

⁶ Pour la suite de l'analyse concernant la description spatiale des ramiers par les enquêtés, nous mettons de côté les cas du chômeur, d'une religieuse cloîtrée, et d'une institutrice installée à Finhan depuis une semaine seulement. Ces personnes ne développent pas de discours sur l'espace, bien que nous verrons qu'une d'elle, la religieuse, y associe toutefois certaines valeurs.

la dénonciation de chemins non-entretenus ou insuffisants, voire inexistants. « Ça a un aspect sauvage. Les peupleraies ne sont pas nettoyées systématiquement. C'est très humide. C'est redoutable au printemps, il se produit comme une odeur de savane : les essences naturelles remontent du sol » (enseignante, 35 ans). « Il y avait un chemin, qui descendait par là-bas : ce chemin, c'est même plus un chemin ! » (directeur des relations humaines retraité, 70 ans).

Cette frange sauvage est particulièrement mal ressentie parce qu'elle est perçue comme un obstacle à la Garonne : or, pour ces enquêtés, le véritable enjeu est là, dans l'accès à la Garonne. « C'est pas particulièrement accueillant. Ça le serait énormément si les berges étaient aménagées. Car c'est un cours d'eau sympa et vivant, la Garonne. » (enseignante, 35 ans). Les liens à la Garonne seraient à rétablir dans deux directions : transversalement (du village au fleuve), longitudinalement (le long du fleuve, entre communes différentes). Pour cet amateur de pêche, « il faudrait plus de facilité d'accès pour s'approcher de la Garonne » (commerçant, 23 ans). « J'aurais aimé un suivi de Verdun à Bourret⁷, pour un développement harmonieux le long de la Garonne : des chemins bien balisés, que les gens puissent faire à vélo... » (enseignante, 49 ans).

Ces personnes mettent en exergue les berges de Verdun-sur-Garonne, véritable modèle d'aménagement : à la hauteur de la ville, les peupleraies se situent en retrait des berges, au-delà d'une grande pelouse parsemée de bancs et d'arbres d'ornement, et qui prolonge un camping. « Je vais à Verdun. En bordure de Garonne, il y a une petite plage superbe entre le pont et le camping » (enseignante, 35 ans).

Deux enquêtés proposent des interprétations différentes de cette situation. L'un exprime clairement que l'aspect sauvage des ramiers est la métaphore de la rupture des liens entre les populations locales et leur fleuve. « De moins en moins, c'est accessible. (...) C'est difficile, comme lieu de promenade. Si, des fois, vous avez un chasseur derrière un lièvre ! Je vais vous donner une remarque générale : la Garonne est étrangère au village, comme le village est étranger à la Garonne. Autrefois, le village avait un port, une vie commune. (...) Autrefois, les communes s'étendaient sur les deux rives. Il y avait 120 habitants (du Mas) de l'autre côté » (curé, 76 ans). A l'inverse, l'autre voit dans l'aspect sauvage des ramiers une

⁷ Les deux communes voisines de Mas-Grenier, sur la rive gauche.

volonté délibérée des locaux de maintenir les « étrangers » à l'écart d'un fleuve dont ils veulent se garder l'usage exclusif. *« Avoir les berges de la Garonne et ne pas les exploiter, quel gâchis !!! En fait, avec mon mari, on n'est pas là depuis longtemps, mais on pense que c'est un refus par rapport à l'étranger... C'est ce qu'on a ressenti. On est rural, ici. Si on aménageait, les touristes viendraient, et ça... ça fait peur ! »* (enseignante, 35 ans).

De fait, le ramier de Mas-Grenier fait l'objet de pratiques d'entretien moins intensives que celui de Finhan, à la fois pour ce qui est du mode de gestion des peupleraies que de l'entretien des chemins ; ce qu'un propriétaire de Finhan résume par *« c'est pas propre à Mas-Grenier »* (pépiniériste retraité, 66 ans). Mais il faut dire aussi que le poids de tels témoignages au niveau des personnes enquêtées sur Mas-Grenier est sans doute lié à l'importance, dans l'échantillon, de la part de personnes non originaires des lieux d'une part, plus « urbaines » d'autre part ; ce qui expliquerait leur préférence pour les berges aménagées de Verdun, qui s'apparentent à un modèle d'espace vert urbain.

Les amoureux du damier changeant des ramiers.

Le second groupe d'enquêtés, soit les deux-tiers de l'échantillon, a en commun d'accorder un réel intérêt aux ramiers en eux-mêmes. Il se compose aux trois-quarts d'habitants de Finhan, et pour moitié de propriétaires de peupleraies, tous sauf un se situant sur Finhan. Les témoignages contiennent simultanément de nombreux éléments ayant trait à la structuration interne des ramiers ainsi qu'aux pratiques dont l'espace fait l'objet. Ces personnes fréquentent assidûment les ramiers, et pour des usages diversifiés. Plus de la moitié y va tous les jours ou presque. Si les propriétaires fréquentent intensément les ramiers dans le cadre d'activités liées à la culture du peuplier, ils sont en outre de fervents promeneurs. *« J'y vais pas tous les jours, mais presque, et le dimanche, toute la soirée (...) Je vais voir des parcelles pour planter... pour me promener ... »* (pépiniériste retraité, 66 ans). Par ailleurs, parmi les plus fidèles visiteurs des ramiers, certains ne sont pas propriétaires.

Les chemins, composants et révélateurs de la structuration spatiale.

La vision des ramiers que renvoient les témoignages est une vision dynamique : dans les discours, c'est un observateur en mouvement qui décrit les ramiers comme un damier

changeant. Les témoignages pourraient tous commencer ainsi : « *Quand je me promène, je lève la tête, je regarde* » (arboriculteur, 46 ans)...

Dans cette restitution d'une image des ramiers en tant que damier changeant, le rôle des chemins est capital. Il prend deux formes. D'un côté, les chemins sont énoncés comme une des composantes des ramiers, participant à la structuration spatiale : « *J'aime bien faire des photos avec des arbres, un peu d'eau, des chemins sur le bord de la Garonne* » (peintre en bâtiment retraité, 76 ans). De l'autre, ils sont cités également pour ce qu'ils permettent, c'est-à-dire en ce qu'ils donnent à voir les ramiers : « *Je préfère les petits sentiers, aller à la découverte* » (électromécanicien, 47 ans) ; « *je marche d'une peupleraie à l'autre, je vois l'état des chemins, des travaux* (dans les peupleraies) » (fabricant d'échelles retraité, 62 ans). Mais, le plus souvent, ils ne sont pas directement mentionnés par les enquêtés, bien que présents en filigrane dans les témoignages : ainsi, ils sont partout derrière les récits attachés à l'espace des ramiers.

En outre, c'est aussi à travers la façon dont les chemins sont présents dans les discours que se lisent particulièrement les différences d'appréhension par les enquêtés entre ramier de Mas-Grenier et ramier de Finhan. Ainsi, un second niveau de diversité inhérent aux ramiers est introduit : outre la diversité à l'échelle de la succession des plantations, il y a la diversité entre sous-ensembles des ramiers, à l'échelle des communes concernées. Trois éléments sont révélateurs : les chemins cités (localisation dans le ramier, endroits mis en relation), leur dénomination (nom commun se rapportant à un usage, ou nom propre, etc.), les récits des cheminements qui s'y rapportent. Schématiquement, sur Mas-Grenier, les enquêtés désignent peu de chemins : surtout la route du Bac qui relie le village au fleuve (point de départ de l'ancien bac) et le chemin de halage plus que « *les chemins isolés* » invitant les peupleraies. Sur Finhan, c'est tout un réseau fourni de chemins et « *dessertes particulières* » longeant les diverses peupleraies qui est présent en filigrane derrière les récits ; en outre, la qualité de ces voies est soulignée : « *Le Département apporte le complément pour faire les routes, elles sont goudronnées, c'est bien* » (coiffeur agriculteur retraité, 78 ans).

Une maille élémentaire, la peupleraie, pour une structure en damier.

Pour les enquêtés, la structuration spatiale des ramiers est fondée sur la répétition d'une maille élémentaire, la peupleraie, qui possède une certaine variabilité due à la variabilité des modes de gestion d'une parcelle à l'autre, à la fois au niveau de l'aspect au sol et de la structuration verticale : les enquêtés parlent de sols ici travaillés, là cultivés, plus loin enherbés, ou encore présentant une végétation ligneuse plus ou moins développée ; d'élagages réalisés plus ou moins haut, ou d'absence d'élagage... Pour quelques uns, plus rares, ce damier est délimité, « *sur le bord de la Garonne, (par) une zone retombée à l'état sauvage* » (directeur d'association à caractère social, 51 ans).

Ainsi, les ramiers peuvent être un réel espace de découverte pour plusieurs personnes. « *Ce que j'aime, c'est l'imprévu (...). Ici, on voit toujours quelque chose, elle est vivante, notre forêt, riante... La variété des parcelles, c'est un damier, aucune plantation ne ressemble à une autre...* » (coiffeur et agriculteur retraité, 78 ans). Cet électromécanicien (47 ans) habitant Mas-Grenier insiste sur les spécificités de ce qu'il appelle « les petits bois » -les peupleraies qui forment les ramiers-, notamment par rapport aux « grandes forêts » : « *Je préfère les petits sentiers, aller à la découverte... Les grandes forêts, bien entretenues, c'est joli, mais... Les petits bois, c'est pas pareil : il y a diverses plantes..., on voit des fleurs qu'on connaît pas, des petits arbustes...* ».

Ces témoignages émanent pour l'essentiel -bien que non exclusivement- de personnes vraiment ancrées localement : elles sont le plus souvent originaires des lieux, et possèdent pour beaucoup des terres dans les ramiers. L'une d'elles, d'ailleurs, souligne que l'« épaisseur interne » des ramiers n'est pas donnée à voir à tout le monde, comme si elle était la récompense de ceux qui prennent soin des ramiers au quotidien. « *Il y a de tout, des oiseaux, des lapins, des chevreuils... mais tout le monde ne le voit pas.... Cent (personnes) voient des arbres, dix voient autre chose* » (coiffeur agriculteur retraité, 78 ans).

Des rapports différents à la Garonne.

Enfin, pour ce qui est des rapports à la Garonne, les enquêtés de ce second groupe peuvent à nouveau être distingués en deux sous-groupes d'importance équivalente (soit, pour chacun de ces sous-groupes, environ le tiers des enquêtés totaux). L'un, à l'exception d'une personne, est composé de popuiculteurs, ces derniers étant tous de Finhan sauf un. Eux ne

sont pas vraiment concernés par la Garonne ; celle-ci semble plutôt former une limite à l'espace fréquenté et décrit des ramiers. Le plus souvent, ils n'en parlent pas spontanément. Parfois, certains explicitent leur manque d'attache au fleuve. Cela peut être révélé dans les remarques concernant l'éloignement, l'inaccessibilité de ce dernier. « *Ici, faudrait arranger la bordure de la rivière. Mais qui va y aller, à la Garonne ? Je voudrais bien, mais j'y vais pas. C'est un peu loin du village. Pour pêcher la carpe... si le talus était dégagé ?... Le chemin de halage est empierré en contre-bas, les pêcheurs et les baigneurs n'y vont plus (c'est inaccessible et dangereux)* » (pépiniériste retraité, 66 ans). « *Sur les rives de la Garonne, ça m'arrive d'y aller mais les chemins sont pas en trop bon état. (...) J'ai plaisir à regarder comment elle est si je me trouve à côté mais j'irai pas la voir exprès...* » (arboriculteur, 46 ans).

Le second sous-groupe est composé à part égale d'habitants de Finhan et de Mas-Grenier, et comprend seulement deux popuiculteurs. Il rejoint ainsi le premier groupe d'enquêtés pour ce qui est de l'attachement au fleuve ; la Garonne fait partie intégrante de l'espace qu'ils décrivent et pratiquent. Parmi ces personnes, celles de Mas-Grenier sont satisfaites des abords du fleuve : « *je vais faire un tour au bord de la Garonne. (...) c'est bien entretenu. D'avoir mis des bancs par-ci, par-là, c'est très bien. L'été, on s'assoit, on discute* » (électromécanicien, 47 ans). En revanche, les Finhanais développent, comme les habitants du Mas qui constituaient le premier groupe, des discours sur l'inaccessibilité du fleuve, déclinée en termes d'éloignement, de non-visibilité, de non-accessibilité physique ; non pas, comme c'était le cas du premier sous-groupe, pour masquer un certain désintérêt pour le fleuve, mais plutôt pour en revendiquer un usage plus facile, comme le peintre en bâtiment retraité qui doit demeurer le seul à se baigner dans la Garonne. Ce coiffeur agriculteur retraité (78 ans) aime « *la proximité de la Garonne* » ; mais il faudrait « *entretenir le chemin de halage de la Garonne pour y faire un sentier de randonnée de 5-6 kilomètres* ». Toutefois, un Finhanais aime l'aspect sauvage des bords de Garonne. « *Ce qui me plaît le plus ? Ce côté sauvage... Au bord de la Garonne, la végétation est semi-sauvage... Elle repousse sur les îles* » (directeur d'association, 51 ans).

Derrière la façon dont les enquêtés évoquent la structuration spatiale des ramiers, des composantes apparaissent en filigrane. Il nous faut maintenant examiner si ces dernières sont

également susceptibles de structurer les discours et déterminer ce qu'elles nous disent de manière spécifique sur les représentations sociales liées aux ramiers.

LE PEUPLIER, COMPOSANTE FONDATRICE DES RAMIERS.

D'une manière générale, les enquêtés ne raccrochent leurs témoignages qu'à un nombre limité d'éléments concrets de l'espace. Pour l'essentiel, ils appuient leurs discours sur trois grands ensembles végétaux, désignés sous les termes génériques de « *peupliers* », « *broussailles* » et « *prairie* » ; la présence significative de ce dernier terme, dans les discours, apparaissant d'autant plus surprenante qu'il ne recouvre plus aucune réalité concrète dans la plaine de la Garonne depuis des décennies... Chaque terme remplit, en relation avec les autres, un rôle précis dans les représentations sociales des ramiers. Le premier ensemble, celui des « *peupliers* », domine et structure les témoignages ; les deux autres, antagonistes, représentent deux strates végétales susceptibles d'être associées au premier.

Ici, pratiquement tous les enquêtés sont concernés, même certains de ceux qui ne développent pas de discours sur l'espace des ramiers (appartenant au premier groupe présenté).

Le peuplier, élément fondateur des ramiers.

L'ensemble correspondant aux « *peupliers* » fait l'objet de descriptions relativement abondantes et riches, tant pour ce qui est de son contenu (les variétés de peupliers et leurs particularités) que pour ce qui est des pratiques et des valeurs auxquelles il renvoie.

Tous les enquêtés mettent en avant le peuplier comme élément fondamental dès lors qu'il s'agit de l'espace attenant à la Garonne. Ceci n'est certes pas surprenant au vu de la carte de l'occupation du sol. Toutefois, pour l'essentiel des enquêtés, et même la majorité de ceux qui ne voient avant tout les ramiers que comme une masse verte faisant obstacle au fleuve, la place accordée au peuplier est loin de se réduire à sa seule importance quantitative.

Les discours ne disent pas seulement l'importance de la fonction économique des ramiers : ils racontent aussi l'histoire de ce territoire particulier. Histoire qui, dans la mémoire locale contemporaine, commence justement avec le peuplier, ou plus précisément avec le début de sa culture par l'homme⁸. Le peuplier participe à la construction des ramiers, au sens propre en ce qu'il intervient au niveau de la fixation du sol alluvial, comme au sens figuré dans la mesure où il marque l'appropriation et la valorisation de l'espace par l'homme ; avant son implantation, les abords du fleuve étaient une sorte de « territoire du vide », que les enquêtés ne parviennent même pas à se représenter, ou qu'ils esquissent comme flou, mouvant, impropre à toute culture, inquiétant. « *Autrefois, la Garonne était chaotique, les crues créaient des tourbillons et laissaient des marécages, des viviers, des clottes, des trous d'eau (...). Quand on a voulu la cultiver, il a fallu assécher (...), remonter la terre, aplanir la zone... Pour que le débordement ne provoque pas des trous, il a fallu envisager des retenues par les arbres* » (retraitée MSA, 70 ans).

Dans la mémoire locale, le territoire des ramiers se construit dès l'origine sous le signe de la diversité des utilisations, puisque le peuplier doit permettre la valorisation agricole des bords de Garonne : les enquêtés parlent de prairies pâturées sous peupliers, de maïs intercalaire, de parcelles qui sont tantôt en peupliers et tantôt en maïs selon la conjoncture économique (nous y reviendrons ci-dessous)... Que ces différentes utilisations se juxtaposent, se superposent (production de bois, pâturage sous peupliers, cultures intercalaires) ou se substituent, le peuplier est le pivot de cette multifonctionnalité agroforestière. « *L'avantage, c'est qu'ils (les peupliers) fixent le sol car la Garonne emporte la terre. Le deuxième avantage, c'est les prairies entre les peupliers. Et ça permet de fournir en bois d'oeuvre, et en bois de chauffage, aussi* » (curé, professeur retraité, 76 ans).

Sous les peupliers, la prairie : l'Age d'Or des ramiers.

⁸ L'historien Pierre Deffontaines (1932) explique comment, afin de lutter contre l'instabilité du fleuve, les populations locales se sont mises à installer un cordon végétal sur les bords de la Garonne, dès le XVII^e siècle. D'abord, les riverains installent l' « *aubarède* », plantation de saules qui permet un premier exhaussement du sol. Après dépérissement, l'aubarède est remplacée par la « *bioulade* », plantation de peupliers. Dès ce stade, la berge, bien qu'imparfaitement colonisée, entre dans un système de production agricole par le biais de cultures intercalaires, avant de pouvoir être exclusivement destinée à la culture agricole. « *Les peupliers rongent la fertilité excessive des limons et rendent les récoltes meilleures, moins en herbe et plus en grains ; on revient, pendant les dernières années avant la coupe, à un régime de prairie sous arbres. Après plusieurs plantations successives de peupliers, le sol, surélevé, mis en mattes, permettra de faire définitivement de la culture.* » Ainsi, Deffontaines décrit un véritable système d'assolement agroforestier, arbre/culture/prairie, dans lequel la peupleraie n'est à l'origine destinée qu'à être un stade transitoire.

Pour une majorité d'enquêtés, l'évocation des composantes végétales est en outre prétexte à mettre en avant les deux grandes périodes de l'histoire des ramiers, pour mieux les opposer ; les récits situent la rupture à la fin de la Seconde Guerre Mondiale. Si les peupliers sont toujours au centre des témoignages, par le biais de la succession de variétés différentes, il leur est associé un autre ensemble végétal, qui est, selon l'époque en question, soit la « prairie », soit les « broussailles ».

La première période décrite par les personnes rencontrées est symbolisée par l'image de l'association entre le peuplier et la prairie : elle est décrite comme l'Age d'Or des ramiers.

Pour ce qui est des peupliers, les enquêtés mentionnent les « variétés anciennes », comme 'Angulata' ou 'Robusta'. C'est parmi elles que les ramiers trouvent leur représentant le plus noble, qui a acquis un statut particulier, « le Carolin » ... « On dit jamais « peuplier », on dit toujours « Carolin », ce qui dit l'importance de l'espèce ! » (curé, professeur retraité, 76 ans). Ces variétés-là sont auréolées de prestige à plus d'un titre. D'une part, elles donnaient « de beaux arbres... Il n'y a plus de vieux peupliers de 80 ans comme eux. Ça faisait plaisir à voir (...). Ils avaient quelque chose de majestueux, ils imposaient le respect, on s'y sentait bien dessous » (arboriculteur, 46 ans). D'autre part, leur bois trouvait des débouchés relativement nobles et diversifiés, et, s'il n'était pas autoconsommé, alimentait une filière locale elle-même importante et diversifiée : des personnes nous ont montré avec fierté des charpentes et des chevrons d'habitations en peuplier, d'autres nous ont raconté la fabrication d'échelles de Finhan, les scieries, les fabriques de chaises et de meubles... « Plus une usine qui fabriquait des rubans de scie : ils avaient 50 ouvriers » (agriculteur retraité, 63 ans). A tel point que certains rappellent encore la façon dont les communes riveraines du fleuve suscitaient une certaine jalousie de la part de leurs voisines de la plaine ou des coteaux.

Tout cela faisait des ramiers un lieu fortement animé : une diversité de métiers se retrouvaient autour du peuplier, avec leurs nombreux représentants. Ainsi, « il y avait les coupeurs. Ils coupaient à pied pour les scieurs. Ici, nous, on vient d'une famille de coupeurs (...) Il y avait aussi des grimpeurs⁹ » (agriculteur retraité, 63 ans) ; « Des gens faisaient

⁹ Les « grimpeurs », avec des fers aux pieds, montaient le long des troncs afin d'ététer les peupliers devant être abattus.

l'arrachage des racines à la main et emportaient le bois pour se chauffer. (...) Il y avait les scieries (...) ambulantes. La scierie s'installait au milieu des peupliers. (...) Avec des charrettes à boeufs, il (le bois coupé) était emporté hors du ramier » (agriculteur retraité, 64 ans).

Quant à la prairie, son importance dans les entretiens est grande, y compris dans les témoignages de personnes d'origine extérieure ; surtout si l'on considère qu'elle n'a plus, depuis des décennies, aucune existence réelle dans les ramiers. En elle-même, la prairie aussi symbolise la présence de l'homme : présence indirecte à travers les signes de son intervention (fauchage) ou à travers la présence du bétail au pâturage, présence directe par l'intermédiaire des gardiens de vaches. « *Cela créait une vie extraordinaire, on entendait le gardien de vaches, le bétail beuglait, la campagne était bruissante...* » (employée MSA retraitée, 70 ans).

Mais c'est surtout de l'association entre la prairie et le peuplier que naît une image porteuse de valeurs tout à fait particulières et qui intervient largement dans la construction de l'identité locale : cette image est porteuse de l'idée d'une certaine harmonie de la société locale, dont chaque composante trouve une place dans les ramiers, en tire profit tout en contribuant à la satisfaction des autres. Cette idée est partagée aussi par des personnes installées depuis plusieurs années. Elle recouvre deux aspects.

D'une part, il y a l'idée d'une harmonie au niveau de l'utilisation économique du milieu : les fermiers ou les paysans ne possédant pas de terres dans les ramiers pouvaient faucher ou mettre leurs vaches sous les peupliers ; simultanément, les vaches contribuaient à l'entretien des parcelles. « *C'était gratuit, car les vaches nettoyaient. (...) Certains affermaient, donnaient un « tant » pour le droit de pacage* » ; ou bien « *on faisait faire (le foin). On le donnait à 2-3 personnes qui fauchaient et emportaient la moitié en paiement* » (agriculteur retraité, 64 ans). Des personnes parlent de synergie entre l'herbe et les arbres - l'été, la première, profitant de l'ombre des arbres, poussait encore quand l'herbe des coteaux était grillée ; les seconds croissaient mieux du fait de l'absence de végétation ligneuse spontanée, toujours prompte à se développer dans de tels milieux-, reflet des bénéfices mutuels que les différents groupes sociaux tiraient de ce système agroforestier¹⁰. « *Les*

¹⁰ Dans la réalité, des problèmes de concurrence herbe-arbre existent.

peupliers conservaient l'humidité et les plantes (l'herbe) en profitaient notamment pendant la sécheresse de 1940-50 » (employée MSA retraitée, 70 ans).

D'autre part, l'harmonie est aussi présentée au niveau des fonctions autres que productives des ramiers, et notamment les fonctions récréatives. L'association de la prairie et des peupliers est vue comme symbole d'un espace entretenu et accessible ; les enquêtés font alors le parallèle avec la propreté et l'accessibilité de la Garonne, rappelant qu'autrefois on allait pêcher et se baigner dans le fleuve, en se mêlant même, durant les congés de fin de semaine, aux populations toulousaines. « *Avant, c'était tout propre partout. Il y avait du monde, plein de Toulousains venaient à la pêche en bord de Garonne* » (Directeur des Ressources Humaines retraité, 70 ans).

Ainsi donc, l'association du peuplier et de la prairie est le motif de base d'un modèle d'appréciation paysager fortement enraciné dans la culture locale. Ce modèle évoque l'Age d'Or des ramiers, et relève sans doute largement d'une idéalisation du passé : les ramiers auraient été un support de travail et de vie où toutes les composantes de la population locale se retrouvaient ; ils auraient bruisé et grouillé, l'hiver, de tout un petit peuple d'émondeurs, de scieurs,..., et, l'été, de gardiens de bétail, de Toulousains en villégiature...

Les peupliers dans les « broussailles », ou la désertion des ramiers...

Puis, toujours aux dires des enquêtés, il se produit une rupture dans l'histoire des ramiers, située après la seconde guerre mondiale. Les « *nouvelles variétés* » de peupliers et leur possible association avec l'ensemble dénommé « *broussailles* » structurent les discours sur cette période qui se poursuit aujourd'hui.

La plupart des enquêtés évoquent l'apparition de « *nouvelles variétés* » dans les années 50, mais, alors que presque tous les enquêtés connaissent le Carolin, seuls les propriétaires de peupliers ou des agriculteurs entrent dans le détail des clones issus des programmes d'amélioration génétique et de leurs atouts/inconvénients. L'abondance et la longueur des discours sur 'I-214', 'Luisa Avanzo', 'Dorskamp' et les autres, montrent combien le peuplier entre alors dans un système de culture élaboré, complexifié, nécessitant des savoirs et des savoir-faire spécifiques proches de ceux utilisés en arboriculture, issus à la fois des pratiques

empiriques et de la culture savante (*via*, comme les enquêtés le mentionnent, les conseils des techniciens des coopératives forestières, les réunions de vulgarisation, etc). « *J'ai aussi du 45-51¹¹ ; il est assez conique, (...) résiste assez bien à la sécheresse. (...) Luisa Avanzo (...) craint beaucoup la sécheresse. Mais 214¹² est branchu.* » (agriculteur retraité, 64 ans) ; « *C'est pas dit que toutes les variétés se plaisent d'un terrain à l'autre, (...) faut bien choisir sa variété, chaque coin a son truc* » (pépiniériste retraité, 66 ans).

Ces nouvelles variétés suscitent surtout des discours sur le registre économique : une plus grande rapidité de croissance est synonyme de rentabilité accrue. Paradoxalement, le bois de peuplier semble perdre de la valeur aux yeux des enquêtés, en ce qu'il n'entre plus dans des usages « nobles ». « *Autrefois, le peuplier c'était du bois d'oeuvre, jusqu'en 1947 ou 48. Que ça, pratiquement : des planches, des chevrons, des poutres... (...) Maintenant, il y a des variétés à croissance rapide. (...) Ca avait, dans le village et aux environs, de la valeur (le peuplier) : il y avait les coupes, il y avait les scieries (...) Puis plus rien. Maintenant, il y a un industriel à Verdun : il fait des palettes. (...) Il y a quelques années, beaucoup de peupliers partaient pour l'Italie* » (agriculteur retraité, 64 ans).

Les enquêtés soulignent que la complémentarité entre populiculture et agriculture change de contenu et se dissocie dans l'espace : elle naît du développement de l'arboriculture. « *Puis le déroulage est arrivé : on a fait des cageots, avec les plantations fruitières qui se sont développées...* » (agriculteur retraité, 64 ans).

C'est ici que les enquêtés font entrer en scène les « *broussailles* », ensemble vaste, au contenu et aux limites floues, et dont la signification est de former le négatif de la « *prairie* » qui symbolisait la période précédente. « *C'est envahi de broussailles depuis qu'il n'y a plus d'élevage.* » (professeur retraitée, 76 ans). Tout d'abord, les broussailles reflètent la négligence des propriétaires à l'égard d'un bien de production ; tout se passe comme s'il était particulièrement intolérable que la peupleraie soit mal entretenue, précisément parce qu'elle est conçue comme étant pur produit du travail de l'homme. En outre, les broussailles montrent la négligence des propriétaires vis-à-vis des ramiers en tant que bien collectif : sont alors concernés, non seulement la végétation se développant en sous-étage des peupliers, mais aussi

¹¹ Il s'agit de la variété 'I-45-51'.

¹² Il s'agit de la variété 'I-214'.

les divers ligneux étouffant les ruisseaux ou fermant les chemins. « *Les propriétaires de bois devraient tenir propre. (...) Les anciens faisaient leurs bords de ruisseaux, etc. Tout le monde veut être payé, maintenant, dès qu'il fait quelque chose !* » (enseignante, 49 ans). De fait, les lieux sont jugés comme beaucoup moins attrayants, pour les loisirs ou la contemplation...

Tout comme l'aspect propre et accessible des peupleraies sur prairie était mis en parallèle avec la propreté et l'accessibilité des bords de Garonne, le développement des broussailles est rapproché de l'inaccessibilité des berges. Aujourd'hui, « *je suis tout seul à me baigner dans la Garonne, il n'y a pas grand-monde... Autrefois, il y avait des vaches, des gens dans le ramier... C'est moins bien ; c'est l'époque !* » (peintre en bâtiment retraité, 76 ans).

Paradoxalement, de fervents popuiculteurs rencontrés sur Finhan affirment au contraire que les « *broussailles* » appartiennent au passé des ramiers, ceux-ci étant aujourd'hui parfaitement « *propres* » justement grâce au développement d'une véritable popuiculture, performante et rentable, exportatrice de bois. « *S'il n'y avait pas l'exploitation et l'exportation, le ramier deviendrait des friches* » (exploitant forestier retraité, 69 ans). Eux défendent la vision de ramiers exclusivement voués à la fonction de production de bois, face à une majorité d'habitants et d'usagers qui expriment la crainte de voir la fonction productive anéantir toutes les autres et entraîner une moindre fréquentation des ramiers et une désertion des berges de la Garonne.

Les autres composantes : quantité négligeable ?

Si la majorité des enquêtés énoncent d'emblée que « *les peupliers, c'est que ça, ici... il n'y a pas d'autres arbres* » (gendarme retraité, 70 ans), cela ne veut pas dire qu'ils ne reconnaissent pas la présence d'autre composantes dans les ramiers, mais plutôt que ces composantes, à leurs yeux, ne sont pas structurantes de l'espace ni des valeurs associées à l'espace. D'ailleurs, ils citent quelques espèces, animales et végétales, mais qui n'ont pas, sauf exception, de rôle structurant dans les discours.

Une exception à signaler concerne une composante bien particulière, qui est présente dans nombre d'entretiens, et qui se caractérise, là encore, par son association au peuplier : il s'agit d'un champignon, le pholiote du peuplier, qui suscite des pratiques de cueillette

auxquelles les enquêtés disent largement s'adonner. *« Des gens (...) vont cueillir les champignons de peuplier. Ça s'appelle les piboulerades en occitan. C'est bon, d'ailleurs »* (curé, professeur retraité, 76 ans).

Une autre exception à signaler est celle que réalise un petit groupe de personnes, qui appartient au second groupe d'enquêtés présenté précédemment. En effet, quatre personnes se distinguent en témoignant d'une connaissance de la flore et de la faune des ramiers et d'une reconnaissance de la spécificité et de la diversité de ces dernières. Tous sont des habitants de Finhan ; trois appartiennent au sous-groupe des enquêtés attachés également à la Garonne ; deux sont des populiculteurs ; un n'est pas originaire de la région. Il s'agit d'une érudite locale (retraîtée de la MSA, 70 ans), de l'arboriculteur (46 ans) pratiquant la populiculture, du coiffeur-agriculteur retraité (78 ans) également propriétaire de peupleraies, et du directeur d'association à caractère social (51 ans). L'agriculteur retraité insiste préférentiellement sur la diversité avifaunistique : il parle des *« tourterelles turques »*, *« corbeaux migrateurs »*, *« loriots »*, *« coucous »*, *« rossignols des murailles »*, *« hirondelles »*, *« cormorans »*... Le directeur d'association met en avant la diversité et la spécificité floristiques inhérentes aux ramiers : *« Il y en a (des espèces) semi-sauvages... Il y a aussi beaucoup de peupliers, de l'acacia, du cognassier, des arbres fruitiers venus à l'état sauvage, du noisetier, de la ronce en quantité, (...). Beaucoup de fleurs sauvages, on les apprécie... Il y a une flore spécifique que je n'ai vue qu'ici. »*.

D'une manière générale, lorsqu'ils développent spontanément un discours sur une portion de leur territoire, les enquêtés citent donc très peu de composantes différentes, et, plus que des objets précisément identifiés comme un genre/ une espèce, mentionnent de grandes catégories génériques qui servent de base au récit des rapports entre populations locales et ramiers.

LES RAMIERS : UN PAYSAGE IDENTITAIRE.

Les discours de presque tous les enquêtés révèlent l'importance des liens sensibles et des valeurs associés aux ramiers, que ceux-ci soient considérés en eux-mêmes ou bien avant tout dans leurs liens avec le fleuve. Ainsi, au-delà de ce qu'ils nous apprennent sur la façon dont l'organisation et les composantes spatiales structurent les représentations mentales des

enquêtés, les témoignages révèlent l'élaboration d'un modèle d'appréciation paysager des ramiers : c'est-à-dire une interprétation et une appréciation de l'espace correspondant.

Deux personnes seulement ne reconnaissent pas ce modèle d'appréciation paysager des ramiers : le cuisinier au chômage et une enseignante (35 ans). Toutes deux témoignent par ailleurs, pour des raisons différentes, d'un sentiment d'exclusion par rapport au contexte social local. L'un ne voit pas de perspective pour retrouver un emploi. L'autre regrette son Périgord natal et parle de ses difficultés, liées à son métier, pour s'insérer dans la vie locale : rencontrer les élèves et parents d'élèves dès qu'elle met le pied dehors serait cause de bien des désagréments...

Sensations de bien-être et contemplation esthétique.

Deux enquêtés ont une appréciation mitigée des ramiers. En fait, il est clair qu'elles sont sensibles à cet espace, mais que ce dernier ne correspond pas tout à fait aux attentes qu'elles formulent à son égard ; elles préfèrent réserver un jugement franchement positif aux ramiers version ancienne, du temps où les prairies s'étendaient sous les peupliers (professeur retraitée, 76 ans ; directeur des ressources humaines, 70 ans).

Les 19 autres enquêtés disent tous leur appréciation, plus ou moins marquée, des ramiers. C'est à travers des remarques sur le bien-être que procurent les ramiers que passe avant tout -et le plus facilement en terme d'expressions- l'idée de leur attachement sensible aux ramiers. En particulier vient la notion de calme, ou l'idée de repos, présente chez tous ou presque. La sensation de fraîcheur, liée à l'association des arbres et du fleuve, est également largement présente : « *Le ramier, c'est un stabilisateur du temps, vous êtes bien, vous respirez en été ; en hiver, il y fait bon, j'ai jamais froid ; c'est formidablement agréable l'hiver* » (exploitant forestier retraité, 69 ans).

Viennent ensuite des appréciations qui mettent en jeu différents sens. Notamment, la lumière et les couleurs particulières des ramiers ravissent la vue de plusieurs enquêtés. Celles des peupliers sont beaucoup citées : « *C'est joli, à la chute des feuilles ; ça change de couleurs en automne ; c'est joli aussi au printemps* » (pépiniériste retraité, 66 ans). Plus rares sont ceux qui mentionnent la lumière et les couleurs du fleuve. « *Les couleurs du matin et du*

soir... des tons et des teintes, des éclairages extraordinaires tout le temps... En plein mois de février, la réverbération du soleil sur les galets, ça donne une belle lumière » (directeur d'association, 51 ans). Au niveau de l'ouïe, le chant des oiseaux et le bruit du fleuve semblent évocateurs. Ce que cette enseignante (49 ans) aime le mieux, c'est « *Le chant des oiseaux... Ma maison donne juste sur ce que les villageois appellent le ramier. Quand j'ouvre les volets, le matin, j'entends les oiseaux dans les arbres ; ça me rassure, malgré les incertitudes de ce monde...* ». Pour le commerçant (23 ans), il s'agit de « *la sensation d'être libre. Les sons qu'on entend : les oiseaux, la rivière, la Garonne...* ». Plusieurs personnes accordent une mention spéciale au « *chant* » des peupliers ; pour le curé (76 ans), « *ce qui est agréable, dans les peupliers, c'est que le vent chante toujours...* ». Enfin, l'instituteur retraité (77 ans) évoque préférentiellement « *les senteurs* ».

Ainsi, dans les liens sensibles des populations aux ramiers, qui se traduisent notamment par des remarques formulées dans le registre de l'appréciation esthétique, le peuplier trouve une place, sans toutefois qu'il soit présenté comme un modèle de beauté en matière d'arbres. Pourtant, plusieurs aiment son port (« *C'est joli. Ça monte haut, avec les feuilles qui bougent au vent...* », directeur des ressources humaines retraité, 70 ans) ou son « *tronc clair* » (gendarme retraité) ; certains précisément parce qu'ils y voient le signe d'une production de qualité, comme l'électromécanicien (47 ans) qui souligne qu'« *ils sont beaux parce qu'ils sont très droits. On a les meilleurs d'Europe, à Verdun. Parce qu'ils sont les plus hauts, les plus droits* ». Mais d'autres n'aiment pas : « *J'aime pas beaucoup, c'est pas assez tordu, j'aime pas la rectitude du tronc, ces grands fûts qui partent tout seul très haut, c'est pas mon style d'arbre...* » (directeur d'association, 51 ans). Quelques uns font allusion en outre à l'uniformité née de la juxtaposition de peupleraies. Mais cela n'est pas la question, pour eux ; personne, même les quatre enquêtés n'aimant pas ou peu les ramiers, ne dénonce la monotonie qu'engendre la présence quasi-exclusive d'une composante ; et ceux qui évoquent l'idée d'une monotonie liée à la dominance du peuplier soulignent par ailleurs la contribution esthétique de l'arbre à la beauté et au charme du paysage des ramiers en général, contribution qui tient d'une part au damier changeant des plantations, d'autre part à ses couleurs et à son chant. En fait, ils ne considèrent pas l'arbre de manière isolée, ni l'arbre en plantation, mais se placent à un autre niveau, qui n'est pas d'emblée donné à voir.

Les ramiers, porteurs d'identité locale.

Quelques habitants de Finhan, détenteurs de terres dans les ramiers, font explicitement du territoire des ramiers le dépositaire de leurs racines, à l'exemple de cet arboriculteur (46 ans) qui se tourne aujourd'hui de plus en plus vers la culture du peuplier, et vers les ramiers en général. *« Sous ces arbres, on a passé toute notre jeunesse. Je me souviens que mes parents nous portaient dans une brouette parce qu'on n'avait pas de voiture, mon frère et moi, alors qu'on n'avait qu'un an ou deux. On vivait dans le ramier, avec le bruissement des feuilles au milieu de la peupleraie. (...) Jeune, on l'appréciait déjà, notre ramier, alors, inconsciemment, on y revient. On y est attiré pour tout un tas de raisons. C'est verdoyant... (...) j'y vais plus par amour que pour le côté financier de la chose. Toutes nos racines sont là-bas... C'est l'ambiance, le calme... (...) Notre existence est liée à la vie du ramier. A certains moments difficiles de la vie, on y retrouve la vie au naturel, ses racines. On peut y faire le point sur son existence. Il y a tout ce qu'il faut pour la réflexion, la paix intérieure... Quelque chose de rassurant de savoir que tout ça a existé et existera encore ».*

Si l'idée que les ramiers sont porteurs de l'identité locale est très forte chez les personnes originaires des lieux, en particulier des Finhanais qui possèdent des peupleraies dans les ramiers, cette idée est également présente chez d'autres, venus d'autres régions pour vivre ici, et qui se sont approprié cet élément de la culture locale. *« J'aime bien les peupliers : je me suis bien... (adaptée à eux). (...) Tous ces ramiers de peupliers en bordure de la Garonne, je trouve que c'est le cachet typique de ce coin »* (religieuse, 50 ans). Quelques uns continuent à garder leurs distances, tout en sachant pertinemment combien les ramiers sont significatifs en termes d'identité locale : en d'autres termes, ils reconnaissent l'existence et la portée de ce modèle, sans s'y reconnaître eux-mêmes. A la question de savoir s'il est attaché à ce paysage, le curé répond : *« Non. Je ne suis pas d'ici... C'est difficile d'expliquer pourquoi... d'expliquer ce qu'on ressent... ces choses qu'on éprouve, qui échappent un peu au rationnel... Je ne me sens pas porté vers le peuplier, voilà. (...) Le peuplier est un peu étranger à ce que je suis ».*

Ainsi, nous sommes bien en présence d'un paysage porteur d'identité, selon les quatre caractéristiques essentielles que Sgard (1997) affecte à cette notion. Tout d'abord, un paysage identitaire *« se résume facilement à travers une ou plusieurs composantes facilement*

repérables » : le peuplier en est la principale, la Garonne en est une autre. « *Il désigne ensuite un territoire et un seul de manière non équivoque* » : le cordon de peupleraies indissociable de la Garonne. « *Il est dénommé également par la communauté* » : « *les ramiers* ». « *Enfin, les usagers expriment leur attachement à ce paysage* » : les témoignages recueillis ici sont emplis des preuves de cet attachement.

Cette identité reste sans doute vraiment locale, c'est-à-dire propre aux populations riveraines du fleuve. Un garde-forestier travaillant en Forêt Domaniale de Montech à proximité de Finhan, et qui connaît bien les pratiques de nature des populations des environs, affirme : « *C'est un lieu mythique pour les populations (...) : l'éloignement des routes, des dessertes particulières... Si les gens rentrent dans les peupleraies, ils ne savent pas comment ils vont en revenir... (...) Les gens du coin, de la commune, ils sont pêcheurs. Ils ont de la famille qui ont des champs pas loin. Ils ont une attache ou une raison particulière d'y aller... Les autres n'y vont pas.* »

CONCLUSION

Les principales limites de cette recherche tiennent à un échantillon relativement restreint et composé de personnes géographiquement très proches de l'espace étudié, puisque résidant sur sa bordure quasi-immédiate. Elles amènent en particulier deux interrogations : le modèle paysager identitaire des « *ramiers de Garonne* » mis en évidence ici, et impliquant l'espace occupé par les peupleraies, a-t-il un sens pour des populations situées au-delà des communes riveraines du fleuve ? l'espace des ramiers peut-il être porteur d'aménités pour un plus large public ?

Toutefois, sur la base d'un tel échantillon, permettant d'illustrer une variété de pratiques et de valeurs affectées à un espace, l'hypothèse assignée à la recherche se voit confirmée : un espace, occupé quasi-exclusivement par une seule et même composante, et dont l'organisation est marquée par les pratiques de production liées à cette composante, peut être support d'usages et de valeurs multiples, de la part des « producteurs » comme de populations n'ayant aucun lien avec le monde agricole ou populiicole. Plus que cela, cette composante et l'organisation spatiale qui s'y rapporte sont un des points d'ancrage privilégié

de l'identité locale, dans un système de référence qui ne dissocie pas mais au contraire rend totalement dépendant production, bien-être, et esthétique.

Ici, ce qui est en jeu en termes d'identité locale, ce sont les rapports des habitants au fleuve. Ces rapports passent par la façon dont les personnes désignent l'espace et leur inscription corporelle dans cet espace, mais aussi par la façon dont elles parlent des composantes de l'espace en elles-mêmes ; concernant ce dernier point, le peuplier a un rôle fondamental, en ce qu'il apparaît comme une métaphore des rapports des populations à la Garonne.

L'analyse des entretiens conduit à souligner deux distinctions. L'une opère au sein des enquêtés, séparant, d'un côté ceux qui n'accordent pas d'intérêt aux ramiers en eux-mêmes et y voient avant tout un obstacle au fleuve ; de l'autre côté, ceux qui reconnaissent une réelle épaisseur interne aux ramiers. L'autre opère au sein de l'espace des ramiers : l'unité « *les ramiers* » -au pluriel- se décompose en différentes sous-unités juxtaposées, ramenées aux territoires communaux qu'elles recourent, « *le ramier* » -au singulier- de Finhan, « *le ramier* » de Mas-Grenier, etc. Ces distinctions entre d'une part des groupes de personnes et d'autre part des portions d'espace, se recourent largement, mais pas systématiquement. Tel groupe ne se caractérise pas seulement par sa façon de parler d'un endroit spécifique, celui qu'il fréquente ou qui est à proximité de l'espace qu'il habite : d'autres critères interviennent, et en particulier l'origine des personnes et la pratique d'une activité de production dans le ramier ou pas. En outre, les distinctions opérées au sein de l'espace des ramiers ne relèvent pas que de critères liés à l'organisation spatiale : elles renvoient à des façons différentes d'investir l'espace au sens fort.

Ainsi, schématiquement, il y a d'un côté ceux dont les regards portent préférentiellement vers la Garonne et n'accordent pas d'attention aux ramiers en eux-mêmes. Ce sont surtout des personnes d'origine extérieure, qui composent une partie de l'échantillon des enquêtés de Mas-Grenier. Elles vont « à la Garonne » en « *couper* » simplement les ramiers. De l'autre côté, il y a ceux dont les regards pénètrent à l'intérieur des ramiers et en reconnaissent l'épaisseur interne. Ce sont pour la plupart des personnes dont la famille est originaire des lieux, et qui possèdent souvent des plantations dans les ramiers ; elles sont une part importante des enquêtés de Finhan. Elles vont essentiellement « *dans les ramiers* »,

qu'elles sillonnent en tous sens, et pas vraiment à la Garonne. S'y ajoutent également des personnes d'origine extérieure, qui, elles, développent simultanément un attachement à la Garonne, rejoignant en cela celles du premier groupe.

Deux enseignements nous paraissent intéressants en regard de l'action publique concernant de tels territoires popuicoles. Dans le contexte présent, nous avons montré que le peuplier n'est pas qu'un simple objet économique, et que l'espace des ramiers n'est pas qu'un simple espace de production. Ainsi, pour la gestion d'un tel territoire, le levier ne peut pas être qu'économique, sous peine de causer la rupture des relations entre de grands pans de la société locale d'une part, les ramiers et le fleuve d'autre part. Par ailleurs, nous voyons qu'il est ici inopportun de dissocier agriculture et popuiculture. Par exemple, la question des cultures intercalaires, dont l'existence motive aujourd'hui le refus d'une attribution des aides de l'Etat à la plantation¹³, n'est pas ici une forme d'« agroforesterie » : c'est bien plus un mode d'entretien non seulement des peupliers mais de l'espace des ramiers en général, qui rappelle aux habitants la vocation fondamentalement multifonctionnelle des ramiers.

REFERENCES

- AGRESTE (SCEES-INSEE), 1989. *Recensement agricole 1988. Tarn-et-Garonne, principaux résultats*. Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, coll. Analyses et Etudes, 36 p.
- LE FLOCH S., TERRASSON D., 1995. Enjeux écologiques et sociaux autour d'un paysage rural : le développement de la popuiculture dans les Basses Vallées Angevines. *Natures Sciences Sociétés*, 3 (2), p. 129-143.
- LE FLOCH S., EIZNER N., 1997. Le peuplier et l'eau, ou l'une des figures de la nature populaire. *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, n° 30, avril, p. 19-28.
- LUGINBÜHL Y., 1981. *Sens et sensibilité du paysage. Tome 1 : Le paysage et son sens. Tome 2 : Un paysage de la côte viticole bourguignonne*. Université de Paris I-Panthéon-Sorbonne, Thèse de géographie sous la direction de Roger Brunet, 520 p.
- SGARD A., 1997. Paysage du Vercors : entre mémoire et identité. *Revue de Géographie Alpine*, n° Hors-Série, 116 p.
- TERRASSON D., 1992. Les peupliers et les saules en complément de l'agriculture. Rapport de synthèse. *Commission Internationale du Peuplier (FAO)*, XIXe session (Espagne), 12 p.
- VALADON A., 1996. *Evolution de la popuiculture, période 1992-1995. Rapport National de la France*. Cemagref, Commission Internationale du Peuplier, XXe session, Hongrie, 58 p.

¹³ Dans le cas où des cultures intercalaires sont pratiquées, le sol est considéré comme étant à usage agricole, et ne peut en principe bénéficier des politiques forestières. Toutefois, la circulaire DERF/MAP du 11/09/98, concernant des recommandations pour une popuiculture plus respectueuse de l'environnement dans le cas de plantations bénéficiant des aides publiques, la possibilité de réaliser des cultures intercalaires au nom du « paysage » est prévue.

Tableau 1. Composition de l'échantillon des personnes enquêtées.

Sexe	Situation professionnelle	Age	Lieu de résidence	Populiculture
F	professeur retraitée	76	Mas-Grenier	non
M	dir. des relations humaines retraité	70	Mas-Grenier	non
M	ouvrier agricole retraité	64	Mas-Grenier	non
M	commerçant	23	Mas-Grenier	non
F	institutrice	35	Mas-Grenier	non
M	instituteur retraité	77	Mas-Grenier	non
F	enseignante	49	Mas-Grenier	non
M	électro-mécanicien	47	Mas-Grenier	non
F	religieuse	50	Mas-Grenier	non
M	agriculteur retraité	66	Mas-Grenier	oui
M	agriculteur retraité	64	Mas-Grenier	oui
M	curé, professeur retraité	76	Mas-Grenier	non
M	gendarme retraité	70	Finhan	non
F	employée Mutualité Sociale Agricole retraitée	70	Finhan	non
M	chef cuisinier au chômage	32	Finhan	non
M	coiffeur et agriculteur retraité	78	Finhan	oui
M	fabricant d'échelles retraité	62	Finhan	oui
F	institutrice	36	Finhan	non
M	directeur d'association à caractère social	51	Finhan	non
M	peintre en bâtiment retraité	76	Finhan	non
M	pépiniériste retraité	66	Finhan	oui
M	arboriculteur	46	Finhan	oui
M	exploitant forestier retraité	69	Finhan	oui

Photo 1

Les ramiers de Garonne : un cordon de peupleraies qui marque le passage du fleuve dans la plaine agricole, et d'où se détachent les clochers des bourgs riverains



Photo S. Lefloch



Photo S. Lefloch

Photo 2

Les discours sur les ramiers, ou les rapports difficiles des populations du fleuve



Photo D. Terrason

Photo 3 et 4
L'association de l'agriculture et de la populiculture : autrefois peuplier et prairie ; aujourd'hui peuplier et maïs, peuplier et fruits

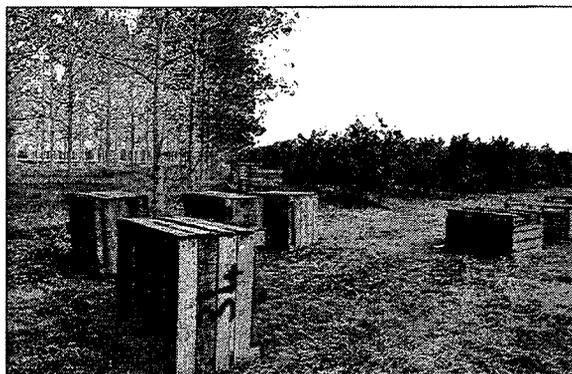


Photo S. Lefloch

Photo 5
Les peupliers dans les broussailles, ou la peur d'une certaines désertion des ramiers



Photo S. Lefloch

La transmission de la forêt paysanne - Les bois dans la vie de la famille agricole

O. NOUGARÈDE

INRA, Département Économie et sociologie rurales, Unité STEPE

94205, Ivry/Seine, France

RESUME

Pour la première fois, des enquêtes sociologiques qualitatives ont été menées, avec la même méthodologie et la même problématique, dans 8 régions françaises, auprès de 170 agriculteurs actifs ou retraités pour connaître leurs comportements vis-à-vis de la forêt. Il en résulte que pour comprendre ce qu'est la "forêt paysanne", il faut s'intéresser non seulement à l'exploitation agricole ou au ménage agricole, mais aussi à la famille agricole élargie qui n'est pas une catégorie statistique. Ne suivant pas la SAU lors de la transmission de l'unité de production agricole, le patrimoine boisé paysan appartient pendant une assez longue période à un ancien agriculteur. La "forêt paysanne" prend donc des formes variées selon les périodes du cycle familial. En majorité, le gestionnaire de la "forêt paysanne" est aujourd'hui un homme de plus de 50 ans, agriculteur actif ou retraité : un exploitant agricole ne devient propriétaire forestier, plus ou moins sylviculteur, que lorsqu'il commence à désinvestir l'exploitation agricole, et surtout lorsqu'il prend sa retraite. Le processus de dissociation de l'agriculture et de la forêt atteint donc maintenant l'exploitation agricole elle-même, et pas seulement l'espace rural : au sein d'une même famille, la jeune génération prend en charge les productions agricoles et animales, tandis que la précédente gère le patrimoine boisé.

SUMMARY : Transfer of farm wood - Woodlands in life of agricultural family

For the first time, sociological qualitative investigations were carried out, with the same methodology and questions, in 8 French regions, close to 170 active or pensioner farmers in order to know their behaviours in relation to the forest. It results that to understand what is "farm wood", we must be interested not only in agricultural firm or agricultural household, but

also in agricultural kin which is not a statistical class. Being separated with the utilized agricultural lands during the transfer of the agricultural production unit, the peasant wooded holdings belong to a former farmer for a long time. So "farm wood" shapes variously according to the periods of familial story. In general, "wood land" manager is today a man over fifty years and an active or pensioner farmer : a farmer becomes a forest owner, more or less sylviculturist, only when he begins to disinvest the farm, and especially when he becomes a pensioner. So the agricultural and forest dissociation process reaches now the agricultural firm itself, and not only rural space : inside one family, the young generation devotes itself to agriculture and breeding while the precedent generation manages the wooded holdings.

INTRODUCTION

Pour mieux comprendre ce qu'est concrètement la "forêt paysanne", nous avons coordonné des enquêtes ethno-sociologiques dans 8 petites régions françaises. Ces travaux ont été menés par Laurent Prépoint, Philippe Cardon, Fabrice Ruffier, Rina Pétrequin, Christophe Léger, et Frédéric Audigay¹. Grâce à des entretiens semi-directifs, nous avons cherché à cerner les représentations des agriculteurs sur la forêt, et la façon dont ils perçoivent leurs pratiques sylvicoles et sylvestres ; autant que possible, ces discours sur les pratiques ont été confrontés à la réalité de celles-ci. A partir du recueil de faits microsociologiques, nous avons donc voulu rendre compte d'un objet macro-social, la forêt paysanne. Comme l'évolution de la "forêt paysanne" semble mal perçue statistiquement à cause de la complexité des unités de gestion, nous voulons expliciter ici les liens existant entre exploitation agricole et "forêt paysanne". Ce premier article de sociologie compréhensive sur la forêt paysanne concerne donc la transmission de la forêt et des savoir-faire forestiers au sein de la famille agricole.

¹ Cette sous-traitance de la plus grande partie des enquêtes a permis de multiplier les terrains d'étude. Par contre, malgré une méthodologie et un guide d'entretien commun, nous n'avons pu éviter les biais inhérents aux personnalités différentes de chaque enquêteur, ainsi que certaines variations dans le recueil de données dues partiellement au fait que nous n'avons pas personnellement piloté deux des travaux.

HYPOTHÈSES

“Le terme de forêt paysanne désigne, dans son sens le plus large, des surfaces boisées dont la gestion et l’utilisation relèvent, quel que soit le régime juridique et la structure des peuplements forestiers, d’exploitants agricoles”². Les surfaces concernées varient selon que l’on s’intéresse à l’exploitation agricole ou au ménage agricole. Dans le premier cas, il s’agit des surfaces boisées qui se rattachent par l’usage à une unité de production agricole : ce sont celles dont un exploitant a la disposition et qu’il estime incluses dans son exploitation. Dans le second cas, il s’agit des surfaces boisées appartenant au patrimoine d’un couple : ce sont celles dont la propriété foncière est détenue par un ménage d’agriculteurs.

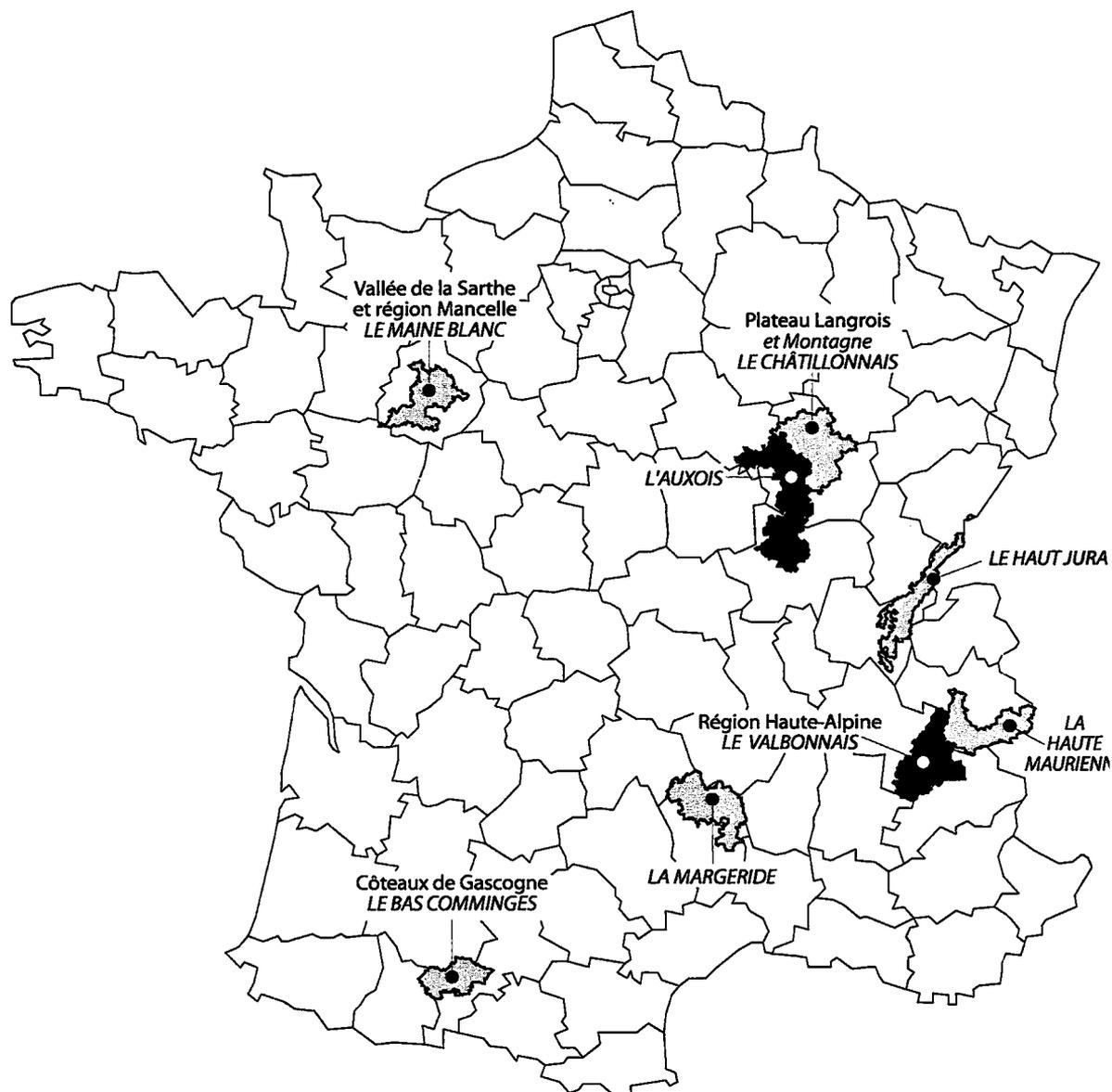
Selon les RGA, entre 1970 et 1988, la surface boisée dépendant d’exploitations agricoles a diminué de 50.000ha/an, soit -30%, en parallèle, la SAU n’a diminué que de 72.000ha/an, soit -4% : cette surface boisée agricole est passée de 30% à 20% de la forêt privée, et de 10,5% de la SAU à 7,6%. Le nombre d’exploitations disposant de bois a été réduit de 34%, mais la surface boisée moyenne par exploitation est passée de 4,7 à 5ha (la surface moyenne de la forêt privée étant de 2,6 ha) et la proportion d’exploitations ayant des bois est restée stable à environ 43%. Selon D. Normandin, *“même si une partie de (la forte réduction de la forêt paysanne) est imputable à des déboisements, l’essentiel du phénomène provient d’une dissociation des terres agricoles et forestières lors des transmissions d’exploitations. Les terres agricoles sont reprises par des exploitants (successeurs directs ou non), les surfaces boisées passent à d’autres catégories d’agents (retraités agricoles d’abord, puis leurs héritiers non-agriculteurs)”³.*

Cette explication de la régression de la forêt paysanne mérite à notre avis d’être nuancée, car elle n’explique notamment pas pourquoi la surface boisée par exploitation augmente. Nous émettons les hypothèses suivantes. Au niveau de l’entité familiale, la transmission de l’exploitation agricole devance de plusieurs années la transmission des bois. Comme l’écrit Normandin, lorsqu’un agriculteur prend sa retraite, il cède son foncier agricole et garde son foncier forestier. Mais, à cette cessation d’activité correspondent trois cas de figure : soit il y a reprise familiale de l’exploitation, et une portion variable de la forêt suivra à plus ou moins long terme les terres agricoles ; soit il y a reprise par un tiers de l’exploitation ou vente des terres agricoles à un ou plusieurs agriculteurs déjà installés, et alors les surfaces boisées, ou

² Normandin, 1996, p. 197.

³ Normandin, 1995., p. 20.

Localisation des petites régions étudiées au sein des régions agricoles



Les noms en minuscules sont ceux des régions agricoles du RGA
Les noms en capitales sont ceux des régions étudiées

restent entre les mains du retraité, puis de sa famille, ne faisant plus partie de la “forêt paysanne”, ou bien, plus rarement, sont cédées avec la SAU au nouvel exploitant.

Bien que la surface boisée de l'ensemble des exploitations diminue, la surface boisée par exploitation augmente alors soit parce que l'agriculteur hérite d'une grande part des bois de son père (mais peut-être aussi d'autres bois familiaux), soit parce que en achetant de la SAU il achète aussi des bois, soit parce qu'une partie de sa SAU est boisée naturellement ou artificiellement. Par ailleurs, la forêt paysanne cesserait de l'être lorsqu'une exploitation sort d'une famille ce qui a été très fréquent dans les dernières décennies. D'autre part, le fait que la part de la forêt paysanne dans la forêt privée diminue globalement est simplement dû à la diminution du pourcentage d'agriculteurs dans la population française.

Il y aurait donc deux moments clés à étudier pour comprendre l'évolution de la forêt paysanne : la retraite de l'exploitant et son décès. Il ne faut donc pas seulement s'intéresser à l'exploitation agricole et au ménage agricole, mais aussi et peut être surtout à la famille agricole élargie.

DES RÉGIONS AGRICOLES ET FORESTIÈRES CONTRASTÉES

Nos enquêtes ont porté sur 8 régions agricoles : le Chatillonnais et l'Auxois en Côte d'Or, le Maine Blanc dans la Sarthe, la Margeride en Lozère, le Haut Jura à cheval sur le Doubs et le Jura, le Bas Comminges en Haute-Garonne, le Valbonnais en Isère, et la Haute Maurienne en Savoie⁴.

Le Chatillonnais est une région peu peuplée, à habitat dispersé, sur des sols pauvres. Dans cette zone traditionnelle de polyculture élevage, la production céréalière se développe aux dépens de l'élevage laitier sur des structures importantes. Le Chatillonnais correspond à deux régions forestières aux fortes potentialités, la Montagne bourguignonne et le Plateau bourguignon central : selon l'IFN, la SAU occupe 49% de la surface régionale, tandis que le taux de boisement est de 48% avec 52% de forêts privées et 34% de forêts communales. Le taillis-sous-futaie de chênes, hêtres et charmes est, en forêt privée, le type de peuplement dominant, avec de nombreuses pinèdes : les feuillus représentent 73% du volume sur pied total⁵. Selon le RGA, la surface boisée moyenne par exploitation agricole est de 8ha.

⁴ La Margeride, le Comminges et la Maurienne étaient aussi les terrains d'études d'autres chercheurs de l'AIP.

⁵ Essences principales en "Chatillonnais" : Chênes rouvre et pédonculé (38%), Pin sylvestre (17%), Hêtre (12%), Charme (10%), Pin noir (9%), Petit Erable (3%), Frêne (2%), Robinier faux acacia (2%), Tilleul (2%), Epicéa

L'Auxois est une région bocagère à habitat groupé où la production dominante de bovins maigres est faite par des agriculteurs vieillissants sur des exploitations d'assez grande taille. L'Auxois appartient à la région forestière des Plaines prémorvandelles : selon l'IFN, la SAU occupe 76% de la surface régionale, tandis que le taux de boisement est de 17% avec 76% de forêts privées et 19% de forêts communales. Le taillis-sous-futaie de chênes et de charmes domine, en forêt privée, avec de nombreux accrus morcelés : les feuillus représentent 92% du volume sur pied total⁶. Selon le RGA, la surface boisée moyenne par exploitation agricole est de 7ha.

Au sud-ouest du Mans, le **Maine Blanc** est une région de sols sableux très pauvres marquée par le faire-valoir indirect. L'élevage bovin laitier et allaitant domine, mais les élevages avicoles et porcins se développent, tandis que la déprise agricole est manifeste. Selon l'IFN, la SAU couvre 58% de la surface régionale, tandis que le taux de boisement est de 29% avec 93% de forêts privées et 6% de forêts domaniales. La futaie pure de pins domine, avec une prédominance du pin maritime et une régression du pin sylvestre : les résineux représentent 65% du volume sur pied total en forêt privée ; les taillis-sous-futaies et taillis simples de chênes et châtaigniers composent le reste du paysage forestier⁷.

La **Margeride** est une région granitique au climat intra-montagnard rude et aux sols pauvres. L'élevage bovin dominant est partagé entre troupeaux laitiers et allaitants produisant veaux et brouillards ; beaucoup de parcelles en déprise évoluent spontanément ou artificiellement vers la forêt. Selon l'IFN, la SAU couvre 39% de la surface régionale, les landes 13%, tandis que le taux de boisement est de 43% avec 81% de forêts privées et 15% de forêts communales. La futaie de pins sylvestres domine, avec des taillis-sous-futaies de hêtres, des peuplements lâches et morcelés de pins souvent pâturés et de jeunes reboisements d'épicéas et de sapins : les résineux représentent 71% du volume sur pied total en forêt privée⁸. Selon le RGA, la surface boisée moyenne par exploitation agricole est de 7ha.

Le **Haut Jura** est situé sur le deuxième plateau jurassien, à plus de huit cent mètres d'altitude, sous un climat rude. L'agriculture est spécialisée dans la production de viande et surtout de lait pour la fabrication de fromages, souvent d'AOC, ce qui limite la déprise. Selon l'IFN, la SAU couvre 30% de la surface régionale, tandis que le taux de boisement est de 63%

commun (2%).

⁶ Essences principales en Auxois : Chênes rouvre et pédonculé (55%), Charme (13%), Tremble (6%), Frêne (4%), Robinier faux acacia (3%), Douglas (3%), Sapin de Vancouver (2%), Hêtre (2%), Tilleul (2%).

⁷ Essences principales en Maine blanc : Pin maritime (60%), Châtaignier (14%), Chênes rouvre et pédonculé (14%), Pin sylvestre (7%).

⁸ Essences principales en Margeride : Pin sylvestre (56%), Hêtre (16%), Sapin pectiné (10%), Chênes rouvre et pédonculé (6%), Epicéa commun (4%).

avec 60% de forêts privées et 38% de forêts communales. Le mode de sylviculture dominant en forêt privée est la futaie jardinée d'épicéas, de sapins et de hêtres : les résineux représentent 78% du volume sur pied total en forêt privée⁹. Selon le RGA, la surface boisée moyenne par exploitation agricole est de 3ha.

Au sud-ouest de Toulouse, le **Bas Comminges** est une région de coteaux où dominent des systèmes de polyculture et d'élevages bovins laitier et allaitant. Cette zone appartient à la région forestière de la Gascogne orientale qui a 81% de SAU et un taux de boisement de 12% avec 93% de forêts privées et 6% de forêts communales. Les taillis-sous-futaies essentiellement de chênes ainsi que les boisements morcelés dominent : les feuillus représentent 96% du volume sur pied total en forêt privée¹⁰. Selon le RGA, la surface boisée moyenne par exploitation agricole est de 4ha.

Dans les Alpes du Nord, le **Valbonnais**, canton rural isérois en déclin, et la **Haute Maurienne**, large vallée savoyarde touristique, sont deux régions au climat rude et aux fortes pentes. Après la disparition de la pluriactivité permanente qui a longtemps fourni un salaire à des ouvriers-paysans dont les femmes étaient chefs d'exploitation, une pluriactivité plus saisonnière est apparue en parallèle à l'intensification de l'agriculture. Si la Maurienne s'est spécialisée dans des productions ovine et fromagère bénéficiant d'AOC, le Valbonnais produit aussi bien du lait que des agneaux, des bovins-viande et des caprins. Ce canton appartient à la région forestière de l'Oisans qui compte 15% de SAU, 15% de landes, et 21% de forêts à 52% privées et 32% communales ; les peuplements plus ou moins ouverts d'épicéas et de sapins ainsi que les taillis de hêtres y caractérisent le paysage : les résineux représentent 54% du volume sur pied total en forêt privée¹¹. La région forestière de Maurienne n'a que 21% de SAU et un taux de boisement de 17% avec 46% seulement de forêts privées et 49% de forêts communales ; la futaie et les peuplements lâches de résineux (épicéa, mélèze, pins, sapin) y dominent : les résineux représentent 73% du volume sur pied total en forêt privée¹². Dans ces deux régions aux nombreuses forêts communales, l'affouage pour les bois de chauffage et de construction reste important, alors que les rares forêts paysannes sont difficiles d'accès.

⁹ Essences principales dans le Haut-Jura : Epicéa commun (56%), Sapin pectiné (22%), Hêtre (19%).

¹⁰ Essences principales en Gascogne orientale : Chênes rouvre et pédonculé (52%), Chêne pubescent (22%), Châtaignier (6%), Charme (4%), Tremble (3%), Robinier faux acacia (2%), Pin maritime (2%).

¹¹ Essences principales en Oisans : Epicéa commun (35%), Hêtre (29%), Sapin pectiné (17%), Chêne rouvre (3%), Frêne (3%).

¹² Essences principales en Maurienne : Epicéa commun (32%), Mélèze d'Europe (18%), Pin sylvestre (11%), Sapin pectiné (8%), Tremble (5%), Frêne (4%), Pin cembro (4%), Hêtre (3%).

Table 1. Types de peuplements en % de la surface des forêts privées (Sources: I.F.N.).

Régions	Futaies	Jeunes reboisements	Taillis sous futaies	Taillis	Autres boisements
"Chatillonnais"	3	4	49	12	32
Plaines prémorvandelles	3	5	64	2	26
Maine Blanc	69	0	17	8	6
Margeride	40	11	18	3	28
Haut-Jura	81	1	4	0	14
Gascogne orientale	2	4	39	6	49
Oisans	25	0	18	6	51
Maurienne	44	0	10	2	44

Des terroirs à prédominance agricole comme l'Auxois, le Maine blanc et le Comminges au Jura et à la Margeride fortement boisés, de l'individualisme sarthois et gascon à la tradition affouagère alpine, margeridienne, chatillonnaise ou jurassienne, des taillis sous futaies bourguignons et gascons aux pinèdes sarthoises et lozériennes en passant par les futaies irrégulières jurassiennes et alpines, ces 8 régions représentent une grande variété de systèmes de production agricoles et forestiers.

DES AGRICULTEURS HETEROGENES

Pour faciliter nos enquêtes, nous avons choisi des communes ayant beaucoup d'agriculteurs propriétaires de forêt : notre échantillon a donc souvent des structures agricoles et forestières plus importantes que les moyennes régionales. Sa présentation chiffrée a pour but d'éclairer notre analyse qualitative.

Au total, 170 agriculteurs, dont 137 actifs ont été rencontrés entre mars 1996 et juillet 1998. Après la première série d'entretiens en Côte d'Or, il nous a semblé utile d'inclure, dans les échantillons, des agriculteurs à la retraite, car il s'était avéré que bon nombre d'entre eux conservait leurs terres boisées après avoir cédé leurs terres agricoles.

Table 2. Répartition géographique des enquêtés

Régions	Communes	Agriculteurs actifs	Agriculteurs retraités	Total des enquêtés
Chatillonnais	6	22	0	22
Auxois	3	11	0	11
Maine Blanc	5	22	6	28
Margeride	3	20	2	22
Haut Jura	3	14	11	25
Comminges	4	17	12	29
Valbonnais	10	19	1	20
Maurienne	3	11	2	13
Ensemble	37	136	34	170

Des systèmes de production variés

Depuis le milieu des années 80, l'agriculture a été bouleversée par de profondes transformations économiques, sociales et politiques qui ont induit une forte réduction du nombre d'exploitations et une accélération du mouvement de concentration foncière. Nos 136 agriculteurs actifs peuvent être répartis en quatre groupes selon leur système de production.

* Le système de production **“céréaliériste”** est celui dont les exploitants utilisent toutes leurs terres pour des grandes cultures ou de l'arboriculture, sans culture fourragère. Il est présent sur 7 exploitations du Chatillonnais et 2 exploitations du Maine blanc. Dans toutes les autres régions, les céréales produites sur les exploitations sont autoconsommées par l'élevage, seuls les surplus étant vendus.

* Le système **“laitier”** est celui de toutes les exploitations dont l'élevage est uniquement consacré à la production laitière. En Valbonnais, 2 éleveurs sont spécialisés dans l'élevage bovin laitier, 3 dans l'élevage caprin et 1 a un élevage mixte. Dans toutes les autres régions les exploitants laitiers ont des bovins.

* Le système **“viande”** est celui de toutes les exploitations dont l'élevage est uniquement allaitant. Sur ces 44 exploitants, seuls un éleveur de Margeride, 4 du Valbonnais et 5 de Maurienne ont des ovins, tous les autres ont des bovins.

* Les **“systèmes élevage complexe”** associent plusieurs élevages aux cultures. Il y a soit juxtaposition de troupeaux bovins laitiers et allaitants (2 dans le Chatillonnais, 5 en Auxois, 1 dans le Maine blanc, 7 en Margeride et 3 en Valbonnais), soit juxtaposition de troupeaux bovin et ovin (2 en Margeride, 1 en Valbonnais et 1 en Maurienne), soit juxtaposition de troupeaux ovin et caprin (1 en Valbonnais et 1 en Maurienne), soit association d'élevages bovin, porcin, et/ou avicole (9 dans le Maine blanc). On inclut aussi dans ce groupe 3 exploitants pluriactifs, 1 du Chatillonnais et 2 de l'Auxois, dont l'agriculture n'est pas la principale source de revenus.

Table 3. Les systèmes de production selon les régions (SAUm = Sau moyenne, en hectares).

Régions	Céréales		Lait		Viande		Élevage complexe		Total	
	Nbre	SAUm	Nbre	SAUm	Nbre	SAUm	Nbre	SAUm	Nbre	SAUm
Chatillonnais	7	204	5	134	2	195	8	127	22	159
Auxois	0		0		4	146	7	136	11	140
Maine Blanc	2	72	5	74	6	69	9	99	22	83
Margeride	0		5	24	6	59	9	62	20	52
Haut-Jura	0		14	52	0		0		14	52
Comminges	0		3	54	14	64	0		17	62
Valbonnais	0		6	28	7	51	6	100	19	59
Maurienne	0		4	56	5	67	2	190	11	85
Ensemble	9	175	42	58	44	76	41	107	136	86

Normandin constatait que statistiquement "la forêt paysanne est rattachée à des exploitations dont les orientations de production sont très diverses. La plus grande partie dépend, certes, d'exploitations d'élevage: élevage bovin (lait, viande et mixtes), mais aussi, de façon importante, élevage ovin (...). Toutefois, une importante proportion d'exploitations de grandes cultures, et, surtout, d'exploitations mixtes (polyculture, polyélevage, associations culture-élevage) est également concernée"¹³. Notre échantillon d'agriculteurs est donc apparemment assez représentatif des exploitants agricoles ayant des bois.

Les bois des agriculteurs

L'expression de "forêt paysanne" n'a aucun sens pour nos agriculteurs, et ils ne s'en servent pas : sous diverses variantes, la formule : "Nous, c'est pas de la forêt, on a juste un petit bout de bois !" revient souvent.

Ils amalgament souvent tous les bois dont ils s'occupent, qui appartiennent en général à la famille, et sur lesquels ils ont plus ou moins des droits¹⁴. Dans ces conditions, toute estimation de surface ne peut-être qu'approximative. Les "bois dont on s'occupe" comprennent les bois dont le couple est propriétaire, les bois parentaux (gérés par le père, le fils va souvent y faire les travaux avec lui), les bois en indivision avec les collatéraux ou avec la génération

¹³ Normandin, 1996, p. 201.

¹⁴ Lorsqu'on vient interroger un agriculteur actif sur la "forêt paysanne", en général sa femme, ses enfants, ses parents, voire ses beaux-parents, assistent à l'entretien et y participent ; ils ne le feraient pas s'il s'agissait de parler de l'exploitation agricole. La forêt n'est pas l'affaire d'un individu, tout chef d'exploitation qu'il soit, mais c'est l'affaire de la famille.

précédente. Nous désignerons l'ensemble de ces terrains par le terme de **surface boisée utilisable (SBU)**. Cette SBU comprend aussi les bois éventuellement loués avec des terres agricoles, d'une certaine façon les surfaces soumises à l'affouage qu'il est impossible de quantifier parce que les droits portent sur des volumes de bois et non sur des surfaces, et les lots de pâturages boisés communaux sur lesquels l'utilisation agricole prime la fonction sylvicole¹⁵. Parfois, les agriculteurs s'occupent aussi des bois d'autrui (collatéraux, cousins, amis, etc.), avec une sorte de contrat, tacite ou écrit, de gestion. Mais comme ils estiment n'avoir aucun droit, réel ou potentiel, sur ces parcelles, ils ne les confondent pas avec celles que nous rangeons dans la catégorie SBU.

Cette surface boisée utilisable par un agriculteur n'est pas utilisée de la même manière, selon son type de propriété. Sur la forêt appartenant au couple sont effectués les principaux prélèvements ligneux. Par contre, l'agriculteur ne maîtrise totalement ni la propriété, ni la gestion de la forêt en indivision entre collatéraux ou entre plusieurs générations, de la forêt appartenant encore aux parents, de la forêt affermée avec des terres agricoles, des pâturages boisés communaux allotis, et encore moins de la forêt communale soumise à l'affouage. Néanmoins, il peut souvent utiliser sur ces 5 types de peuplements, les bois morts et les chablis, sous-produits de l'entretien qu'il effectue, et faire éventuellement d'autres prélèvements plus importants qui sont fonction du type de relations qu'il entretient avec le propriétaire. Enfin, la gestion des pâturages boisés montagnards favorise en général plus la croissance de l'herbe que la production ligneuse.

¹⁵ Il faudrait ajouter, de manière abstraite, à cette Surface Boisée Utilisée, les "surfaces" de communaux boisés utilisées. 39% des agriculteurs ont recours à la forêt communale (il n'y a pas de bois communaux dans les communes de Sarthe étudiées). 50% des agriculteurs du Chatillonnais, 45% de ceux de l'Auxois, 15% des margeridiens, 64% des jurassiens, 12% des commingeois, 26% de ceux du Valbonnais, et 82% des mauriennais se servent de l'affouage pour satisfaire, en tout ou en partie, leurs besoins en bois de chauffage ; seuls les alpins (47% de ceux du Valbonnais et 91% des mauriennais) prélèvent du bois d'œuvre en forêt communale en se faisant accorder des chablis résineux. Ces données semblent sous-évaluées pour la Margeride et le Comminges.

Table 4. Estimation des surfaces boisées utilisables par les agriculteurs actifs .

Régions	Nbre d'agri.	SAU moyenne	SBU moyenne	Bois du couple	Bois indivis	Bois des parents	Bois en fermage	Bois du couple/SBU
Chatillonnais	22	159 ha	18 ha	11,8 ha	4,3 ha	1,9 ha	?	66%
Auxois	11	140 ha	3,4 ha	2,2 ha	0 ha	1,3 ha	?	59%
Maine Blanc	22	83 ha	8,2 ha	1,7 ha	1,4 ha	5,1 ha	?	21%
Margeride	20	52 ha	16 ha	14,75 ha	0 ha	1 ha	0,25 ha	92%
Haut Jura	14	52 ha	11 ha	3,2 ha	7,2 ha	0,6 ha	?	29%
Comminges	17	62 ha	6 ha	?	?	?	?	?
Valbonnais	19	59 ha	4,1 ha	3,3 ha	0 ha	0,8 ha	?	80%
Maurienne	11	85 ha	1,6 ha	1 ha	0 ha	0,6 ha	?	62%
Ensemble	136	86 ha	9,9ha	6,2ha	1,9ha	1,8ha	?	?

Ces données régionales ne sont pas toujours homogènes et sont là à titre indicatif. En Margeride, les agriculteurs ont en plus des landes boisées pâturées (21ha en moyenne). Pour le Jura, les prés-bois sont inclus dans la SBU. En Chatillonnais, la SBU élevée de 18ha est due à un agriculteur atypique qui a 120ha de bois : sans lui, la SBU moyenne est de 13ha.

La SBU moyenne (sans le Comminges) serait donc de 9,9ha, dont 63% en biens propres. (avec le Comminges, 9,5ha) ; les biens propres boisés, hors Comminges, représentent 6,2ha, soit 7% de la SAU. La "forêt paysanne" de notre échantillon se situe donc dans cette fourchette, de 6,2 à 9,9ha/exploitation.

Les biens propres boisés des couples représentent de 21% à 92% de la SBU : cette variation tient en partie à la structure démographique de l'échantillon, aux coutumes locales pour le Maine Blanc notamment, et aux types de peuplements pour la Margeride par exemple. Les biens propres boisés des exploitants varient entre 0 et 30ha dans le Chatillonnais¹⁶, entre 0 et 8ha dans l'Auxois, entre 0 et 7ha dans le Maine Blanc, entre 0 et 48ha en Margeride, entre 0,3ha et 10 ha dans le Jura, entre 0,4 et 17ha en Comminges, entre 0 et 14ha en Valbonnais, et entre 0 et 3ha en Maurienne. 22 agriculteurs n'ont pas de bois en bien propre, et attendent souvent d'en hériter de leurs parents : 1 en Chatillonnais, 2 en Auxois, 13 dans le Maine Blanc (qui ont entre 25 et 46 ans), 1 en Margeride, 3 en Valbonnais, et 2 en Maurienne.

Table 5. Répartition des biens boisés des couples selon les âges (Sbm = Surface boisée moyenne).

Régions	Moins de 40 ans		40 à 49 ans		50 à 59 ans		60 ans et plus		Retraités	
	Nbre	Sbm	Nbre	Sbm	Nbre	Sbm	Nbre	Sbm	Nbre	Sbm
Chatillonnais	5	7ha	6	3,9ha	7	8,6ha	3	10,7ha	0	
Auxois	0	0ha	6	2,4ha	4	1,6ha	1	0,5ha	0	
Maine blanc	10	0ha	6	0,7ha	5	4,4ha	0	0ha	6	16ha
Margeride	?		?		?		?	0ha	2	19ha
Jura	3	0,9ha	3	1ha	5	3,5ha	2	9ha	11	5,4ha
Comminges	3	9,5ha	6	1,6ha	7	6ha	0	0ha	12	12ha
Valbonnais	9	1,1ha	7	2,7ha	4	7,5ha	0	0ha	1	?
Maurienne	2	0ha	6	1,5ha	3	1,3ha	0	0ha	2	?
Total	32	2,4ha	40	2ha	35	5,2ha	6	8,4ha	31	10,9ha

Ce tableau ne tient compte ni des propriétés en indivision, ni des bois des parents. S'il n'y a aucun retraité en Bourgogne, c'est dû au choix initial de ne s'intéresser qu'aux actifs ; on a retiré l'agriculteur vraiment hors norme du Chatillonnais qui, à 35 ans, a 120ha de bois.

Dans notre échantillon, la répartition des propriétés boisées est donc très favorable aux agriculteurs les plus âgés ; même en Margeride où les couples actifs ont beaucoup de bois en biens propres, les retraités ont plus de bois que la SBU moyenne locale. De plus, 60% de la forêt détenue par un couple d'agriculteurs actifs appartient à ceux qui ont dépassé 50 ans. Tout ceci est similaire à ce que l'on peut observer pour l'ensemble des propriétaires forestiers privés de France, parce que l'héritage est le mode d'acquisition principal de la propriété forestière et les achats minoritaires. Notre échantillon est également conforme à l'analyse nationale faite par Normandin sur la forêt paysanne : *"Les exploitations ayant des surfaces boisées se caractérisent par l'âge élevé des chefs d'exploitation : 60% de la forêt agricole est rattachée à des exploitations dont le chef a plus de 50 ans (...). La proportion d'exploitations ayant des surfaces boisées ainsi que la part de la surface boisée dans la surface totale de l'exploitation s'accroît avec l'âge de l'exploitant. (...) Cette évolution selon l'âge illustre bien la dissociation entre la logique de la production agricole et la logique de propriété forestière : jeune on s'installe agriculteur, on devient à un âge mûr (essentiellement par héritage comme pour l'ensemble de la forêt privée) agriculteur-propriétaire forestier"*¹⁷.

¹⁶ Un agriculteur, déjà évoqué, est hors de cette fourchette avec 120 ha de bois.

¹⁷ Normandin, 1995, p. 24. Notons que Cinotti (1992) estime lui que *"la surface boisée est indépendante de l'âge du chef d'exploitation"*, ce qui prouve qu'il faut en la matière être prudent avec l'interprétation des données statistiques.

Notre approche montre également que les agriculteurs retraités sont propriétaires de beaucoup de bois (47% du total). Mais tous ces espaces forestiers ne sont pas assurés de rester "paysans". En effet, dans certains cas, l'agriculteur actif ou retraité n'aura ou n'a pas eu de repreneur familial pour son exploitation. C'est le cas, dans le Jura, de 6 retraités ayant en moyenne 5,4ha de bois, et d'un actif de 64 ans ayant 120ha de SAU et 10ha de bois ; c'est le cas en Comminges d'un retraité ayant encore 2ha de bois et de 5 actifs, ayant entre 51 et 58 ans et possédant en moyenne 54 ha de SAU et 3,3ha de bois. Toutes ces surfaces boisées ne feront plus partie de la forêt paysanne à la mort de leurs actuels propriétaires, car elles appartiendront sans doute à des héritiers non agriculteurs ou seront vendues hors agriculture.

Si l'héritage est le mode d'acquisition des bois le plus courant, l'achat existe d'une manière non négligeable, mais difficilement quantifiable¹⁸. Il se fait souvent avec de la SAU, car certains vendeurs cèdent conjointement bois et SAU. Cet achat de parcelles boisées ne correspond donc pas toujours à une volonté délibérée d'augmenter son patrimoine forestier : *"les bois qu'on achète, c'est du mariage avec les champs"*.

La forêt paysanne est donc un bien majoritairement "familial", donc transmissible et transmis. Mais, son mode de transmission est spécifique, car bois et terres agricoles s'intègrent de manière différente dans la circulation du patrimoine familial.

LA TRANSMISSION DIFFÉRÉE DES BOIS

En général, le repreneur de l'exploitation agricole s'installe d'abord avec son père, en association ou sous forme de GAEC père-fils. En parallèle, il y a soit cession des terres agricoles par donation simple ou donation partage, le repreneur pouvant devenir pour certaines parcelles le fermier de ses collatéraux, soit conservation du foncier par les parents.

Lors de la cessation d'activité du père, le plus souvent l'ensemble des parcelles agricoles a déjà été cédé au successeur ; parfois, il y a eu partage et le repreneur loue fréquemment une partie des terres à ses collatéraux ; enfin, dans certains cas comme souvent en Sarthe, le père peut garder le foncier agricole et l'affermier au nouveau chef d'exploitation. Presque toujours, le patrimoine boisé est conservé par le couple d'agriculteurs retraités jusqu'à leurs décès respectifs. Il y a alors, pendant une période plus ou moins longue, dissociation du patrimoine foncier agricole et du patrimoine forestier de l'exploitation.

¹⁸ Un essai de quantification dans le Jura montre que les achats représentent 17% des biens propres boisés des couples, et 42% si on inclut les indivisions entre collatéraux.

Au décès du dernier des parents, les bois sont, comme nous le verrons, l'objet d'une nouvelle procédure de transmission.

Dans le processus global de transmission, il faut donc distinguer trois périodes : la cohabitation du père et du fils sur l'exploitation ; la coexistence d'un fils agriculteur actif et d'un père retraité agricole resté propriétaire forestier ; la transmission finale du patrimoine boisé.

La transmission progressive de l'outil de travail, l'exploitation agricole

Le capital familial, notamment foncier, joue un rôle central dans la définition et dans la transmission du métier de paysan, car l'agriculture se caractérise par une endo-reproduction forte, un fils reprenant en général l'exploitation parentale. Donc, lorsqu'on transmet le patrimoine "terre", on transmet aussi la possibilité d'exercer et de pérenniser le métier paternel. Le lien de parenté légitime la succession et la facilite par la transmission du capital familial de travail.

La cohabitation plus ou moins longue sur l'exploitation est souvent l'objet de rapports conflictuels entre le père et le fils, portant sur les méthodes de travail, et les façons de conduire l'exploitation et d'envisager l'avenir. Ils ont en général pour origine les différences de conception de l'agriculture de l'un et de l'autre, dues surtout à leur différence de formation professionnelle : le père détient en général un savoir agricole transmis par son propre père, tandis que son fils lui oppose de plus en plus un savoir scolaire provenant de sa formation agricole. Le fils, détenteur de connaissances agricoles acquises à l'extérieur, résiste à son père qui désire lui transmettre par apprentissage ses connaissances agricoles ataviques. C'est en fait le pouvoir de décision qui est en jeu entre le père et le fils : *"Quand je me suis installé et que mon père travaillait encore, je n'ai pas pu mener l'exploitation comme je l'entendais"* est un type de discours qui revient souvent. La transmission est conflictuelle parce que le père voudrait qu'elle soit double : il voudrait transmettre à la fois l'outil de travail et son mode d'emploi personnel. A l'opposé, le fils conteste fréquemment le rôle de maître d'apprentissage que veut s'attribuer son père, car il voudrait qu'on reconnaisse son statut professionnel fondé sur une exploitation transmise et un savoir acquis. Cette rivalité père-fils est d'une certaine façon obligatoire pour que le fils puisse prendre la place du père.

La retraite du père constitue le moment décisif pour le fils qui prenant alors seul le pouvoir peut librement appliquer ses conceptions de l'agriculture. C'est aussi le moment où il reprend parfois l'intégralité du patrimoine foncier, outil de travail, en rachetant les terres dont

ont hérité ses collatéraux. La retraite paternelle est donc le temps social qui consacre définitivement le fils comme chef d'exploitation.

Outil de travail transmis familialement, le patrimoine agricole permet au fils d'exercer le même métier que son père, mais différemment, après la retraite de celui-ci. Le fils ayant acquis une identité professionnelle que le père a perdue, ce dernier trouve avec le patrimoine forestier un nouvel espace de reconnaissance.

La "forêt paysanne" est plus un patrimoine qu'un capital productif

Alors que tous les exploitants s'estiment détenteurs d'une forme variable de savoir agricole "professionnalisant", ils prétendent en général n'avoir aucun savoir professionnel forestier, tout en avouant parfois une "passion" pour la forêt. N'ayant aucune connaissance sylvicole acquise par un enseignement spécifique¹⁹, et ne rencontrant quasiment jamais de conseiller forestier²⁰, ils n'ont à propos de la forêt qu'un savoir-faire empirique transmis familialement et appris sur le tas. La forêt n'est pas un espace de valorisation de connaissances pratiques et théoriques professionnalisantes, mais elle est un espace complémentaire à l'agriculture pouvant fournir du bois utile à l'exploitation : *"Ça fait faire des économies pour le bois de chauffage et les piquets"*. Si l'agriculture est nécessairement associée au métier, la forêt est un "à côté", un espace non professionnel. On n'oppose pas forêt et agriculture, mais on les distingue en leur attribuant une fonction et une valeur différentes: *"Je pense que l'agriculture, c'est une chose, la forêt, c'en est une autre. C'est pas pareil. L'agriculture, c'est le métier. Après tout, tu l'as choisi, tu vis avec. Alors que la forêt, c'est pas rentable, ça dépanne : une petite coupe de temps en temps, ça fait du bien"* (un agriculteur de 64 ans). Si la SAU est un outil de travail, un capital productif, la forêt est un "patrimoine dormant" légué par les générations précédentes : *"Si mes parents ont investi dans les bois, il faut bien que je les entretienne"* (un sarthois de 45 ans) ; c'est aussi un capital de sécurité : *"Ca sert au cas où il y aurait un coup dur, pour faire une réparation, du bois de charpente : ça aide. Quand il y a*

¹⁹ Rappelons qu'il n'y a la plupart du temps aucun cours sur la forêt dans l'enseignement agricole suivi par les jeunes agriculteurs. Par contre, beaucoup d'agriculteurs retraités disent participer à des réunions de formation forestière, stages SIGEFOR ou réunions de coopératives.

²⁰ Voici les réflexions de deux agents du développement forestier sarthois. Selon le technicien forestier de la Chambre d'Agriculture, *"la transmission des bois se fait à 65 ans, à un âge où on s'intéresse plus à l'aspect cathédrale" de la forêt qu'à son côté productif. Tous les 20ans il faut recommencer à zéro la formation des gens dans le développement forestier, car il n'y a pas transmission des savoirs acquis. Les énarques ne veulent pas comprendre ça ! Même les responsables des structures forestières n'amènent pas leurs enfants aux réunions. Si la forêt privée est mal gérée, c'est surtout dû au problème de la transmission. Un héritier qui reprend une forêt et qui s'en fout peut la ruiner en 10ans"*. De même, le responsable de la coopérative forestière estime qu'il *"connaît mal les jeunes agriculteurs. J'ai l'impression qu'ils s'occupent peu ou pas du tout du domaine forestier. C'est pas leur souci et ils ont pas le temps pour le faire"*.

l'arrangement de famille à faire, on paye les autres avec le bois qu'on coupe" (un margeridien de 47 ans) ; la forêt est enfin un espace de détente, notamment lorsqu'on va y faire son bois de chauffage : *" Je fais 15 à 20 stères en 2 à 3 semaines : c'est un travail qui me plaît, mais le problème c'est le temps. Faire du bois, c'est agréable, ça ne me déplaît pas, mais ça prend du temps"* (un sarthois de 35 ans).

Si le foncier agricole est conçu comme un outil de travail, support matériel et symbolique du métier, le foncier forestier est perçu comme un patrimoine familial qui n'est le support d'aucune identité ou légitimité professionnelles.

La forêt est l'espace de compétence du père

Quelle que soit sa profession, il est difficile de gérer de manière sérieuse sa forêt, tout en exerçant son métier, surtout en début de carrière : le départ à la retraite est à la fois le moment où l'on cesse d'exercer son métier, et aussi celui où l'on peut davantage s'occuper de sa forêt. Mais, pour les agriculteurs, la cohabitation avec leur fils sur l'exploitation est une période de transition durant laquelle ils commencent déjà à avoir plus de temps à consacrer au travail forestier. Progressivement s'amorce alors, en eux, un transfert de compétences, du champ au bois, de l'agriculture à la forêt, qui sera complet à la retraite.

Un agriculteur sarthois de 35ans : *"On a du châtaignier, des peupliers, et puis des landes de pins, c'est bien pratique ; c'est à mes parents. Mon père, il suit ça. Il a vendu du peuplier récemment. C'est pas mon affaire. Quand, c'est à soi, on suit plus, c'est normal ; c'est aux parents pour l'instant"*.

Son père : *"J'ai 20 à 25ha de pins et de peupliers, et 4ha de taillis de châtaigniers pour les pieux. Mes bois viennent par héritage depuis mes grand-parents. Mes parents en ont acheté et nous aussi. Mon père qui avait 30 ha les a partagés entre ses 8 enfants. Et, il y a aussi l'héritage de mes beaux-parents, 2 à 3ha qui sont à mon épouse. Les bois, il faut les entretenir, sinon c'est pas la peine ; c'est de l'exploitation, un peu comme une culture, même si c'est pas pareil : si on coupe une "sapinière", il faut reboiser. Je passe par la coopérative pour vendre. Je vais souvent à des réunions forestières. (...) Mon fils qui a repris la ferme s'intéresserait au bois, mais il n'a pas le temps. Mon autre fils s'y intéresse plus, mais je partagerai de manière équivalente entre mes 3 enfants, pour que par exemple chacun ait des peupliers "*.

En général, les exploitants actifs estiment n'avoir pas le temps d'assumer à la fois la gestion de leur exploitation et celle des bois de la famille : *"Je dis toujours qu'il va falloir que je m'occupe des pins, mais je ne le fais pas ! L'exploitation (agricole), il faut qu'elle soit faite*

comme il faut. Il s'agit pas de dire qu'on veut tout faire, et faire tout à moitié, sinon on se retrouve vite en culotte courte ! (un sarthois de 50 ans dont la belle-mère a 7ha de pins). De plus, souvent ils ne s'en sentent pas "capables" et en général on ne le leur demande pas : "Je ne parle pas de la gestion des bois avec mes fils". Pour tous, la forêt est naturellement "l'affaire" de leur père, reconnu détenteur d'un certain savoir et estimé mieux "prédisposé" à s'occuper du bien familial. Mais, si la gestion, l'entretien, le travail régulier au bois sont reconnus comme étant le domaine du père, le fils fait en général le bois de chauffage avec ou sans son père : "Les bois, ils appartiennent à mon père et à mon grand-père, et il n'y a pas que moi pour la succession. Ils ont 9ha de pins et taillis et 2 de peupliers, mais ils ne font pas trop d'entretien ; pourtant ça fait partie de notre cadre de vie d'entretenir les bois ! On discute des fois ; moi, je dis ce que j'en pense, mais c'est eux qui sont propriétaires ! Moi, je fais le bois de chauffage" (un sarthois de 44 ans). Cette période des coupes est le moment où l'on apprend à connaître les limites de parcelles, à débroussailler, etc. : c'est le temps de l'apprentissage empirique "sur le tas" de la gestion et du travail forestiers : "Mon fils ça l'intéresse. Il vient avec moi. Il sait couper un arbre comme moi, la tronçonneuse, ébrancher, faire ce qu'il y a à faire. Le plus souvent, j'y vais en passe-temps, tout seul, je vais repérer, et puis après, des fois il vient avec moi faire ça ou ça. Il a pas toujours le temps, mais quand il a le temps, quand on fait le chauffage, il vient. Il apprend comme ça quoi" (un jurassien de 54 ans).

Parce que les connaissances forestières de l'un et de l'autre sont empiriques, le fils admet que son père soit son maître d'apprentissage en la matière et lui reconnaît un savoir et des connaissances qu'il lui récuse dans le domaine agricole. Dans le domaine forestier, le père est reconnu comme détenteur d'un savoir, fruit d'une longue expérience acquise au cours de toute une vie. En forêt, l'expérience est d'or et la patience est essentielle pour bien gérer et bien travailler : "Avec le bois, il faut savoir attendre, on n'en tire pas profit tout de suite. Et puis, on apprend pas du jour au lendemain". Pour les fils, jeunes agriculteurs, la forêt est donc l'espace paternel, par défaut ; le père est considéré comme le spécialiste de la forêt : "c'est lui qui sait".

Comme on estime que "la forêt, c'est pour les anciens", l'agriculteur se prépare à devenir, l'âge avançant, propriétaire et/ou gestionnaire de forêts : "A l'avenir, je serais peut-être acquéreur de bois, pour le plaisir. J'en parle avec ma femme : oh !, pas grand chose, mais si on trouve 1, 2 ou 3 hectares ! On est arrivé à un âge où il y a moins d'investissements agricoles à faire, aussi je souhaiterais aller vers plus d'activités forestières, même si je sais qu'il n'y a aucune rentabilité à en espérer : ça serait pour nos enfants ! " (un sarthois de 44 ans). "Je ne suis jamais allé à une réunion forestière. A la retraite, j'aurai un travail forestier

plus soutenu. Si j'avais le temps, je travaillerais au bois. Je ne le fais pas, mais je regarde comment avancent les travaux d'éclaircies et d'entretien faits par une entreprise pour le compte de ma mère dans le but de produire du bois d'œuvre" (un autre sarthois de 44 ans).

Son fils s'autonomisant et son propre père déclinant, l'agriculteur mûr délaisse progressivement l'agriculture pour se consacrer à la forêt.

"L'andropause agricole" coïncide avec la "puberté forestière"

Le tournant crucial apparaît quand l'exploitant atteint la cinquantaine : son père souvent ne peut plus du tout travailler en forêt, et son fils se met à prendre de plus en plus de place sur l'exploitation agricole. L'agriculteur, entre deux âges, commence donc en même temps à céder la place à son fils sur l'exploitation et à remplacer son père défaillant en forêt. D'un côté, il perd le pouvoir sur le patrimoine agricole, et de l'autre il accède à la gestion du patrimoine forestier. Cette double passation de rôle est fondamentale, car le quinquagénaire, *"même s'il lui reste à apprendre"*, devient le dépositaire de la connaissance forestière familiale, au moment où ses compétences agricoles sont remises en cause. A partir de ce moment, la forêt du grand-père, même si elle n'a pas été juridiquement transmise, va être gérée avec celle que son fils a parfois personnellement achetée.

D'une certaine façon, l' "andropause agricole" doit sans doute être moins bien vécue par l'agriculteur qui n'a pas la possibilité de gérer un patrimoine forestier familial que par celui qui l'a: *"Avant que mes fils ne se soient mis à l'agriculture, je passais peu de temps en forêt, je ne faisais que mon chauffage, c'est tout. Et en faisant mon chauffage, je choisissais quand même des arbres qui n'étaient pas de belle venue, qui n'avaient pas d'avenir. Maintenant, ça fait deux hivers que je consacre entièrement à la forêt. C'est un travail de forestier, mais c'est surtout du nettoyage. L'an dernier, j'ai du faire 8000F ; cette année, ça va faire un peu plus. L'argent n'est pas un but ; le but, c'est de nettoyer, même à perte. Moi je peux m'occuper des bois parce qu'on est suffisamment nombreux à la maison. La plupart, ils sont tout seuls, ils n'ont pas le temps. Surtout que les fermes se sont agrandies maintenant, et y'a plus assez de temps pour faire ça. De toute façon, je n'ai plus ma place sur l'exploitation. A deux, il s'en sortent bien. Si je gagnais ma vie à couper du bois, ça ne me déplairait pas. Mais, la finalité pour moi c'est de nettoyer : ce n'est pas désagréable, pour moi c'est une nécessité agréable"* (un margeridien de 55 ans).

Si le jeune s'intéresse à la forêt, il ne peut apprendre celle-ci qu'avec son père qui est généralement le seul détenteur d'un savoir forestier dans son environnement économique et

social²¹. De fait, le père et le fils travaillent souvent ensemble en forêt, surtout pour le bois de chauffage ; mais alors la prééminence est claire : contrairement à l'agriculture, le fils est ici celui qui vient aider, rendre service, et s'il le veut apprendre. C'est alors pour le père le moment privilégié de transmission, non seulement d'un savoir, mais également d'un rôle vis-à-vis du patrimoine familial.

L'extrait de dialogue suivant, entre un agriculteur jurassien de 32 ans et son père retraité de 73 ans, résume bien la répartition des rôles agricole et forestier.

Le fils : *"Moi, la forêt, c'est pas tellement mon truc, c'est plutôt mon père. Moi, c'est l'agriculture".*

Le père : *"Il y a 30 ans, j'aurais dit pareil parce que c'était pas mon activité première, mais à partir du moment où j'ai été moins pressé dans ma ferme, je m'en suis occupé. Je savais bien que pendant des années, il y avait du débroussaillage que je n'avais pas le temps de faire. On peut pas tout faire et on fait ce qui est. On fait d'abord sa profession. Je me disais toujours que quand je serais en retraite, j'aurais davantage de temps pour aller figoler, le débroussaillage, même de transplanter. Je transplante des vides : il y a toujours des vides à transplanter. J'aurais souhaité le faire il y a 30 ans, mais j'avais pas le temps. Les hivers sont longs ici : on a pas la possibilité de faire du travail en forêt l'hiver. Maintenant, j'ai le temps, ça occupe. Et vous savez, mon père, c'était pareil. Il a attendu la retraite, comme moi".*

Le fils : *"Avec mon père, vous avez à faire à un spécialiste alors que moi, je pourrais pas vous dire grand chose sur la partie forêt. Moi, je suis agricole. J'y vais déjà moins, et puis, si vous voulez, j'ai ce que je sais de mon père, mais j'ai pas 50 années de pratique derrière moi. J'apprends doucement, enfin quand j'ai le temps. Moi, c'est pas que ça m'intéresse pas ; ça m'intéresse, mais bon ! Par exemple, le métier de bûcheron, je pense que je serais pas fait pour ça. Par contre, avoir un petit coin de forêt à bichonner... Il faut vraiment être passionné et puis y être souvent dans une forêt pour vraiment savoir en parler. Lui, il sait. Si vous voulez, c'est difficile d'être bon là, et d'être à la fois avec son métier principal, les vaches. Nous, c'est avant tout la production de lait, c'est ce qui nous fait gagner notre vie. Et puis d'arriver à se passionner de plein de choses à la fois ! Il y a des gens qui arrivent à être bons partout, mais tout en même temps ! Toi, tu n'as jamais été autant dedans que depuis que tu es en retraite".*

Le père : *"C'est ce que je disais. On a une profession et la première des choses c'est de s'en occuper".*

²¹ La plupart des conseillers agricoles disent ne rien connaître du patrimoine boisé familial des agriculteurs qu'ils suivent.

Le fils : *"Le bois, ça passe après. Moi, ça me plaît, mais c'est peut-être ça, chaque chose en son temps. Et puis bon, moi, j'y vais quand même avec le père et il me montre ; et c'est comme ça qu'on apprend quoi, mais doucement"*.

La forêt s'inscrit donc dans une temporalité de transmission différente de celle du métier et du patrimoine agricoles. L'exploitation agricole est un espace professionnel où s'exerce une opposition entre le père et le fils qui a pour enjeu le pouvoir. Alors que pour le fils, le père peut être perçu comme un passéiste sur le plan agricole, il est *"celui qui sait"* sur le plan forestier. Si le fait d'avoir fait des études agricoles et donc d'avoir acquis des compétences extrafamiliales apporte au fils une légitimité technique professionnelle supérieure au père en agriculture, aucun savoir extra-empirique sylvicole n'interfère dans l'interaction père-fils dans les bois. La forêt est l'espace de la vie familiale où le fils reconnaît une place légitime à son père, comme le dit cet agriculteur sarthois de 35ans : *"Pour les bois, il faut que vous alliez voir mon père qui a 15 ha de pins. Il est à la retraite, mais il est encore propriétaire de la SAU que je lui loue et des bois dont il s'occupe. Je n'ai pas le temps d'entretenir les bois avec lui ; on n'en discute pas non plus entre nous. Aujourd'hui, il est en train de travailler dans une "sapinière", et moi je suis sur l'exploitation ! Jusqu'à 40-45 ans, je vais plutôt acheter des terres agricoles ; à partir de 50 ans, là je pourrai commencer à penser à autre chose. Les bois, je pense que ça sera pour mes vieux jours. On est attaché aux bois familiaux, on veut essayer d'en faire profiter ses enfants ; souvent, on a ça par partage, après ça coule de source. Aujourd'hui, je ne suis pas acquéreur de bois : je préfère investir dans l'outillage et racheter à mon père tous les bâtiments productifs, les vergers et le matériel"*.

La forêt est donc l'espace de reconnaissance des compétences du père par le fils : un territoire que le plus jeune devra apprendre de son aîné à domestiquer, à apprivoiser pour pouvoir un jour y trouver sa place. Cet espace non conflictuel de valorisation du père²² est ainsi l' "à côté" marqué par l'empreinte des générations qui se succèdent. C'est l'espace d'un savoir empirique "paysan" que l'on apprend au fil du temps de père en fils, contrairement au savoir agricole maintenant institutionnalisé et normalisé. La "forêt paysanne" est donc le dernier espace potentiel de liberté des paysans devenus exploitants agricoles qui s'y consacrent vraiment lorsque leurs fils leur ont succédé.

²² Néanmoins, la forêt peut devenir un espace conflictuel entre le père et le fils, si celui-ci manifeste du désintérêt pour ce patrimoine familial que le père met un point d'honneur à préserver. Si le fils agriculteur se retrouve seul à être susceptible d'hériter de la forêt bien qu'il ne le souhaite pas, il est alors soumis à une telle pression familiale qu'il est en général contraint à admettre qu'il ne peut *"dilapider"* ce bien familial symbolique, même s'il n'a pour lui aucun intérêt économique.

Dans pratiquement toutes nos régions, de la cessation d'activité à la transmission finale *post-mortem*, les agriculteurs gardent donc leurs surfaces boisées à leur nom, même si leur fils successeur peut s'y servir en bois²³. De fait, l'agriculteur ayant des bois devient socialement à sa retraite propriétaire forestier, voire sylviculteur.

La transmission finale de la forêt : une hétérogénéité de modèles

Globalement, la transmission du capital forestier obéit donc à une logique patrimoniale différente de celle des biens agricoles. La transmission complète de l'exploitation agricole se faisant au moment de la retraite des parents s'inscrit dans un temps social ; la forêt étant gérée par le père "*jusqu'au bout*", sa transmission se fait après son décès ou lorsqu'il ne peut plus physiquement aller y travailler, et s'inscrit donc plutôt dans un temps "biologique". De plus, comme souvent une grande partie des bois du couple appartient à l'épouse, il faut souvent attendre le décès de celle-ci pour qu'il y ait transmission complète du patrimoine boisé familial.

La forêt est souvent l'objet de négociations et d'échanges lors du partage final des biens familiaux. Au delà du souci d'une transmission égalitaire, on tente en général de ne pas disperser le bien forestier lorsqu'il est de petite taille : l'importance de la forêt détermine donc souvent les modalités de transmission du bien forestier aux enfants.

Trois types de circulation intergénérationnelle du bien familial boisé semblent exister :

* ***Le repreneur de l'exploitation agricole hérite seul des bois :***

C'est le cas lorsqu'évidemment le successeur agricole est enfant unique, lorsque la "forêt" est un pâturage boisé, ou lorsque le bien forestier est estimé trop petit pour être partagé entre des collatéraux trop nombreux.

Un exploitant de 50 ans a hérité des 5ha de pâturages boisés que son père avait en partie replantés : "*Moi j'ai tout gardé, la forêt aussi parce que c'était de l'ancien pâturage que mon père avait replanté et il y a une partie qu'il a laissé s'emplanter toute seule à cause de la guerre. Et donc, moi j'ai repris ça comme j'avais la ferme et ma sœur elle en voulait pas de toute façon. Alors on s'est arrangé comme ça*".

Un agriculteur de 34 ans ayant repris l'exploitation parentale a hérité 10 ans plus tard des 1,3ha de bois parentaux : "*On a fait les partages, et comme je suis agriculteur, j'en voulais point de la forêt. Mais mes frères et sœurs n'en ont pas voulu non plus. Alors comme je suis*

²³ En Margeride où il y a une assez forte imbrication des pâturages, des pâturages boisés, et des pinèdes, la séparation sociale de l'agriculture et de la forêt semble moins nette qu'ailleurs.

sur place. Bon de toute façon, c'est petit, alors vous voyez bien, s'il fallait encore y partager entre 5".

*** Tous les collatéraux héritent de bois :**

C'est le cas lorsque le bien boisé parental est de surface importante : le partage égalitaire se fait en fonction de la valeur des bois et non de leur surface.

Un agriculteur de 55 ans, aujourd'hui sans successeur, avait hérité de 3ha de forêts et de 2ha de prés-bois pâturés, tandis que ses 5 sœurs héritaient aussi d'une partie des bois paternels. *"On a fait les partages. Il y en avait pour tout le monde, alors on a fait comme ça, chacun sa part de bois. Sinon, moi, j'ai eu aussi la ferme, avec les près"*.

Un agriculteur de 64 ans, dont le père avait 25ha et la mère 35ha de bois, plus 10ha d'accrus boisés, a hérité de 10 ha de forêts de son père, tandis que ses frères héritaient du reste des bois du père et ses sœurs de ceux de la mère.

*** Seuls certains collatéraux sont héritiers de forêt :**

C'est le cas lorsque le bien parental est de taille moyenne (environ 5 ha), le partage étant alors le résultat de négociations entre les nombreux enfants.

Un agriculteur de 69 ans a hérité de son père de 1,6ha de bois ; sur les 10 enfants, les 4 garçons et une fille agricultrice se sont partagés la forêt paternelle, tandis qu'une autre fille a hérité des bois de sa mère.

Un retraité de 73 ans raconte que ses sœurs et un de ses frères n'étant pas intéressés par la forêt, son père légua 1ha de bois à lui et 2ha à son frère cadet : *"Moi j'avais déjà eu la ferme, alors c'était normal qu'il ait un peu plus que moi"*.

La "forêt paysanne" est donc un patrimoine, soumis aux négociations entre collatéraux et parents, en fonction des envies, des désirs de chacun, dont la dévolution varie selon les situations familiales et les traditions régionales. La répartition géographique des familles d'exploitants de notre échantillon entre ces trois types correspond au clivage classique sur la transmission patrimoniale, opposant le nord-ouest au grand-sud. Dans deux des régions étudiées, un modèle culturellement déterminé est la règle.

Dans le Maine Blanc, la transmission des parcelles boisées apparaît globalement égalitaire. Un père de 75ans : *"J'ai 3 enfants, je partagerai tout à parts égales, les terres agricoles et les terrains boisés. Moi et mon père étions fils unique, ça explique pourquoi j'ai 50 ha de bois morcelés, pins, châtaigniers et peupliers"*. Son fils de 45ans : *"Si Dieu me prête vie, je serai peut-être héritier de bois. Si ça se passait maintenant, je ne sais pas si je m'en occuperais ; si c'est plus tard, je ferais peut-être ça pour le plaisir"*. Si les peupleraies et les

pinèdes sont systématiquement partagés également, les taillis de châtaigniers, du fait de leur utilité agricole pour la production de piquets, semblent suivre la SAU.

A l'opposé, en Comminges et en Margeride, les parcelles boisées semblent suivre systématiquement la SAU : *"La forêt, c'est jamais séparé"*, sauf lorsqu'il s'agit de très grosses surfaces boisées. L'exploitation agricole occitane paraît former un couple indissociable avec ses parcelles boisées. Le repreneur se doit de gérer durablement le patrimoine boisé pour être le digne successeur de son père : *"Les bois sont partis avec l'exploitation parce qu'il savait que je les garderais ; il savait que je n'allais pas couper les bois, les arracher"*. Il est difficilement concevable ici d'avoir une exploitation agricole sans bois : *"Pour moi, transmettre l'exploitation et les bois, c'est la même chose; ça n'a jamais été dissocié, dans le Comminges ; chaque exploitation agricole avait sa parcelle de bois, ça sert de matière première et c'est un peu les racines"*.

Entre ces deux extrêmes, la transmission dépend plus des situations familiales que d'un modèle régional. Dans le Haut Jura par exemple, 45% des familles relèvent de la transmission préférentielle, et 41% de la transmission égalitaire. La taille du patrimoine boisé semble toujours déterminante, même si la règle d'égalité semble prévaloir, sans qu'il y ait apparemment beaucoup de différenciation selon le sexe.

Au-delà de la diversité des modalités de partage, il semble que, dans toutes les régions, tous les repreneurs d'exploitations héritent de fragments de forêt lorsqu'il y en a : un père agriculteur, ayant des bois ne transmet pas à son successeur une exploitation sans bois, et ce d'autant qu'il estime souvent que ce repreneur est le plus apte de ses enfants à continuer son "œuvre forestière". La diminution de la "forêt paysanne" ne correspond donc apparemment pas à la création d'exploitations agricoles sans bois.

Quand un agriculteur prend sa retraite en louant sa SAU à quelqu'un qui n'est pas de sa famille, il garde systématiquement ses bois : *"Les bois, je les garde, je garderai les bois jusqu'au partage, parce que ça ne peut pas se donner en ferme"*, dit un agriculteur du Comminges. Dans les GAEC, chacun des membres gère ses bois en famille indépendamment de ceux de son associé ; dans un GAEC père-fils, c'est le père qui s'occupe de l'atelier forêt. Lorsqu'une femme est chef d'exploitation et que son mari travaille à l'extérieur, c'est ce dernier qui gère les bois du couple. La "forêt paysanne" aujourd'hui reste donc en général paysanne, mais ne fait plus juridiquement et socialement partie de l'exploitation agricole.

CONCLUSION

S'il y a eu beaucoup de travaux sur la *"forêt paysanne"* fondés sur des analyses statistiques ou sur des monographies régionales, c'est à notre connaissance la première fois qu'une recherche sociologique qualitative sur le sujet est menée de front en plusieurs régions avec la même méthodologie et la même problématique. Nous pouvons déjà en tirer trois enseignements.

Pour comprendre la *"forêt paysanne"*, il faut s'intéresser non seulement à l'exploitation agricole et au ménage agricole²⁴, mais surtout à la famille agricole élargie qui n'est malheureusement pas une catégorie statistique. Ne suivant en général pas la SAU lors de la transmission de l'unité de production agricole, le patrimoine boisé familial appartient pendant une assez longue période à un ancien agriculteur qui n'est plus considéré comme tel par les statistiques. La *"forêt paysanne"* prend donc des formes variées selon les périodes du cycle familial²⁵.

Le gestionnaire principal de la *"forêt paysanne"* est un homme de plus de 50 ans, agriculteur actif ou retraité : l'exploitant agricole devient propriétaire-forestier, plus ou moins sylviculteur, lorsqu'il commence à désinvestir l'exploitation agricole, et surtout lorsqu'il n'est plus agriculteur. La forêt, c'est l'affaire du père.

Le processus de dissociation de l'agriculture et de la forêt qui est manifeste depuis longtemps dans l'espace rural²⁶ a atteint maintenant l'exploitation agricole elle-même : le jeune agriculteur se professionnalisant se spécialise dans certaines productions animales et végétales, tandis que le père retraité s'occupe de l'atelier de production forestier dans un processus d'autonomisation des tâches. La dissociation de l'agriculture et de la forêt semble maintenant autant spatiale que sociale.

Le patrimoine boisé familial agricole ne fait donc en général plus partie de l'exploitation agricole.

²⁴ A l'avenir, il était intéressant de mieux étudier séparément, au sein des couples d'agriculteurs l'histoire des bois provenant de l'héritage personnel de chacun des époux.

²⁵ S. Le Floch qui a travaillé, dans le cadre de l'AIP, sur cette problématique, confirme nos résultats, pour deux communes du Tarn-et-Garonne. Elle considère ainsi que les bois des agriculteurs sont avant tout une affaire de famille : *"la propriété boisée est dans la famille depuis longtemps, variant au gré des mariages et des successions, et (ses) produits sont récoltés et distribués en famille ; secondairement, ces bois de famille entrent ou sortent de l'exploitation agricole, en fonction là encore des mariages, des départs à la retraite, etc. (...) Comprendre les bois des agriculteurs suppose de prendre en compte, non seulement des éléments de contexte liés à l'exploitation agricole, mais aussi et surtout la situation et la trajectoire de la famille agricole élargie"* (Le Floch, 1999, pp. 22-23).

²⁶ Cf. Larrère R., Nougarede O., 1990, et Nougarede O., 1995.

TRAVAUX REALISES DANS LE CADRE DE CETTE RECHERCHE :

- AUDIGAY F., (SAUGET N., ZELEM M.-C. Dir.), 1998. *Statut de la forêt paysanne lors de la transmission en milieu rural - Analyse des pratiques et des représentations sylvicoles d'agriculteurs propriétaires forestiers de la vallée de la Nère*. Uer de Sociologie de Toulouse Le Mirail, INRA-SAD, Toulouse.
- CARDON P., (NOUGARÈDE O. Dir.), 1997. *Les agriculteurs et la forêt dans l'est montagneux de la Franche-Comté - Analyse des pratiques et des représentations sylvicoles et sylvestres d'exploitants agricoles du Haut Doubs et du Haut Jura*. INRA-STEPE, DRAC de Franche Comté, Ivry, 127p.
- CARDON P., 1999. Un capital dormant - La transmission patrimoniale de la forêt paysanne en Franche-Comté. *Terrain*, 32, 143-154.
- LEGER C., (CHASSANY J.-P., NOUGARÈDE O. Dir.), 1997. *La diversité des modes d'utilisation de la forêt dans des exploitations agricoles de Margeride-Est - Analyse des pratiques et des représentations sylvicoles et sylvestres d'exploitants agricoles des cantons de Châteauneuf-de-Randon et de Grandrieu*. INRA ESR, Montpellier, 152p.
- PETREQUIN R., (NOUGARÈDE O., BRUN J.-J. Dir.), 1999. *Les agriculteurs et la forêt dans les Alpes du nord - Analyse des pratiques et des représentations sylvicoles et sylvestres d'exploitants agricoles de Haute Maurienne et du Valbonnais*. INRA-STEPE, Ivry, CEMAGREF, Grenoble.
- PRÉPOINT L., (NOUGARÈDE O. Dir.), 1996. *Les agriculteurs et la forêt dans l'ouest de la Côte d'Or - Analyse des pratiques et des représentations sylvicoles et sylvestres des exploitants agricoles de l'Auxois et du Chatillonnais*. INRA-STEPE, Ivry, ENESAD, Dijon, 127p.
- RUFFIER F., (NOUGARÈDE O. Dir.), 1998. *Les agriculteurs et la forêt dans le sud de la Sarthe - Analyse des pratiques et des représentations sylvicoles et sylvestres d'exploitants agricoles du Maine Blanc*. INRA-STEPE, Ivry, 85p.

AUTRES REFERENCES :

- ANONYME, 1980. Enquête sur les activités sylvicoles des exploitants agricoles. *Stat. Coll. Agr. Etud.* 181, 69p.
- BALENT G. (Ed.), 1996. La forêt paysanne dans l'espace rural. Biodiversité, paysages, produits. *Ét. Rech. Syst. Agraires. Dév.*, 29, 268p.
- CAVAILHES J., NORMANDIN D., 1993. Déprise agricole et boisement : état des lieux, enjeux et perspectives dans le cadre de la PAC. *Rev. For. Fr.* XLV-4, 465-482.
- CINOTTI B., 1992. Les agriculteurs et leurs forêts. *Rev. For. Fr.* XLIV-4, 356-364.
- CINOTTI B., 1993. Les agriculteurs délaissent leurs forêts. *Forêts de France*, 365, 22-25.
- DÉRIOZ P., 1990. La place de la forêt au sein des exploitations agricoles en moyenne montagne ardéchoise. *Forêt méditerranéenne*, XII-4, 580-582.
- DOUBERET J., 1995. Mieux connaître les propriétaires forestiers pour mieux les aider, *Forêt Entreprise*. 101, 10-12.
- HUBERT M., 1995. Quel avenir pour les petites propriétés boisées à peuplements diversifiés, *Forêt Entreprise*. 103, 11-13.
- JOINET H., 1996. *La transmission des savoir-faire en forêt privée*. E.N.S., Fontenay, I.D.F., Paris, 79p.
- LARRÈRE R., NOUGARÈDE O., 1990. La forêt dans l'histoire des systèmes agraires : de la dissociation à la réinsertion. *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, 15-16, 11-38.
- LE FLOCH S., 1999. *Bois et peupleraies des agriculteurs : spécificités des pratiques et des représentations associées à deux types de "forêt paysanne" traditionnelle*. Cemagref, Nogent, 51p.
- LEVEQUE F., 1984. *La culture des bois des agriculteurs : le cas de la Dordogne*. Thèse doc. ing., INA, Paris-Grignon, 402p.
- LEVEQUE F., 1984. Les bois paysans en Dordogne. *Rev. For. Fr.*, XXXVI-6, 485-496.
- MADEC J.-M., 1980. La forêt le bois dans l'exploitation agricole. *Bull. Tech. Inf.*, 347-348, 185-193.
- MARTINEL P., 1995. La forêt des agriculteurs. *Forêts de France*, 388, 9-13.
- MARTY P., 1998. *Forêts et sociétés. Appropriation et production de l'espace forestier. Les logiques d'action des propriétaires privés. L'exemple de la moyenne montagne rouergate*. Thèse doc. univ., Univ. Paris I, 409P.
- NORMANDIN D., 1995. Relations actuelles agriculture-forêt en France : bilan statistique et socio-économique. In: Actes du colloque *Agriculteurs, agricultures et forêts*. CEMAGREF, Antony, p. 19-31.
- NORMANDIN D., 1996. La forêt paysanne en France : état des lieux et perspectives d'évolution. In: BALENT G. (Ed.): *La forêt paysanne dans l'espace rural. Biodiversité, paysages, produits*. Ét. Rech. Syst. Agraires. Dév., 29, p.195-211.
- NOUGARÈDE O., 1995. Processus historique de dissociation de l'agriculture et de la forêt. In: Actes du colloque *Agriculteurs, agricultures et forêts*. CEMAGREF, Antony, p. 11-18.
- NOUGARÈDE O., 1995. Paysans et forestiers - Comment paysans et forestiers se perçurent mutuellement comme dendroclastes et agrophages, in *La forêt, les savoirs et le citoyen. Regards croisés sur les acteurs, les pratiques et les représentations*. Éditions ANCR, p. 273-282.

Biodiversité comparée des peupleraies matures de la ripisylve garonnaise et des taillis sous futaie de chêne environnants

G. BALENT¹, J. JOACHIM².

¹ INRA-SAD Toulouse
BP27, F-31326 Castanet-Tolosan cedex, France

² INRA-IRGM Toulouse
BP27, F-31326 Castanet-Tolosan cedex, France

RESUME

Nous comparons la biodiversité de trois peupleraies de la vallée de la Garonne, situées au nord de Toulouse, à celle des taillis de chêne environnants. Nous utilisons les communautés d'oiseaux nicheurs comme descripteurs écologiques de la biodiversité. La richesse spécifique par point d'écoute est inférieure dans les peupleraies, mais cette différence n'est pas significative. Les peupleraies non entretenues ont une richesse spécifique largement supérieure aux peupleraies entretenues. Cette richesse est même supérieure à celle des taillis de chêne. L'ambiance écologique globale des peupleraies est assimilable à une lisière, c'est-à-dire un milieu riche en espèces ubiquistes et banales. La diversité intra peupleraie est beaucoup plus forte que celle inter peupleraies en raison de l'effet mosaïque. Nous terminons en discutant les différentes pistes de recherche susceptibles de prolonger ce travail au niveau de l'écologie du paysage

ABSTRACT

We compare the biodiversity of three poplar plantations located in the Garonne river valley to oak coppice of the same area. We use breeding bird communities to describe biodiversity. Species richness is lower in poplar plantation compare to oak coppice forest, but the difference is not statistically significant. The main difference in species richness is in intensity of plantation management. The more intensive is management lower is the species richness. Unmanaged poplar plantations present greater species richness than oak coppice forests. Overall ecological characteristics of poplar plantations are close the forest edges i.e.

an habitat with many ubiquitous and common species. Intra plantation variation of biodiversity is greater than inter variation due to mosaic effects. We discuss the future of possible investigations on poplar plantation biodiversity including landscape patterns.

INTRODUCTION

Dans les dernières années plusieurs publications sur l'intérêt écologique et paysager des peupleraies (Le Floch, Terrasson, 1995; Le Floch, 1996) ont provoqué des débats contradictoires (Lefeuvre, 1995; Lecomte, 1997). Un des points souvent mis en avant dans ces discussions concernait l'absence de références biologiques sérieuses sur la valeur biologique de ces formations fortement anthropisées, que ce soit par le caractère intensif de leur culture ou par le matériel biologique utilisé.

Dans le cadre de l'AIP Agrifor (INRA-CEMAGREF), une étude a été mise en place sur les peupleraies de la vallée de la Garonne avec pour objectif de comparer les résultats d'une lecture écologique et d'une lecture sociologique de la qualité de ces formations forestières. Sur les mêmes massifs choisis conjointement par les sociologues et les écologues, des enquêtes sociologiques et des relevés écologiques ont été effectués. Les résultats des enquêtes sociologiques sont publiés dans ce volume. Les relevés écologiques concernaient la végétation et la composition avifaunistique. Dans cette note nous ne présentons et discutons que les résultats des relevés avifaunistiques.

Le problème majeur qui se pose à l'écologie dès qu'il s'agit d'analyser la biodiversité d'un milieu, est celui du choix d'un état de référence avec lequel comparer les résultats biologiques obtenus (Balent, 1994). Compte tenu de la teneur des débats concernant les peupleraies, on ne pouvait se contenter de comparer des parcelles d'âge, de taille ou de gestion différente. Cela n'aurait pas répondu à la question de leur valeur biologique propre comparée à des formations forestières matures considérées comme plus naturelles. C'est pour cela que nous avons choisi de n'étudier que des parcelles de peupliers adultes. Cela excluait également de comparer des peupleraies à des cultures. Nous avons en effet considéré que, par la durée de leur installation dans le paysage, par les structures végétales produites, les peupleraies étaient des formations forestières ou agroforestières, et que par conséquent la comparaison avec les cultures agricoles ne se justifiait pas, sauf à vouloir montrer a priori la supériorité des peupleraies sur des cultures annuelles. Il fallait donc comparer les peupleraies à des formations boisées de la région d'étude pour se trouver dans des conditions

biogéographiques équivalentes. Ce point était particulièrement important connaissant les particularités biogéographiques du Sud-Ouest (Balent et al., 1988).

Afin de contourner ces difficultés, classiques en écologie (Harper, 1982 ; Baker, 1989), nous avons choisi d'utiliser en complément à des analyses descriptives classiques, le modèle de relation avifaune/paysage établi dans la même zone biogéographique par Balent & Courtiade (1992). Ce modèle repose sur un échantillon exhaustif des types de paysages non perturbés que l'on rencontre dans la région. Il a une validité régionale et il permet de situer n'importe quelle maille de paysage de 250m de côté le long de plusieurs gradients écologiques. Il est ainsi possible de caractériser l'ambiance écologique des peupleraies étudiées par rapport à celle de l'ensemble des paysages existant de la région et de mieux cerner leur spécificité écologique, ce qui est un enjeu majeur des débats actuels.

MATERIEL ET METHODES

La zone d'étude, l'échantillonnage et les relevés

Les points d'écoute ont été localisés dans trois peupleraies du nord de Toulouse Finhan, Mas-Grenier et Escatalens. Ces peupleraies ont été choisies en commun pour leurs caractéristiques historiques, écologiques, sociologiques qui en faisaient des terrains de choix pour mener simultanément des études écologiques sur leur biodiversité et des études sociologiques sur leur fréquentation. Les peupleraies de Finhan et du Mas-Grenier sont décrites en détail dans ce volume dans l'article de Sophie Le Floch et al. La peupleraie d'Escatalens a été retenue car elle était plus éloignée du lit de la Garonne que les deux autres, et parce que, en raison de sa proximité avec un bois de feuillus, elle permettait d'établir des comparaisons pour la partie botanique.

Les parcelles où avaient été effectués les relevés botaniques (Karasinski, 1997) ont été visitées à nouveau pour les relevés ornithologiques. 23 points d'écoutes ont ainsi été effectués au début du mois de juin 1997 au moment où tous les oiseaux migrateurs sont en période de nidification. Les relevés ont été réalisés entre 6 heures et 10 heures 30 du matin pendant la période d'émission vocale maximale des oiseaux. Le rayon des points d'écoute des oiseaux a été volontairement limité à 100m. Cela permet d'associer étroitement l'avifaune à la structure de la végétation forestière observée aux alentours immédiats du point d'écoute en éliminant les espèces contactées hors du rayon d'écoute. Cette structure de la végétation environnante est décrite à partir de la stratification verticale de la végétation mesurée par le pourcentage

d'encombrement végétal des strates 0-25cm, 25-50cm, 50cm-1m, 1-2m, 2-4m, 4-8m, 8-16m, 16-32m, >32m (Prodon & Lebreton, 1981).

Le modèle de référence

Pour les raisons évoquées dans l'introduction, nous avons décidé de comparer la composition avifaunistique des peupleraies étudiées à un gradient de paysage complet allant de paysages entièrement forestiers à des zones cultivées complètement dépourvues d'arbres. Ce modèle a été établi à partir de l'ordination de 234 points d'écoutes de 100m de rayon représentant la diversité des paysages des Coteaux du sud-ouest, par une Analyse Factorielle des Correspondances (Balent & Courtiade, 1992). Les trois premiers facteurs de l'AFC constituent trois gradients écologiques. Le premier est un gradient d'ouverture du milieu le long duquel les paysages et les oiseaux s'ordonnent depuis les milieux les plus forestiers jusqu'aux milieux les plus cultivés. Le deuxième est un gradient de complexité des paysages le long duquel les paysages et les oiseaux s'ordonnent en fonction des valeurs croissantes de l'indice de diversité de Baudry-Burel (1982). Le troisième est un gradient d'enfrichement le long duquel paysages et oiseaux s'ordonnent en fonction du taux d'enfrichement des paysages.

Nous disposons ainsi de la préférence écologique de toutes les espèces d'oiseaux rencontrées dans la région pour chacun des trois gradients évoqués, mesurée par leur abscisse le long de ces gradients. Nous connaissons aussi pour chaque espèce le profil moyen de son habitat dans la région (% de bois, de prairies, de cultures, de friches, etc).

Pour situer les points d'écoute réalisés dans les peupleraies le long de ces gradients, il suffit de projeter leur composition avifaunistique dans le modèle issu de l'AFC en utilisant les formules de transition de l'AFC (Prodon & Lebreton, 1981 ; Chessel et al., 1982).

RESULTATS

Comparaison de la richesse spécifique entre les peupleraies et les taillis de chêne

Nous avons comparé la richesse spécifique dans l'ensemble des peupleraies étudiées et avec un échantillon de points d'écoute issus du modèle de référence pour lesquels le taux de boisement était supérieur à 80%, soit 43 points d'écoute (tabl. 1).

Tableau 1. Comparaison de la richesse en oiseaux entre peupleraies et taillis de chênes (Analyse de variance à un facteur).

<i>Variable dépendante</i>	<i>Effectifs</i>	<i>R multiple</i>	<i>R multiple carré</i>
Nombre d'espèces	66	0.190	0.036
<i>Modalité</i>	<i>Nombre d'Espèces</i>	<i>Ecart Type</i>	<i>Effectifs</i>
Taillis de Chênes	9.49	0.352	43
Peupleraies	8.56	0.481	23
<i>Analyse de variance</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>F-ratio</i>	<i>Probabilité</i>
Type de bois	12.77	2.401	0.126

Les résultats montrent que la différence entre les deux types de bois est très faiblement significative. Toutefois, il y a en moyenne une espèce de moins par point d'écoute dans les peupleraies.

Comparaison de la richesse spécifique des peupleraies entretenues et non entretenues

Pour cette analyse, nous avons comparé les points d'écoute pour lesquels aucune marque d'entretien récent n'était visible et ceux pour lesquels le sol était soit labouré, soit couvert par un tapis de graminées pâturé ou non, et les arbres élagués sur une grande hauteur. Nous avons effectué une analyse de variance à un facteur sur la variable nombre d'espèces pour les modalités entretenu versus non entretenu (tabl. 2).

Tableau 2. Comparaison de la richesse en oiseaux entre des peupleraies entretenues et non entretenues (Analyse de la variance à un facteur).

<i>Variable dépendante</i>	<i>Effectifs</i>	<i>R multiple</i>	<i>R multiple carré</i>
Nombre d'espèces	23	0.637	0.405
<i>Modalité</i>	<i>Nombre d'Espèces</i>	<i>Ecart Type</i>	<i>Effectifs</i>
Non entretenu	10.25	0.644	12
Entretenu	6.73	0.672	11
<i>Analyse de variance</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>F-ratio</i>	<i>Probabilité</i>
Entretien	71.22	14.322	0.001

Les résultats montrent un effet fortement significatif de l'entretien sur la richesse spécifique. La différence est particulièrement marquée puisque le nombre d'espèces moyen est de 10.25 dans les peupleraies non entretenues contre seulement 6.73 pour les peupleraies

entretenu. Elle est beaucoup plus forte qu'entre l'ensemble des peupleraies et les taillis de chêne de référence.

Espèces dominantes dans les peupleraies et les taillis de chênes

Si la richesse spécifique est un indicateur de la biodiversité simple et commode à calculer et interpréter, il ne permet pas des analyses très poussées car il ne prend pas en compte les caractéristiques propres des espèces. Des différences minimales de richesse entre deux milieux peuvent cacher des différences écologiques importantes si les espèces que l'on trouve dans ces deux milieux sont très différentes écologiquement.

Tableau 3.

Abondance des neuf espèces les plus abondantes des peupleraies et des taillis de chênes des Coteaux

Peupleraies (n=23)			Taillis de chênes (n=43)		
Espèces	IPF	ABD	Espèces	IPF	ABD
Fauvettes à tête noire	37%	3.8	Fauvette à tête noire	37%	4.4
Troglodyte mignon	36%	3.7	Rouge gorge	55%	3.2
Cornille noire	35%	2.0	Merle noir	38%	2.7
Loriot d'Europe	58%	1.7	Troglodyte mignon	36%	2.4
Rosignol philomèle	4%	1.4	Pouillot véloce	62%	2.2
Pouillot véloce	62%	1.4	Pinson des arbres	70%	2.1
Merle noir	38%	1.3	Mésange bleue	36%	1.8
Etourneau sansonnet	49%	0.9	Etourneau sansonnet	49%	1.6
Hypolaïs polyglotte	14%	0.8	Grive musicienne	75%	1.2
Moyennes	37%	1.9	Moyennes	51%	2.4

IPF = Indice de Préférence Forestière = % moyen de bois dans l'habitat des espèces dans les Coteaux du Sud-Ouest (d'après Balent, non publié) ; ABD = abondance moyenne de l'espèce dans les points d'écoute.

Les données présentées dans le tableau 3 montrent que les peupleraies abritent des espèces aux préférences forestières beaucoup moins marquées que les taillis de chênes (IPF moyen de 37% contre 51% pour les taillis). Les espèces aux préférences forestières marquées (IPF>50) sont beaucoup plus nombreuses et abondantes dans les taillis. Les peupleraies montrent une ambiance forestière beaucoup moins marquée que les taillis de chêne.

Ambiance écologique des peupleraies dans un gradient de paysage

De la projection des points d'écoute réalisée dans les peupleraies dans le modèle de gradient de paysage (Balent & Courtiade, 1992), nous pouvons déduire :

Qu'à l'échelle de l'ensemble des gradients de paysage, les peupleraies apparaissent comme des milieux homogènes et proches des formations boisées (fig. 1a) ;

Que comparée aux seules formations boisées, les peupleraies présentent une variabilité importante, et que beaucoup des taillis sous futaie de chênes présents dans les Coteaux de Gascogne présentent une ambiance forestière beaucoup plus marquée que les peupleraies (fig. 1b) ;

Que si on compare les peupleraies aux unités de paysage du modèle totalement boisées (100% de bois), il existe une différence importante entre les peupleraies et ces formations (fig. 1c) ;

Que si on étend cette comparaison aux paysages comportant au moins 10% de surface boisées (c'est à dire aux zones bocagères) les deux ellipses de dispersion des peupleraies et des paysages boisés se superposent fortement (fig. 1d) . Tout ce passe comme si les peupleraies étaient écologiquement plus proches des paysages bocagers que des paysages strictement forestiers ;

Que si on compare les trois massifs étudiés, les différences dans leur histoire et leur gestion ne sont pas perceptibles au niveau écologique (fig. 1e) ;

DISCUSSION

Lecomte (1997) cite, sans la nommer, une étude menée dans la vallée du Rhin qui montre que dans des peupleraies on trouve 7 oiseaux pour 10h alors que dans les boisements naturels environnants on en trouve 129. Nous sommes loin d'obtenir de telles différences dans la vallée de la Garonne entre les peupleraies et les taillis de chêne voisins. Par point d'écoute (surface d'écoute d'environ 4ha) on observe une différence de une espèce (9,5 contre 8,5) entre les taillis et les peupleraies. Les peupleraies apparaissent comme des milieux de transition entre les habitats à ambiance forestière forte (les taillis) et les zones de bocage. Elles sont assimilables à une sorte de lisière forestière car elles abritent plutôt des espèces banales, généralistes, aux exigences forestières peu marquées (Yahner, 1988; Fuller & Warren, 1991), si l'on excepte le Loriot (*Oriolus oriolus*) qui apparaît comme l'espèce emblématique des peupleraies de la Garonne. Les peupleraies étudiées sont peu ou pas pénétrées par les espèces typiques de la ripisylve garonnaise comme la bouscarle (*Cettia cetti*). Prises dans leur ensemble, elles ne peuvent pas être considérées comme un désert écologique.

Ceci dit, les différences les plus fortes se manifestent beaucoup plus au sein même des massifs de peupliers qu'entre les massifs. Ces différences peuvent être attribuées aux pratiques

d'entretien et se retrouvent pour la végétation (Karasinski, 1997; Laquerbe, 1998). Le nombre moyen d'espèce d'oiseaux par point d'écoute est supérieur à 10 dans les peupleraies non entretenues depuis plusieurs années présentant une strate buissonnante très fournie et des arbres non élagués, alors qu'il est inférieur à 7 dans les parcelles récemment entretenues (labourées ou pâturées c'est-à-dire sans strate buissonnante). Il peut tomber à 1 ou 2 espèces dans le cas de parcelles labourées et élaguées. Il faut noter que dans les parcelles non entretenues, la richesse par point est supérieure à celle des taillis de chêne, mais composée essentiellement d'espèces ubiquistes, ce qui confirme leur caractère de lisière écologique (Harris, 1988; Hansson & Angelstam, 1991).

Dans l'optique d'améliorer les fonctions environnementales des peupleraies en matière de biodiversité, il serait intéressant, suite à ce travail, de tester des itinéraires techniques favorables à l'avifaune, autrement dit maintenant des strates basses relativement fournies, à la fois en terme de performance écologique (nombre, diversité et nature des espèces hébergées) et en terme de niveau de production de bois permis par ces pratiques.

Ce travail présenté ici comporte plusieurs limites. Tout d'abord l'échantillonnage est relativement limité en raison de l'objectif initial (comparaison flore/oiseaux/représentations sociales). Si on peut penser que l'augmentation du nombre de points ne modifierait pas la vision globale de l'espace écologique occupé par les peupleraies dans le modèle de paysage utilisé (Figure 1a), elle permettrait de tester l'influence de plusieurs facteurs qui n'ont pas pu être pris en compte dans cette étude, et qui permettraient de préciser la variabilité intra et inter peupleraies.

Tout d'abord, il serait important de prendre en compte de manière plus précise la diversité des pratiques au niveau de la parcelle. Dans notre étude les pratiques se résument à deux modalités grossières, entretenu et non entretenu. Ce facteur s'est pourtant révélé le plus porteur de différences dans la biodiversité et il devrait être étudié de manière plus détaillée. Ceci dit, à pratiques égales, les facteurs liés à l'environnement des parcelles sont également importants. Comme nous l'avons montré dans notre travail, la diversité intra massif est beaucoup plus grande que la diversité inter massif. La mosaïque des parcelles au sein des massifs de peupliers (pratiques d'entretien différentes, âges différents) serait un facteur à étudier à travers le rôle des lisières internes (Forman, 1995) et des lisières externes avec les différents types d'occupation agricole du sol.

Au niveau du paysage le degré d'isolement d'une parcelle de peuplier, sa connexion éventuelle à d'autres parcelles de peupliers ou de bois de feuillus constituent autant de facteurs susceptibles de jouer sur la biodiversité. L'ensemble des peupleraies que nous avons étudiées, comme la plupart de celles de la vallée de la Garonne, sont situées dans la ripisylve garonnaise. Décamps et al. (1987) ont montré que la ripisylve constituait un couloir de circulation "sur fréquenté" par les oiseaux de la région. Dans ces conditions on ne peut pas exclure que la biodiversité des peupleraies étudiées soit globalement surestimée. Il conviendrait dans le futur de comparer, toutes choses égales par ailleurs, des peupleraies situées dans la ripisylve avec d'autres situées dans les petites vallées des coteaux. Enfin, les caractéristiques biogéographiques de la région (Balent et al., 1988) font que les oiseaux ne peuvent constituer qu'un indicateur relatif de la biodiversité et qu'il conviendrait de pouvoir disposer de références dans plusieurs autres régions (Godreau, 1999) pour mieux préciser l'écart réel de biodiversité existant entre les peupleraies et les boisements naturels.

REMERCIEMENTS

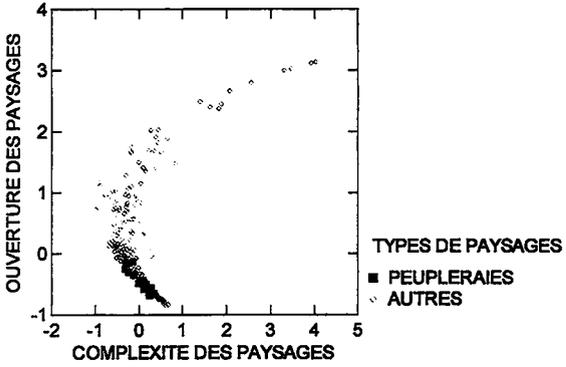
Les auteurs remercient Sophie Le Floch et Alain Valadon pour les nombreuses discussions sur la populiculture qui ont rendu ce travail possible. Ils remercient également le Comité Scientifique de l'AIP AGRIFOR (INRA-CEMAGREF) pour leur soutien financier à ces recherches.

REFERENCES

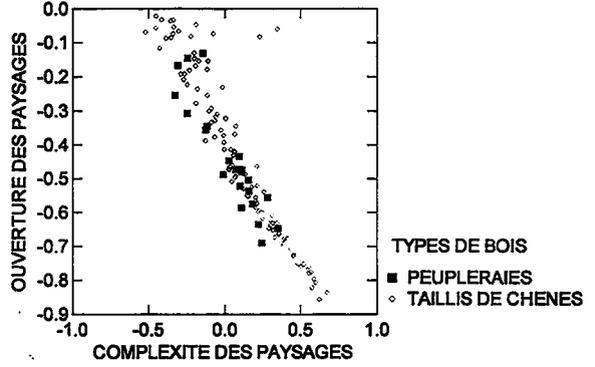
- BAKER W.L., 1989. A review of models of landscape change. *Landscape Ecology*, 2, 111-133.
- BALENT G., 1994. La qualité des systèmes écologiques: Le point de vue de l'écologie. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 28, 259-266.
- BALENT G., COURTIADÉ B., 1992. Modelling bird communities/landscape patterns relationships in a rural area of South-Western France. *Landscape Ecology*, 6, 195-211.
- BALENT G., GENARD M., LESCOURRET F., 1988. Analyse des patrons de répartition des oiseaux nicheurs en Midi-Pyrénées. *Acta Oecologica/Oecologia Generalis*, 9(3), 247-263.
- BAUDRY J., BAUDRY-BUREL F., 1982. La mesure de la diversité spatiale. Relations avec la diversité spécifique. Utilisation dans les évaluations d'impact. *Acta Oecologica/Oecologia Applicata*, 3(2), 177-190.
- CHESSÉL D., LEBRETON J.D., PRODON R., 1982. Mesures symétriques d'amplitude d'habitat et de diversité intra-échantillon dans un tableau espèces-relevés: Cas d'un gradient simple. *Compte Rendu Académie des Sciences France*, 295, 83-88.
- DÉCAMPS H., JOACHIM J., LAUGA J., 1987. The importance for birds of the riparian woodlands within the alluvial corridor of the river Garonne, S.W. France. *Regulated Rivers*, 1, 301-316.
- FORMAN R.T.T., 1995. *Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions*, Cambridge:Cambridge University Press. 632 pages.
- FULLER R.J., WARREN M.S., 1991. Conservation management in ancient and modern woodlands: responses of fauna to edges and rotations. In: *The scientific management of temperate communities for conservation*, edited by I. F. Spellerberg, F. B. Goldsmith, M. G. Morris, Oxford, Blackwell, 445-471.
- GODREAU V., 1999. *Impacts des changements d'occupation des sols et de la populiculture sur les peuplements aviens et floristiques en plaine alluviale. Exemple du Val de Saône inondable*. Thèse de l'Université de Bourgogne, Dijon.
- HARPER J.L., 1982. After description. In: *Plant community as a working mechanism*, edited by E. J. Newman, Oxford, Blackwell, 1-10.
- HANSSON L., ANGELSTAM P., 1991. Landscape ecology as a theoretical basis for nature conservation. *Landscape Ecology*, 5(4), 191-201.
- HARRIS L.D., 1988. Edge effects and conservation of biotic diversity. *Conservation Biology*, 2(4), 330-332.
- KARASINSKI C., 1997. *La diversité floristique sous les peupleraies : une approche en vallée de Garonne*. Mémoire de Fin d'Etude, ENSA Toulouse, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson, 25 pages + annexes.
- LAQUERBE M., 1998. *Dynamique des communautés végétales dans les sous-bois des peupleraies: effets des perturbations liées à l'entretien*. Thèse de l'Université Paul Sabatier - Toulouse III.
- LE FLOCH S., 1996. Impacts paysagers de la populiculture. *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, 29, 39-46.
- LE FLOCH S., TERRASSON D., 1995. Enjeux écologiques et sociaux autour d'un paysage rural: le développement de la populiculture dans les Basses Vallées Angevines. *Natures, Sciences, Sociétés*, 3(2), 129-143.
- LECOMTE J., 1997. Commentaires à l'article de S. Le Floch, "Impacts paysagers de la populiculture". *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, 30, 80-81.
- LEFEUVRE J.C., 1995. Commentaires à l'article de S. LeFloch et D. Terrasson, "Enjeux écologiques et sociaux autour d'un paysage rural". *Natures, Sciences, Sociétés*, 3(2), 144-148.
- PRODON R., LEBRETON J.D., 1981. Breeding avifauna of a Mediterranean succession : the Holm oak and cork oak series in the eastern Pyrenees. I, Analysis and modelling of the structure gradient. *Oikos*, 37(1), 21-38.
- YAHNER R.H., 1988. Changes in wildlife communities near edges. *Conservation Biology*, 2, 333-339.

Peupleraies dans le gradient de paysage

Peupleraies dans les paysages forestiers



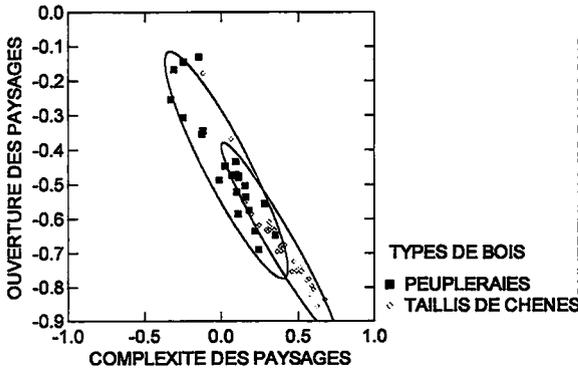
a



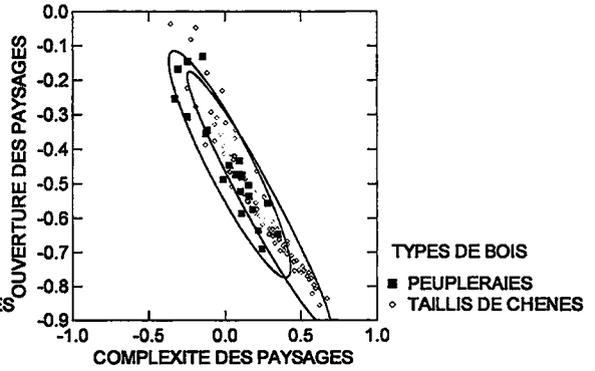
b

Peupleraies et paysages entièrement boisés

Peupleraies et paysages boisés à plus de 10%

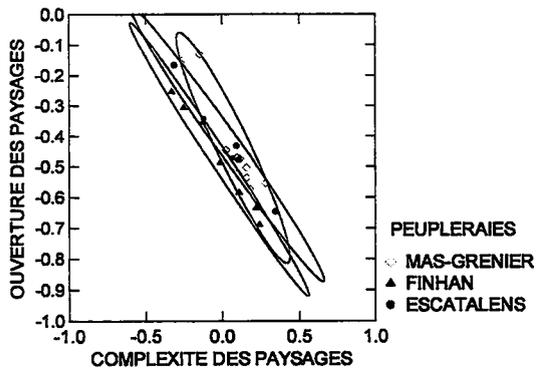


c



d

Diversité intra & inter massifs



e

Figure 1. Les peupleraies dans le modèle de gradients de paysage

- a. Les points d'écoute dans le modèle complet ;
- b. Les points d'écoute dans la partie forestière du modèle ;
- c. Peupleraies et paysages boisés à 100% ;
- d. Peupleraies et paysages boisés à 10% ;
- e. Dispersion des points d'écoute dans les trois peupleraies étudiées.

Les travaux restitués dans cet ouvrage s'inscrivent dans le cadre du programme de recherche AGRIFOR "Agriculteurs et Forêts", conduit par le Cemagref et l'INRA, avec le soutien du ministère de l'Agriculture et de la pêche. Les travaux ont été organisés en trois grands thèmes :

- production de références techniques et de bases de calculs économiques pour les cultures associées ;
 - systèmes agroforestiers, hydrologie et cycles biogéochimiques au sein des systèmes agraires ;
 - valorisation de la forêt paysanne existante.

L'ensemble de ces travaux met en jeu des acteurs variés et montre l'importance de ces problématiques dans l'organisation et la qualité du territoire, dans des domaines encore mal connus et souvent à la marge de la vie économique organisée.

ISBN 2-85362-529-X

Prix : 290 F TTC

(44,21 €)



9 782853 625296