

## MEMOIRE de FIN D'ETUDES

Présenté par **Christophe SIMON**, promotion FIF-2000.

# APPROCHE MULTI-AGENTS POUR UNE GESTION PASTORALE ET FORESTIERE CONCERTEE.

Application aux espaces boisés de  
la Société Civile des Terres du Larzac.

pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Eaux et Forêts de l'ENGREF Nancy.

Maître de stage : Michel ETIENNE

Enseignant responsable : Max BRUCIAMACCHIE

Stage à l'Unité d'Ecodéveloppement de  
l'INRA d'Avignon du 1/01 au 31/08 2004.

Soutenu le 8 septembre 2004 à Nancy.

## FICHE SIGNALÉTIQUE

F.I.F. - E.N.G.R.E.F.	TRAVAUX D'ELEVES
<p><b>TITRE</b> : APPROCHE MULTI-AGENTS POUR UNE GESTION PASTORALE ET FORESTIERE CONCERTÉE.</p> <p><b>SOUS-TITRE</b> : Application aux espaces boisés de la Société Civile des Terres du Larzac.</p>	<p><b>Mots clés</b> :</p> <p>Aménagement forestier,            Quercus pubescens,            Modélisation            Pinus sylvestris,            Sylvopastoralisme,            Systèmes multi-agents</p>
<b>AUTEUR</b> : Christophe SIMON	<b>Promotion</b> : FIF 2000

CADRE DU TRAVAIL	
<b>ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT</b> : Unité d'Ecodéveloppement de l'INRA d'Avignon	
<b>Nom du responsable</b> : Michel ETIENNE	
<b>Fonction</b> : Chercheur	
<b>Nom du correspondant ENGREF</b> : Max BRUCIAMACCHIE	
<b>Tronc Commun</b> <input type="checkbox"/>	<b>Stage entreprise</b> <input type="checkbox"/>
<b>Option</b> <input type="checkbox"/>	<b>Stage étranger</b> <input type="checkbox"/>
<b>Spécialité</b> <input type="checkbox"/>	<b>Stage fin d'études</b> oui
<b>Date de remise</b> :	
<b>Contrat Junior Entreprise</b>	<b>NON</b>

SUITE A DONNER (réservé au service des études)	
<input type="checkbox"/> - diffusable.	
<input type="checkbox"/> - confidentiel de façon permanente.	
<input type="checkbox"/> - confidentiel jusqu'au	/ /      puis diffusable.

# SOMMAIRE

Remerciements.....	5
Résumé/Abstract.....	6
Introduction.....	7
<b><u>1 Démarche entreprise et présentation de l'outil choisi pour notre étude : le SMA</u></b> ...	<b>9</b>
1.1 <u>La démarche</u> .....	9
1.2 <u>Le SMA : un outil d'aide à la négociation et à la prise de décision adapté aux contraintes de notre étude</u> .....	9
<b><u>2 Conceptualisation du modèle</u></b> .....	<b>11</b>
2.1 <u>Structuration et compréhension du problème</u> .....	12
2.1.1 <u>Le modèle conceptuel</u> .....	12
2.1.1.1 <u>Dynamiques végétales et écologiques en jeu sur le Larzac</u>	
2.1.1.2 <u>Diagramme d'acteurs accompagnés de leurs entités de gestion</u>	
2.1.2 <u>Choix de la représentation de l'espace ressource</u> .....	17
2.1.3 <u>Critères retenus pour la caractérisation de la ressource sylvopastorale, et méthodologie</u> .....	19
2.2 <u>Identification des données manquantes : élaboration du questionnaire d'enquêtes</u> .....	22
2.2.1 <u>Délimitation de la zone d'étude</u> .....	22
2.2.2 <u>Questionnaire d'enquête</u> .....	24
2.2.3 <u>Analyse critique du questionnaire après réalisation des enquêtes</u> .....	25
2.2.4 <u>Saisie des données cartographiques issues des enquêtes</u> .....	25
<b><u>3 Du modèle conceptuel au modèle informatique</u></b> .....	<b>30</b>
3.1 <u>Modélisation de l'espace ressource</u> .....	30
3.1.1 <u>La ressource boisée et arbustive</u> .....	30
3.1.1.1 <u>Modélisation de la dynamique de progression des ligneux en interaction avec les pratiques « sylvopastorales »</u>	
3.1.1.2 <u>Modélisation de la dynamique de vieillissement et d'accroissement en volume de nos peuplements en interaction avec les pratiques forestières</u>	
3.1.2 <u>La ressource herbagère</u> .....	36
3.1.3 <u>La ressource fourragère dans notre modèle</u> .....	37
3.2 <u>Modélisation des agents</u> .....	38
3.2.1 <u>Les agents retenus pour le modèle après enquêtes</u> .....	38
3.2.2 <u>L'agent fermier : ses entités de gestion et ses actions</u> .....	39
3.2.3 <u>Les étapes de programmation des actions : exemple de l'exploitation du bois de chauffage par le fermier</u> .....	40
<b><u>4 Premiers résultats : analyse du scénario Actuel et réflexion sur la problématique initiale</u></b> .....	<b>42</b>

4.1	<a href="#">Etat des lieux des ressources présentes sur le territoire d'étude</a>	42
4.2	<a href="#">Choix du mode de visualisation de l'espace</a>	44
4.3	<a href="#">Tendances générales observables quant à l'évolution de l'espace ressource au cours de la simulation</a>	46
4.4	<a href="#">Effets des pratiques en cours sur l'évolution de la ressource boisée</a>	50
4.5	<a href="#">Effets des pratiques en cours à l'échelle d'une exploitation agricole</a>	52
<b>5</b>	<b><a href="#">Elaboration de pré-scénarios et résultats obtenus</a></b>	<b>56</b>
5.1	<a href="#">Elaboration d'un premier scénario : le scénario Total</a>	56
5.1.1	<a href="#">Objectifs de gestion</a>	56
5.1.2	<a href="#">Description du scénario Total</a>	56
5.1.2.1	<a href="#">Gestion des peuplements de pin sylvestre (PS et PSCB)</a>	
5.1.2.2	<a href="#">Gestion des peuplements de chêne blanc (CB et CBPS)</a>	
5.1.2.3	<a href="#">La SCTL : un nouvel acteur du modèle</a>	
5.2	<a href="#">Analyse comparée des résultats obtenus pour les scénarios Actuel et Total</a>	61
5.3	<a href="#">Elaboration d'un second scénario : le scénario Boideuvre</a>	67
5.3.1	<a href="#">Objectifs de gestion</a>	67
5.3.2	<a href="#">Description du scénario Boideuvre</a>	67
5.3.3	<a href="#">Résultats obtenus</a>	67
	Conclusion	66
	Références bibliographiques	68
	Lexique des sigles et Glossaire	70
	Figure aide mémoire	71
	Contacts	72
	Table des Annexes	73

## Remerciements

Avant de commencer, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé à mener à bien mon projet.

Je pense tout particulièrement :

- aux fermiers du Larzac pour m'avoir accueilli chez eux et avoir bien voulu répondre à mes questions sans signe d'impatience, et pour m'avoir mis au secret de toutes les histoires fabuleuses qui accompagnent le Larzac,
- à Gérard Guérin et Fabienne Roudaut, de l'Institut de l'Elevage de Montpellier, et à Myriam Berthomieu, de la Chambre d'Agriculture du Sud Aveyron, pour les compléments d'information qu'ils m'ont apporté et le temps qu'ils ont bien voulu consacrer à me faire découvrir les multiples visages du monde pastoral,
- à Olivier Picard, de l'Institut de Développement forestier de Toulouse, et à Magali Maviel, du CRPF Midi-Pyrénées, pour leur aide précieuse en matière de gestion forestière en milieu méditerranéen,
- à Laurent Dobremez et Hélène Rapey pour leur collaboration enrichissante et productive,
- à l'ensemble des membres de l'Unité d'Ecodéveloppement pour leur participation active et enrichissante à l'évolution de ma réflexion tant pour mon mémoire que sur le monde de la recherche. Merci à Cyril Agreil pour son ouverture d'esprit et sa sagesse légendaire, à Lucie, Hugues et Marie Caroline pour leur jovialité communicative,
- ... et bien sûr à Michel Etienne qui a été le guide éclairé de ces 6 mois de stage.

## Résumé

Suite au constat par la Société Civile des Terres du Larzac d'une forte progression des espaces forestiers sur son territoire, une étude a été demandée à l'Institut de l'Elevage, à l'Institut du Développement Forestier, à l'INRA et au Cemagref pour envisager une meilleure valorisation de ces espaces boisés. Dans le but d'amener les acteurs locaux à réfléchir ensemble sur la mise en œuvre d'une gestion adaptée aux enjeux et objectifs multiples de ces forêts et aux types de peuplements concernés, un Système Multi-agents (SMA) a été construit. Des scénarios contrastés de gestion ont été élaborés, soit directement à partir des pratiques actuelles (bois de chauffage, pâturage en sous-bois) ou en intégrant des pratiques nouvelles pour les fermiers de la SCTL (coupe d'amélioration, coupe sélective, sciage mobile). Ces scénarios sont basés sur une intégration fonctionnelle de certains espaces boisés au sein de systèmes d'élevage plus ou moins utilisateurs d'espace de parcours ou de bois. Les résultats des simulations sur 40 ans mettent en lumière l'intérêt d'une gestion sylvopastorale permettant de valoriser la ressource en bois de pin sylvestre (bois de sciage, bois de chauffage, bois de trituration) et de chêne blanc (bois de chauffage) tout en contribuant à améliorer la disponibilité fourragère. La visualisation des scénarios de gestion et des résultats de simulation, permet d'enrichir la réflexion globale sur la gestion de la ressource boisée et aide les acteurs à mieux comprendre les enjeux et intérêts d'une gestion concertée de leur territoire.

## Abstract

As the Société Civile des Terres du Larzac get aware of a dramatic progression of the forests, the Institut de l'Elevage, the Institut du Développement Forestier, the INRA and the Cemagref have been asked for a study to envisage a better valorisation of these woodlands. In order to bring together the local stakeholders in order to think about setting up a management plan adapted to the multiple stakes and objectives of these forests, and to the corresponding type of stands, a Multi-Agents System (MAS) has been built. Some contrasting management scenarios were elaborated, either directly made out from the current practices (firewood harvesting, forest grazing), or by integrating some techniques not already practised by the farmers (improvement felling, selective felling, mobile sawing). These scenarios were based on a functional integration of some woodland in the grazing systems using at different intensity the rangeland and woodland. The outputs of the simulations along 40 years pointed out the interest of silvopastoral management in order to afford the valorisation of Scots pine (as sawn timber, firewood, or pulpwood) and Downy oak (as firewood) whilst contributing to improve the forage availability. The visualisation of the management scenarios and the outputs of the simulations enriched the global thinking on the timber resources' management, and supported the stakeholders to better understand the stakes and benefits of a concerted management of their territory.

## Introduction

L'évolution des systèmes pastoraux en zone méditerranéenne française au cours des dernières décennies (exode rural, mécanisation, augmentation des intrants... ) s'est faite dans le sens d'une réduction des terres agricoles et pastorales et d'une augmentation des surfaces incultes. Ces modifications ont été étroitement liées à une utilisation de plus en plus spécialisée des différents compartiments du territoire d'exploitation agricole (forêts, cultures, parcours<sup>☐</sup>). Parallèlement, cette transformation du domaine rural s'est soldée par un déclin voire un abandon d'usages (bois de chauffage, affouage<sup>☐</sup>, récoltes diverses... ) **entraînant l'embroussaillage progressif et la densification du couvert arboré de l'espace forestier et pastoral** (Etienne et Msika, 1987). Traiter de forêts à propos des Causses du Larzac aux vastes étendues pierreuses, plus ou moins steppiques, peut sembler une gageure. Pourtant les changements des pratiques pastorales qui ont marqué le siècle dernier, auxquelles le Larzac ne déroge pas, ont permis à des essences forestières pionnières de s'y installer et aux taillis déjà en place, exploités jadis régulièrement par les éleveurs, de s'y développer (In *Larzac, terre méconnue*). Les éleveurs (ou *fermiers*) du Larzac doivent de plus en plus composer, au sein de leurs territoires d'exploitation, avec des boisements spontanés de pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) et des taillis de chêne blanc (*Quercus pubescens*) qui gagnent en surface alors que les usages domestiques qui en sont faits sont en déclin. Dépourvus d'une quelconque gestion (prélèvement de bois de chauffage, coupes d'entretien... ), ces espaces boisés, soumis aux dynamiques écologiques de régénération des ligneux et de croissance des houppiers, deviennent progressivement impropres à l'activité d'élevage par diminution de la disponibilité alimentaire en sous-bois pour les petits ruminants. Le fermier se retrouve « amputé » d'une partie de son territoire d'exploitation dont il n'a plus l'usage. Enfin, les peuplements de pin sylvestre et de chêne blanc, deux essences forestières adaptées aux terrains calcaires secs et d'altitude moyenne (600 à 800 mètres), ont des productivités modestes en raison des conditions pédoclimatiques du Larzac. Les peuplements de pin sylvestre sont de plus des peuplements de première génération et n'ont fait l'objet d'aucune sylviculture n'offrant aujourd'hui qu'une qualité moyenne de bois. Les modes de valorisation forestière traditionnels trouvent ainsi difficilement leurs justifications pour des boisements de ce type.

**Dans ce contexte, les espaces boisés ont-ils une place au sein des systèmes d'élevage « modernes » ? Est-il possible, opportun, voire rentable de conserver cette ressource boisée et de la gérer de telle sorte qu'elle ne soit plus un handicap mais devienne un atout pour la pratique de l'élevage ? Dans quelle proportion doit-elle être maintenue au sein d'une exploitation agricole pour concourir à son développement ? Existe t'il des modes de valorisation du bois adaptés aux caractéristiques de forme et de dimensions des peuplements du Larzac ?**

Si l'histoire du Larzac n'est pas l'objet de ce rapport, il est cependant une page de son histoire qui s'avère incontournable pour comprendre ce qui a contribué, et contribue encore aujourd'hui à faire de ce territoire un territoire original et propice à l'émergence d'un mode de gestion collective de l'espace. Une partie du Larzac, concernée par le projet d'extension du camp militaire, fut le théâtre d'une « lutte » qui opposa, de 1973 à 1985, les paysans du Larzac (soutenus par nombre de français !) au gouvernements en place. Les 6300 hectares de terrain, « achetés » durant cette période par l'armée, furent à l'issue de cette lutte transférés par bail emphytéotique à la Société Civile des Terres du Larzac (SCTL) : premier office foncier de France. Depuis dix neuf ans, ce sont ainsi 13 % des terres de la partie nord du Larzac qui font l'objet d'une **gestion collective du foncier par les paysans eux-mêmes** (Dambrin, 2001). La SCTL a ainsi permis d'installer de nouveaux paysans de façon stable, sous forme de baux de carrière (jusqu'à l'âge de la retraite), contribuant à pérenniser l'activité d'élevage sur cette partie du Larzac. Elle a de plus offert des conditions favorables à l'émergence d'une réflexion collective pour un aménagement à l'échelle de l'ensemble de son territoire.

Consciente de l'enjeu que représentent les espaces boisés sur son territoire, la SCTL fait appel en 1998 à un expert forestier qui élabore pour l'ensemble des boisements présents sur son territoire (soit

---

<sup>☐</sup> Ce symbole renvoie à la définition du mot : cf. Glossaire

1930 ha en 1998) un Plan Simple de Gestion (PSG) valable jusqu'en 2012. Fruit d'une approche traditionnelle de la gestion forestière, les prescriptions de coupes et travaux proposés dans le PSG visent à améliorer la valeur marchande des peuplements en travaillant au profit des tiges d'avenir par des coupes d'amélioration. Cependant, des 1930 ha de bois recensés, seuls 280 ha sont concernés par ces prescriptions : se sont les peuplements de pin sylvestre à densité élevée. Les peuplements de chêne blanc ainsi que les boisements de pin sylvestre clairs, propices à l'interpénétration de la sylviculture et de l'élevage et à l'émergence d'une fonction nouvelle des espaces boisés en harmonie avec les attentes pastorales des fermiers, n'y figurent pas.

En 2002, l'Institut de l'Élevage (IE) de Montpellier et l'Institut de Développement Forestier (IDF) de Toulouse lancent un programme d'étude sur trois ans dans le but de travailler au développement du **sylvopastoralisme dans les peuplements de chêne blanc et de pin sylvestre**. Ce programme s'appuie sur trois réseaux d'études (le Lot, le Sud Aveyron et les Alpes de Haute Provence) où, pour chacun d'eux, des sites pilotes sont sélectionnés. Mon stage s'est déroulé dans le cadre de l'intégration du territoire de la SCTL au réseau Sud Aveyron pour la conception d'un système multi-agents (SMA) constituant pour les divers acteurs du Larzac, un moyen de réflexion et d'aide à la négociation pour mettre en place, sur le long terme, une gestion raisonnée et concertée des espaces boisés de la SCTL. Cette tâche a été confiée à l'Unité d'Écodéveloppement de l'INRA d'Avignon sous la conduite de M. Etienne.

Cinq objectifs ont été fixés pour cette étude :

- 1) **Identifier et décrire les dynamiques naturelles en jeu sur le Larzac liées à l'évolution de la ressource boisée.**
- 2) **Identifier les acteurs locaux et dresser un état des lieux des pratiques en cours sur le territoire ayant un impact sur les dynamiques naturelles en jeu sur le Larzac.**
- 3) **Modéliser à moyen terme (une quarantaine d'années) les évolutions du territoire.**
- 4) **Proposer et tester à partir du SMA des modes de gestions alternatives et innovantes de la ressource boisée de la SCTL.**
- 5) **Amener les acteurs à réagir sur ces prévisions et établir conjointement des scénarios de gestion de l'espace et de ses ressources répondant aux enjeux locaux et aux besoins et intérêts des acteurs concernés.**

Ce rapport s'articule autour de 5 parties : la première synthétise la démarche suivie au cours de l'étude et présente l'outil choisi à cet effet. La deuxième et la troisième parties présentent les phases de création du système multi-agents : conceptualisation du modèle, enquêtes de terrain pour la collecte de données puis implémentation du modèle. La quatrième partie consiste en une analyse des résultats obtenus concernant la situation actuelle et réévalue la pertinence de la problématique initiale. La dernière partie développe les scénarios élaborés en mettant en œuvre des propositions de gestion alternatives de la ressource boisée.

# 1 Démarche entreprise et présentation de l'outil choisi pour notre étude : le SMA

## 1.1 La démarche

La démarche appliquée lors de mon stage a suivi 3 étapes :

1) Représenter les interactions entre acteurs et territoire à partir de la connaissance scientifique des dynamiques écologiques en jeu et des pratiques des principaux acteurs. Il s'agit d'apporter aux acteurs locaux une vision dynamique de la situation actuelle et leurs donner les moyens de réfléchir ensemble sur la pertinence de la problématique de départ, à des échelles spatiales et temporelles différentes, adaptées aux objectifs potentiellement divergents de chacun des acteurs (massif forestier, exploitation agricole).

2) Valider cette représentation simplifiée de la réalité auprès des acteurs retenus. Cette validation permet aux acteurs de s'appropriier et de mieux comprendre les différents objectifs et enjeux liés à la gestion de la ressource boisée sur le territoire de la SCTL\*. Cette étape est indispensable à l'émergence d'une réflexion constructive entre les acteurs et à la prise de décisions concertées pour une gestion adaptée aux enjeux locaux, s'inscrivant dans la durée du fait de la participation d'un plus grand nombre d'acteurs.

3) Imaginer avec les acteurs locaux des scénarios de gestion du territoire et évaluer ensemble leurs conséquences.

## 1.2 Le SMA : un outil d'aide à la négociation et à la prise de décision adapté aux contraintes de notre étude

### **Qu'est-ce qu'un SMA ?**

Les systèmes multi-agents (SMA) sont basés sur des modèles qui représentent un espace ressource commun sur lequel interviennent et interagissent plusieurs catégories d'agents (Franc et Sanders, 1999). L'espace est modélisé par le biais d'un automate cellulaire, facilitant ainsi les calculs d'états et de voisinage. Les agents correspondent à la modélisation informatique des différents acteurs intervenant sur les ressources de l'espace ou en dépendant. Ceux-ci agissent sur leur espace selon des critères de décision qui leur sont propres et qui dépendent des caractéristiques spatiales et temporelles de l'espace commun (Bousquet et *al.*, 2002).

### **Un outil adapté à nos objectifs :**

Les simulations générées par les SMA\* accompagnent les acteurs dans le long terme en leur permettant de visualiser les effets et interactions mutuelles de leurs stratégies de gestion actuelles sur l'espace ressources. Les acteurs peuvent ainsi, dans un premier temps, réagir et discuter de la problématique initialement identifiée, et trouver, sur la base d'une représentation commune de leur espace, une solution à leur(s) problème(s). Le SMA offre de plus la possibilité de visualiser l'espace, à chaque pas de temps, selon des points de vues propres à chaque catégorie d'agents. Chacun est alors à même de mieux comprendre les processus en jeu et les impacts des règles de décision de chacun des agents en se basant sur sa propre représentation de l'espace.

### **Contraintes et limites du SMA :**

La conception d'un système multi-agents, comme outil de réponse à une problématique donnée, oblige le concepteur à suivre une démarche d'investigation et de compréhension de l'espace et des

---

\* Ce symbole renvoie à la définition du sigle : cf. Lexique des sigles

Photo 1 : Progression du pin sylvestre sous forme de front pionnier sur parcours jusqu'en limite de prairie de fauche.



*(Larzac, mai 2004. C. Simon)*

Photo 2 : Installation du chêne blanc et du pin sylvestre sous abris d'un buisson de Genévrier sur zone pâturée.



*(Larzac, février 2004. C. Simon)*

pratiques des acteurs lui permettant de fournir au SMA le type d'informations et de données nécessaires à son fonctionnement.

L'objectif premier du SMA, dans notre cas de figure, étant de projeter dans le temps la représentation d'un système socio-écologique et d'en analyser les résultats, le système doit à fortiori être conçu de façon dynamique. La modélisation d'un agent nécessite donc d'être capable de traduire dans le SMA, sous la forme de lignes de programmation, les critères ou clés de décisions qui régissent son comportement face à une situation donnée. C'est aussi être capable d'établir à partir de critères comportementaux individuels, des clés génériques représentatives d'un type d'agent.

Cette étape est très intéressante puisqu'elle permet de ne représenter, d'un système complexe, que les aspects qui entrent en ligne de compte dans notre problématique. Elle facilite la compréhension du modèle par les agents et offre une simulation de la réalité orientée vers la résolution de notre problématique. Mais du fait de cette simplification de la réalité, le SMA ne doit être pris que comme un outil de réflexion donnant à visualiser les grandes tendances attendues.

## 2 Conceptualisation du modèle

Notre SMA\* est constitué d'un espace ressource défini par des combinaisons de structures végétales d'attractivités différentes selon les acteurs, et d'agents agissant directement ou indirectement sur cet espace et dont les objectifs peuvent être divergents. La phase préparatoire s'est déroulée en deux temps :

- 1) Pré-structurer le système socio-écologique à étudier en dégagant les principales dynamiques écologiques en jeu en rapport avec la gestion de la ressource boisée (à partir des informations recueillies auprès de la SCTL et de la littérature existante).

- 2) Inventorier les agents susceptibles d'avoir un impact direct par leurs pratiques sur les dynamiques en jeu et les agents indirects susceptibles d'avoir un impact sur les choix de gestion des acteurs directs.

Cette pré-structuration sera ensuite confirmée ou modifiée par les acteurs locaux et par nos investigations de terrain.

## 2.1 Structuration et compréhension du problème

### 2.1.1 Le modèle conceptuel

#### 2.1.1.1 Dynamiques végétales et écologiques en jeu sur le Larzac

Selon l'hypothèse défendue dans Dynamiques de régénération et interactions positives dans les successions végétales (Rousset, 1999) « l'envahissement des parcours par les ligneux est lié à une diminution de la pression des activités humaines, le pâturage étant seulement une des composantes de ces activités. (...) La recolonisation des parcours par les ligneux peut être assimilée à une dynamique post-culturelle de la végétation c'est-à-dire à une succession secondaire. ». Par comparaison rapide des vues aériennes de 1948 de l'IGN\* et de 1997 de l'IFN\*, on observe très clairement une fermeture du milieu par colonisation d'espèces ligneuses entre ces deux dates : des zones de pâturage et de culture, observables en 1948, sont remplacées en 1997 par des espaces boisés.

Quelles sont les espèces végétales « en cause » dans la dynamique de fermeture du milieu qui s'est opérée sur le Larzac ? Les deux principales essences forestières présentes depuis au moins 1948 sont le chêne blanc (*Quercus pubescens*) et le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*). Le pin sylvestre est une essence rustique connue pour être colonisatrice des espaces ouverts et abandonnés (Talhouk, 2003). Le



Figure 2: Modes de dissémination du pin sylvestre sous forme de front pionnier (a) et par points (b).

pin sylvestre dissémine suivant deux modalités : une dissémination sous forme de front de progression qui aboutit à une bande de régénération autour des peuplements matures de semenciers (Photo 1), et une dissémination « accidentelle », liée par exemple à des coups de vent violents, qui permet l'installation de rares semenciers jusqu'à quelques kilomètres de l'écotone (Lepart et *al.*, 1999 ; Etienne, 2001 ; Photo 2) et que l'on nomme îlot forestier (Fig.2). Les travaux de DOREE (2001) menés sur une expérimentation sylvopastorale à Laborel montrent que le pâturage ovin, par le prélèvement et surtout par le piétinement, est la cause principale du taux de mortalité très élevé chez les jeunes pins sylvestres. Il semblerait cependant qu'à partir de la deux ou troisième année de vie des semis, le taux de mortalité devienne faible (Guittet et Laberche, 1974 in Talhouk, 2003), le pin sylvestre étant en effet peu appétent<sup>□</sup> pour les brebis. Le chêne blanc est une espèce méditerranéenne qui colonise les sols secs, peu fertiles et de natures variées. Il se cantonne volontiers en terrains calcaires secs, moins froids que les sols siliceux (Picard, 2004). Les jeunes semis s'installent de manière relativement dense jusqu'à une centaine de mètres des boisements anciens ou des individus isolés. Cependant, « comme les semis de chêne sont très appétents, il est rare d'en trouver sur pelouse et ils ne survivent que sous des buissons de genévriers et de buis qui les protègent contre les troupeaux » (Lepart et *al.*, 1999 ; Photo 2). A partir de ces informations, nous avons schématisé la dynamique naturelle de fermeture du milieu en intégrant au schéma d'une part les pratiques anthropiques susceptibles de contrarier ce processus et d'autre part, l'abandon de pratiques entrant en jeu dans la possibilité de passage d'un stade végétal à un autre (Fig.1).

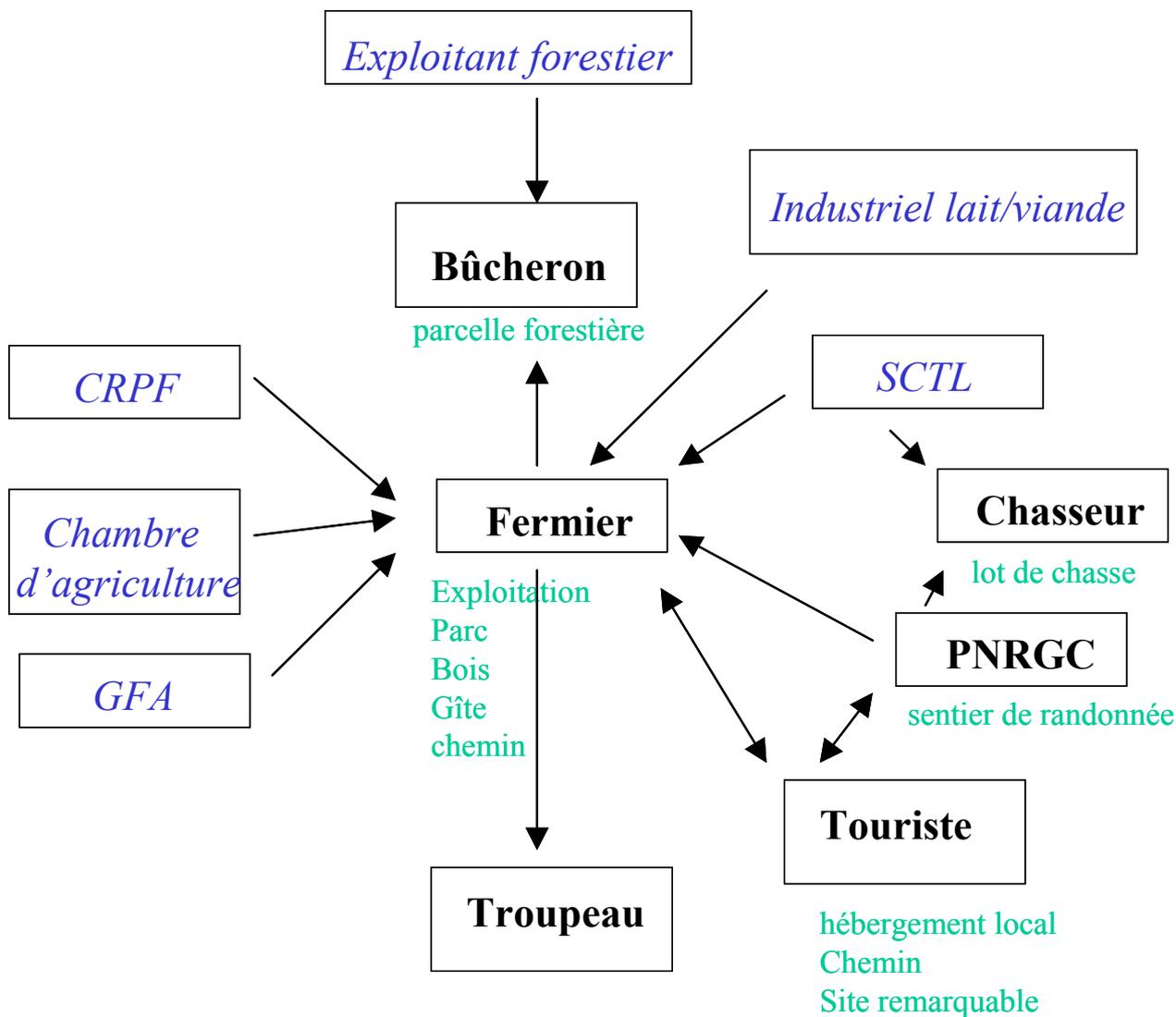
### 2.1.1.2 Diagramme d'acteurs accompagnés de leurs entités de gestion

Pour réfléchir sur la problématique de la gestion de la ressource boisée, nous avons vu qu'il fallait avant tout être capable de définir ce qu'était cette ressource et de quelle manière elle était susceptible d'évoluer dans le temps. La progression des ligneux sur le territoire de la SCTL est une dynamique naturelle. Elle est cependant partiellement freinée par les pratiques anthropiques qui y ont cours.

Il s'agit d'identifier l'ensemble les acteurs susceptibles a priori de jouer un rôle dans la gestion de la ressource boisée. Chaque acteur sera ensuite décrit d'après les unités spatiales à partir desquelles il organise sa gestion, que l'on nomme **entités de gestion**, et d'après les pratiques à travers lesquelles il agit sur son milieu, que l'on nomme **actions**.

Exemple : nous avons vu précédemment que la pratique de l'élevage sur le Larzac contribue, si ce n'est permet, de maintenir des espaces ouverts sujets pourtant à la dynamique d'installation des ligneux. De plus, l'impact du pâturage sur la survie des jeunes semis est fonction de l'intensité du pâturage (nombre d'animaux à l'hectare), de la saison, de la durée et de la fréquence du pâturage ainsi que de l'état physiologique des animaux au moment du pâturage et de leur niveau de complémentation<sup>□</sup>. L'acteur fermier, en tant qu'organisateur de son système de pâturage, s'impose donc comme un acteur direct de notre système. Le fermier est également susceptible d'agir directement sur la ressource en place par des prélèvements de bois : coupes de bois de chauffage, coupes de bois pour la construction de bâtiments ou la rénovation d'infrastructures ou encore coupe de bois pour offrir une ressource alimentaire supplémentaire aux animaux (feuille, installation de l'herbe en sous-bois). La place du troupeau dans notre diagramme d'acteurs a été sujette à débat. Il peut en effet être considéré comme un acteur du milieu selon que l'on souhaite ou non faire apparaître dans le modèle sa faculté d'auto-organisation spatiale et temporelle de son pâturage. Tous les fermiers du Larzac ne sont de plus pas tous éleveurs. Certains ont en effet des activités para-agricoles comme par exemple l'accueil à la ferme de touristes. Ils gèrent par conséquent leur territoire en fonction de cette activité et organisent leur espace pour des raisons autres que l'élevage, en entretenant par exemple les **chemins** de randonnée pédestre par du débroussaillage mécanique.

Une fois l'acteur et ses « actions » identifiées (ici, **pâturage, coupe de bois et débroussaillage mécanique** dans le cas du fermier), il convient de définir les « entités de gestion » sur lesquelles il



Légende :

**Fermier** : acteur direct

**SCTL** : acteur indirect

Exploitation : entité de gestion

→ : sens de l'interaction

Figure 3 : Diagramme des acteurs et de leurs entités de gestion.

agit. L'organisation du pâturage se fait à l'échelle de **l'exploitation agricole** et s'organise au moyen du calendrier de pâturage du fermier. Il y localise spatialement et temporellement l'alimentation de ses animaux selon des critères qui lui sont propres et qu'il conviendra, au cours des entretiens, de formaliser. Les animaux, selon le type d'exploitation considérée, pourront ainsi soit rester en bergerie, soit être mis à pâturer sur des surfaces cultivées, être menés sur parcours ou partir en estive. En ce qui concerne les zones de parcours, l'exploitation agricole est la plupart du temps (cas du gardiennage mis à part) divisée en parcs séparés les uns des autres par des clôtures fixes ou temporaires. L'unité spatiale et fonctionnelle du fermier pour le pâturage est donc souvent le **parc**. Concernant les bois présents sur le territoire d'exploitation du fermier, ils peuvent soit faire partie intégrante d'un parc soit être individualisés et constituer alors une unité de gestion particulière que l'on nomme **bois**.

D'autres acteurs, ayant a priori un impact direct sur l'évolution de la ressource boisée, ont été identifiés :

- Les **chasseurs**, de part leur impact sur l'évolution des populations cynégétiques, font partie intégrante du système socio-écologique du Larzac.
- Le **parc naturel régional des Grands Causses (PNRGC)** qui englobe la zone d'étude, a définit dans sa charte le maintien des milieux ouverts comme l'un des enjeux prioritaires. On retrouve de plus, intégré à la zone d'étude, le site Natura 2000 des Alasses situé à la limite nord du camp militaire. Enfin, le parc entretien sur le plateau du Larzac des sentiers de randonnée grâce à son équipe d'Agents d'Entretien de l'Espace Rural (AEER) et sur lesquels existent des enjeux touristiques et paysagers.
- **L'exploitant forestier** et ses **bûcherons** auxquels sont susceptibles de faire appel les fermiers ou la SCTL, vont organiser des chantiers d'exploitation de bois.
- Les **Touristes**, en tant que jouisseurs et consommateurs de l'espace, sont pris en compte comme acteurs directs du système.

Enfin, 4 types d'acteurs indirects ont également été identifiés :

- La **SCTL** peut avoir un avis ou des recommandations à donner concernant l'activité de coupe de bois, et donc influencer les choix de gestion des fermiers dans les boisements dépendant de la SCTL.
- Les **industriels lait/viande** expriment la demande en lait et en viande et élaborent des contraintes de qualité ou de date de livraison prises en compte par les fermiers dans leurs choix d'orientation de la production.
- Le **CRPF\* Midi-Pyrénées**, dont les missions, en plus de sa mission d'agrément des plans simples de gestion, sont d'informer, de former et de conseiller les propriétaires forestiers privés sur la manière de gérer leurs forêts, a été intégré au système socio-écologique comme étant susceptible d'influer sur les choix de gestion de la ressource boisée pris par la SCTL ou les fermiers.
- La **chambre d'agriculture de l'Aveyron** a été intégrée en tant qu'appui technique au fermier dans ses choix d'organisation du pâturage.

Une fois les différents acteurs identifiés, nous avons établi ce que l'on nomme un diagramme d'acteurs accompagnés de leurs entités de gestion qui reprend et synthétise les aspects dont nous venons de traiter (Fig.3).

### 2.1.2 Choix de la représentation de l'espace ressource

La création de l'espace ressource se décline en deux grandes étapes : la création de l'espace à l'instant zéro qui nous permet d'initialiser le modèle, et l'élaboration des règles de programmation qui vont régir les dynamiques écologiques à représenter (cf. chapitre 3).

Avant toute approche dynamique de notre espace ressource, il convient donc d'en faire une

Photo 3 : Surface en parcours.



Photo 4 : Surface cultivée.



*(Larzac, février 2004. C. Simon)*

Photo 5 : Peuplement de chêne blanc en arrière plan.



*(Larzac, mai 2004. C. Simon)*

Photo 6 : Peuplement de pin sylvestre en arrière plan



*(Larzac, février 2004. C. Simon)*

représentation à « l'instant zéro ». L'objectif est ici de choisir une représentation de l'espace simple, compréhensible par tous, non subjective et permettant de visualiser facilement les interactions entre acteurs et milieu. L'espace a, dans un premier temps, été décliné en trois grandes catégories de ressources : **les bois, les parcours et les cultures** (Photos 3 à 6).

Les cultures regroupent les prairies de fauche et les surfaces céréalières, moissonnées ou pâturées. Elles sont considérées comme fixes dans le temps et dans l'espace et ne sont pas sujettes à la dynamique d'invasion par les ligneux du fait du travail mécanique régulièrement opéré par le fermier. Elles entrent cependant en ligne de compte dans la caractérisation des exploitations agricoles et dans les règles de décision des fermiers pour organiser leurs systèmes de pâturage.

Les bois et les parcours rassemblent les espaces pouvant offrir, à un moment donné (aujourd'hui, à court, moyen ou long terme), une ressource en bois et/ou en pâturage. La dynamique de progression des ligneux qui s'opère sur ces espaces conduit à l'établissement de formations pré-forestières ou forestières, présentant des différences de composition, de structure, et de dynamique spatiale et temporelle. Cette dynamique dépend du contexte écologique, de la végétation environnante, des conditions d'abandon et des pratiques qui peuvent encore persister dans ces milieux (Curt et Terrasson, 1999). Notre approche descriptive du milieu en trois catégories pose donc déjà des problèmes de définition pour les catégories **bois et parcours** (Derioz, 1999).

La représentation de l'espace ressource doit nous apporter les éléments nécessaires à l'élaboration, avec les acteurs, de scénarios de gestion sylvopastoraux alliant production fourragère et ligneuse. Or les stades pré-forestiers, même s'ils n'ont fait l'objet que de peu d'études en matière de gestion ou de valorisation (Curt et Terrasson, 1999), font a priori partie intégrante des enjeux de gestion que nous nous sommes fixés, offrant sur un même espace une ressource fourragère et une ressource en bois.

### 2.1.3 Critères retenus pour la caractérisation de la ressource sylvopastorale, et méthodologie

Nous avons opté pour la représentation de trois éléments constitutifs de la végétation : les strates herbacée, arbustive et arborée. Le choix des critères de description retenus pour ces trois strates a tenu compte de la nature et la qualité des données dont nous disposions, du temps que nous pouvions consacrer à la prise de mesures sur le terrain, de l'objectif de description sylvopastorale de la ressource que nous nous étions fixé, ainsi que de leur intérêt dans l'élaboration des règles de dynamiques végétales à représenter.

Pour la description de la ressource boisée, nous avons à notre disposition le Plan Simple de Gestion établi le 1<sup>er</sup> septembre 1997 par l'expert forestier P. Foissac pour la gestion des boisements dépendant de la SCTL. Les peuplements recensés par l'expert forestier couvraient une surface de 1929 ha. Ils y sont décrits en 6 types différents selon l'essence dominante, l'âge du peuplement estimé par l'expert forestier, ainsi que son recouvrement boisé. L'expert forestier a ensuite décrit plus précisément les types 1, 2 et 3 par des données dendrométriques mesurées sur placettes puis extrapolées à l'ensemble du type (classe de hauteur dominante, classe de diamètre moyen des arbres dominants, seuil minimum de surface terrière, seuil minimum de densité). Seuls les types 1 et 2, ainsi qu'une partie du type 3, soit au total une surface de 278 ha, ont ensuite fait l'objet de prescriptions de coupes et travaux. Les types 1 et 2 étant les peuplements de pin sylvestre âgés respectivement de plus de 35 ans, et de 20 à 35 ans. Le type 3, quant à lui, correspond aux boisements feuillus à couvert continu, âgés de 25 à 50 ans. Il est à noter que le type 6, d'une surface totale de 1017 ha, est décrit comme des formations boisées lâches de type « parcours à troupeaux » et correspond, a priori, à nos formations pré-forestières.

Figure également en annexe du PSG\* une carte cadastrale où sont cartographiés, par parcelle cadastrale, les types de peuplements présents. Cette cartographie a été réalisée par photo-interprétation des photos aériennes de la mission IFN de 1990. Or, nous avons observé, par comparaison de la carte du PSG avec les vues aériennes de 1997 (mission IFN disponible la plus récente), que certains bois de la SCTL n'avaient pas été recensés. D'autre part, la dynamique d'installation du chêne blanc et du pin

sylvestre, entre 1990 et 1997, a modifié de façon plus ou moins marquée selon la zone considérée, mais dans tous les cas de façon notable, la configuration du paysage.

Partant de ce constat nous avons pris la décision de reprendre la cartographie des peuplements à partir des vues aériennes de 1997 et d'étendre la saisie cartographique à l'ensemble des peuplements boisés de la zone d'étude (peuplements SCTL ou non) de façon à optimiser la simulation de la dynamique de dissémination des ligneux. La saisie cartographique a été faite sous SIG à partir du logiciel MapInfo. Les peuplements de moins d'un hectare ou diffus (taux de recouvrement inférieur à 10 %) n'ont pas été reportés.

D'autre part, n'ayant pu obtenir les données mesurées sur placettes par l'expert forestier, ce qui nous aurait permis de préciser les valeurs fournies par le PSG (qui sont telles quelles difficilement exploitables), nous avons choisi pour caractériser nos peuplements et établir nos règles de croissance, les indicateurs suivants :

- L'âge du peuplement estimé à partir des données du PSG ainsi que des missions 1948 de l'IGN et des missions 1964, 1978, 1990 et 1997 de l'IFN. ;
- Le taux de recouvrement boisé estimé par observation des vues aériennes de 1997 sur la base de la typologie de P. Folk (classe 3 : 10 à 25 %, classe 4 : 25 à 50 %, classe 5 : 50 à 75 %, classe 6 : 75 à 100 %) ;
- La ou les essences dominantes par observation des vues aériennes de 1997 ;
- Le volume du peuplement calculé à partir des données d'accroissement courant des 3 cycles d'inventaires IFN (1972, 1981 et 1994) pour les régions Grands Causses aveyronnais et Camarès, et de l'âge des peuplements.

L'identification de la ou les essences dominantes des peuplements a été faite par observation de la forme et de la couleur des houppiers sur les photos aériennes de 1997. Les peuplements ont ensuite été répartis en 4 classes :

- peuplement à chêne blanc (au moins 90 % du couvert boisé est du CB<sup>\*</sup>) ;
- peuplement à pin sylvestre (au moins 90 % du couvert boisé est du PS<sup>\*</sup>) ;
- peuplement mélangé à dominante chêne blanc (entre 50 et 90 % du couvert boisé est du CB) ;
- peuplement mélangé à dominante pin sylvestre (entre 50 et 90 % du couvert boisé est du PS).

L'évaluation de l'âge des peuplements n'a pu malheureusement être menée jusqu'au bout, faute de temps. Nous avons ainsi choisi, comme solution temporaire pour faire tourner le modèle, de donner un âge aux peuplements en fonction de leur taux de recouvrement. L'âge estimé par l'expert forestier était en effet corrélé au taux de recouvrement du type identifié. Ainsi, par exemple, le type 1 (peuplements de pins âgés de plus de 35 ans) est à couvert continu, tandis que le type 2 (jeunes peuplements de pins améliorables) sont des peuplements encore pâturés (donc plus clairs) à couvert localement discontinu ou clairié. L'observation fine des 5 missions différentes nous aurait cependant permis d'estimer, avec une marge d'erreur plus faible, l'âge de nos peuplements. Concernant la description des strates **herbacée** et **arbustive**, nous n'avions à disposition que les photos aériennes de la mission IFN de 1997. On y distingue assez facilement les trois différentes strates. Il nous a donc été possible, par photo-interprétation, de déterminer le recouvrement arbustif et herbacé. Trois classes ont été identifiées : classe 1 : recouvrement faible (25-50 %), classe 2 : recouvrement moyen (50-75 %), classe 3 : recouvrement fort (75-100 %). Seul le sous-bois, par le biais de cette méthode, ne nous était pas accessible. Il nous a donc fallu l'obtenir au cours de notre phase de terrain. De plus, concernant la strate arbustive, l'espèce semblait intéressante à renseigner, d'une part pour l'élaboration de règles de croissance plus fines et, d'autre part, comme critère de quantité et de qualité de nourriture disponible pour les animaux. A partir du taux de recouvrement des trois strates, nous avons ainsi caractérisé l'espace ressource, en utilisant la typologie du CEFÉ de Montpellier adaptée à nos données. Nous

obtenons ainsi une **mosaïque de formations végétales**. Cette typologie permet de représenter la dynamique de progression des ligneux sous forme d'une chaîne de succession de formations végétales relativement facile à comprendre (Fig.4 et 5).

Les règles logiques utilisées sont les suivantes :

Soit treeCover le taux de recouvrement arboré, shrubCover le taux de recouvrement arbustif, grassCover le taux de recouvrement herbacé et fv la formation végétale ainsi décrite.

Si treeCover = 6 alors fv = **Ligneux Hauts denses** (LHd)

Si treeCover = 5 alors fv = **Ligneux Hauts peu denses** (LHpd)

Si treeCover = 4 alors

Si shrubCover > 1 et self grassCover > 1 alors fv = **Ligneux Hauts Ligneux Bas Herbe** (LHLBH)

Si shrubCover < 2 et grassCover > 1 alors fv = **Ligneux Hauts Herbe** (LHH)

Si shrubCover > 1 et grassCover < 2 alors fv = **Ligneux Hauts Ligneux Bas** (LHLB)

Si shrubCover < 2 et grassCover < 2 alors fv = **Ligneux Hauts clairs** (LHc)

Si treeCover < 4 alors

Si shrubCover > 1 et grassCover > 1 alors fv = **Ligneux Bas Herbe** (LBH)

Si shrubCover < 2 et grassCover > 1 alors fv = **Herbe** (H)

Si shrubCover > 1 et grassCover < 2 alors fv = **Ligneux Bas** (LB)

Si shrubCover < 2 et grassCover < 2 alors fv = **roche** (ZN)

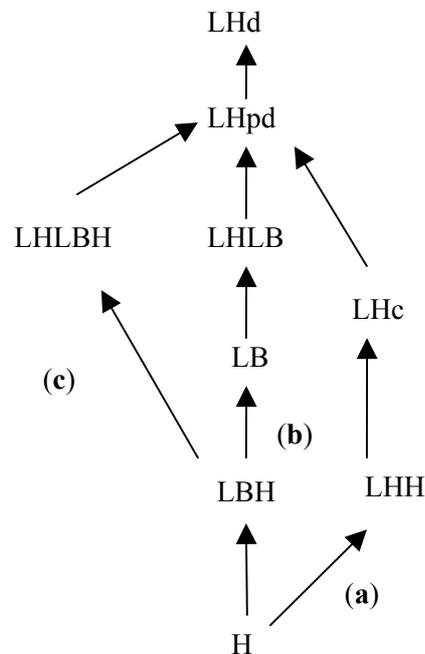


Figure 4 : Dynamique de fermeture du milieu d'après la typologie des successions végétales du CEFÉ de Montpellier.

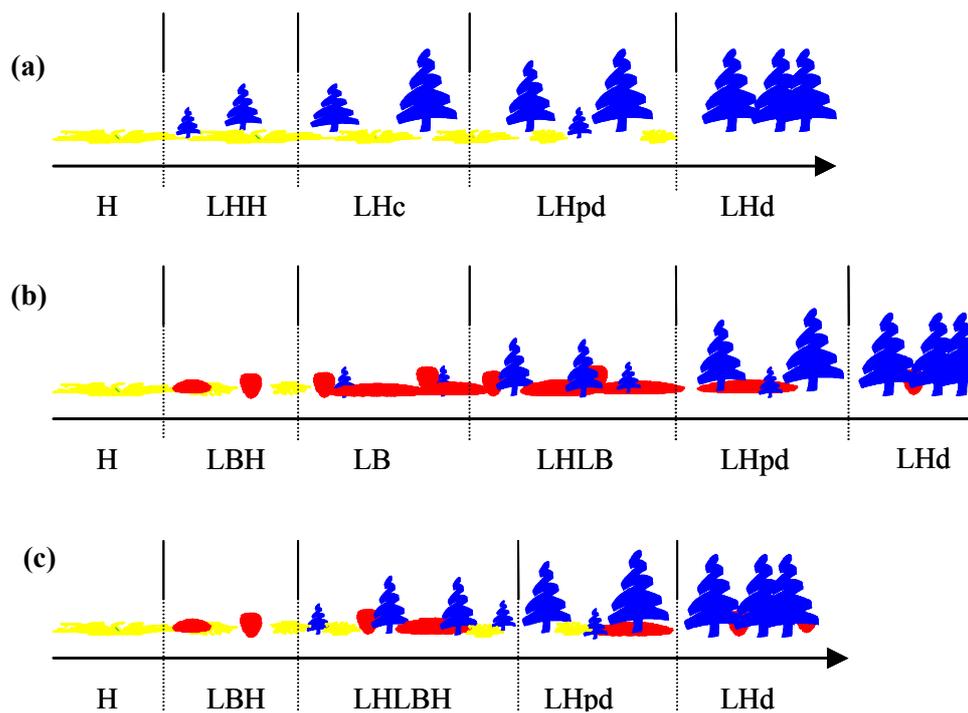


Figure 5 : 3 modes de passage de la pelouse à la forêt : par accrue de pin (a), par embroussaillage (b) et par accrue sur embroussaillage (c), voir figure 4.

## 2.2 Identification des données manquantes : élaboration du questionnaire d'enquêtes

Le fermier et le comité de gérance de la SCTL s'avèrent être les deux principaux acteurs de notre modèle. La phase de terrain programmée pour fin janvier 2004 visait donc à collecter les informations nécessaires pour créer l'espace ressource du modèle et décrire, sous forme de clés de décisions, les pratiques du fermier entrant dans le champ de notre problématique, ainsi que le rôle direct ou indirect joué par la SCTL.

### 2.2.1 Délimitation de la zone d'étude

La SCTL, créée en 1983 suite à la « lutte du camp militaire », est une structure foncière unique en France qui dispose d'un bail emphytéotique pour les 6000 ha acquis par l'Etat, par achats ou expropriations, durant la période 1970-1980 (Fig.6). Ces parcelles sont allouées à des fermiers et constituent, suivant les cas, soit l'intégralité de leur territoire d'exploitation, soit une partie de leur exploitation, alors complétée par de la propriété privée, communale ou des parcelles en GFA\*.

La SCTL souhaitant une réflexion sur la gestion de la ressource boisée **à l'échelle de l'ensemble de son territoire**, il a fallu trouver un juste équilibre entre les objectifs prioritaires à atteindre, le degré de fiabilité attendu et nécessaire du modèle, les contraintes techniques liées à l'implémentation du modèle et, bien sûr, la contrainte de temps disponible.

Il s'avère en effet que les bois de la SCTL (formation de type LHd ou LHpd d'un seul tenant et d'une surface supérieure à deux hectares), sont répartis sur 35 exploitations, elles-mêmes réparties sur 7 communes différentes : Millau, La Roque Sainte Marguerite, Nant, La Cavalerie, L'Hospitalet, La Couvertorade et Cornus), soit : du nord au sud sur 23 km, et sur 13 km d'est en ouest. Or, si les SMA

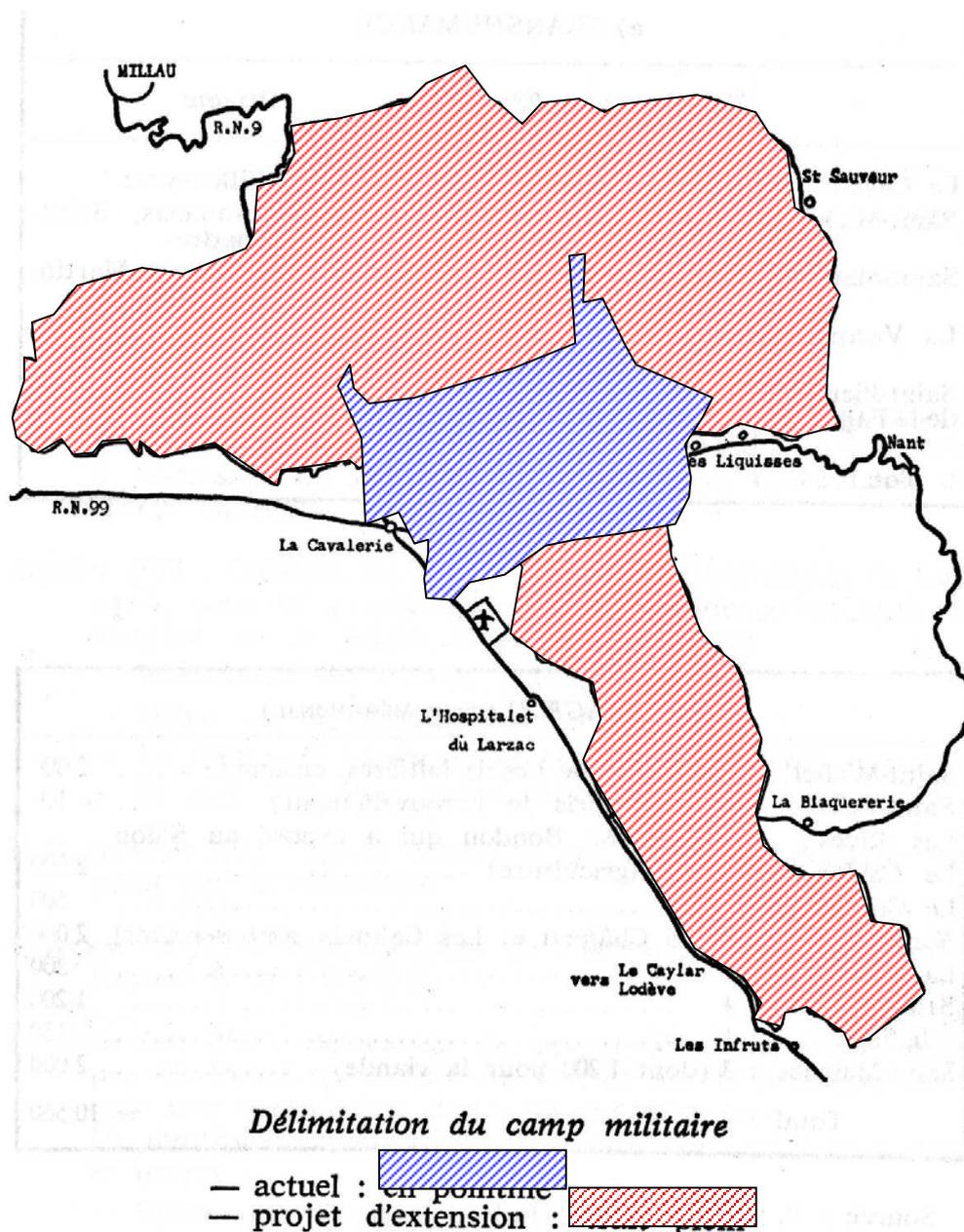


Figure 6 : Carte des limites du projet d'extension du camp militaire sur le plateau du Larzac (Source : Larzac, *Terre méconnue*, 1973. Editions ouvrières, Paris, 198 p).

s'avèrent, comme nous l'avons dit précédemment, des outils particulièrement intéressants et performants dans un contexte de prise de décision entre plusieurs acteurs locaux, ils nécessitent pour leur création un nombre important de données de terrain de façon à pouvoir fournir une simulation de l'espace suffisamment proche de la réalité pour que les agents puissent s'y reconnaître.

Nous n'avons ainsi retenu que les 35 fermiers disposant sur leurs exploitations agricoles de bois appartenant à la SCTL ; cet espace constituant l'espace ressource à proprement parler. Par contre, l'ensemble du territoire d'exploitation de ces 35 fermiers a été retenu (parcelles SCTL, GFA, privées, communales, et autres), compte tenu du fait que leurs règles de gestion s'appliquent à, et intègrent l'ensemble de l'exploitation agricole. En ce qui concerne les espaces situés entre ces exploitations,

nous avons décidé de n'y représenter que les formations végétales et de n'y associer que les règles de dynamiques écologiques (espace ressource sans agent).

### 2.2.2 Questionnaire d'enquête

Le questionnaire d'enquêtes a été élaboré conjointement avec les différents partenaires du projet, à savoir l'IE\*, l>IDF\* et le Cemagref\*. Il avait pour objectif de fournir les renseignements nécessaires d'une part à l'implémentation de l'espace ressource, des entités spatiales et des actions des fermiers et, d'autre part, au travail mené par le Cemagref sur l'estimation du temps de travail que les fermiers pourraient éventuellement consacrer à des activités nouvelles en forêt dans le cadre de propositions ultérieures de gestion de la ressource boisée les mettant à contribution. Il s'agissait également d'avoir une idée sur le devenir des 35 exploitations agricoles après le départ en retraite des actuels fermiers.

Concernant la caractérisation de l'espace ressource, l'essentiel des données nécessaires au modèle a été obtenu par photo-interprétation des vues aériennes de 1997 (cf. chapitre 2.1.3), il ne nous restait qu'à collecter l'information sur le recouvrement arbustif en sous-bois et sur l'espèce arbustive dominante. L'information concernant le taux de recouvrement arbustif étant délicate à obtenir auprès des fermiers, nous nous sommes orientés vers une description qualitative simplifiée en 4 classes : 0 : absent ou non significatif ; 1 : arbustes présents mais non-contrainants pour le pâturage ; 2 : arbustes gênant la progression des animaux en sous-bois mais ne l'empêchant pas ; 3 : recouvrement arbustif impénétrable par les animaux.

Pour chacun des fermiers, la phase de terrain devait également nous permettre de spatialiser les différentes entités de gestion décrites au chapitre 2.1.1.2. Nous avons donc proposé aux fermiers de dessiner sur les photos aériennes de la mission IFN de 1997, les limites externes de leur territoire d'exploitation, les limites clôturées et non-clôturées des parcs ainsi que le contour des zones cultivées (prairies de fauche, céréales moissonnées et céréales pâturées étant confondues), et de localiser le ou les bâtiments d'élevage (les fermiers étant pour la plupart habitués à se repérer sur photos aériennes).

Des données globales sur l'exploitation agricole ont également été récoltées comme le type de production (ovin lait, ovin viande, bovin viande,...), la production annuelle (volume de lait/an,...), la filière de commercialisation (production de lait pour Roquefort, transformation du lait à la ferme puis commercialisation sur les marchés,...) et le nombre annuel moyen d'animaux au pâturage.

Concernant l'activité de pâturage, n'étant pas particulièrement à l'aise dans cette partie du questionnaire, j'ai décidé de traiter la question en m'appuyant sur deux tableaux :

- Le premier tableau était un calendrier de pâturage mensuel par lot<sup>□</sup>, sur lequel j'indiquais à quelles périodes de l'année les animaux s'alimentaient en bergerie, sur champs et sur parcours, ainsi que les dates de mise-bas, de sevrage, de mise à la reproduction, de vente des agneaux et de traite qui conditionnent les niveaux de besoins alimentaires des animaux (exemple calendrier de pâturage mensuel pat lot du fermier n°5, Annexe 11).
- Le second tableau était un calendrier de pâturage mensuel par parc. Pour chacun des parcs, désignés par le nom donné par le fermier et reporté sur les photos aériennes de 1997, j'y indiquais à quel moment de l'année ils étaient pâturés, par quel lot, sur quelle durée (en semaines) et avec quel niveau de complémentation<sup>□</sup> des animaux (en %) (Annexe 2).

L'objectif n'étant pas d'intégrer au modèle le calendrier de pâturage type pour chacun des fermiers, il me fallait donc ensuite interroger l'éleveur pour comprendre les raisons qui l'ont amené à organiser ainsi son pâturage et à choisir tel parc plutôt que tel autre, à tel moment et pour tel lot (exemple : choix des parcs les plus proches de la bergerie en période de traite pour diminuer les trajets à effectuer matin et soir pour amener et ramener les animaux ; choix des parcs boisés en été pour le confort des animaux ou la meilleure qualité d'herbe ; choix des peuplements de chêne blanc en automne pour la glandée ; ...).

Concernant la ressource boisée, le questionnaire visait à comprendre quelle valeur et quelle fonction elle occupait dans le système d'exploitation de chacun des fermiers (exploitation de bois, valorisation des produits du sous-bois, valorisation par le pâturage ou comme abris pour les animaux,

chasse, cueillette, aménagement pour le tourisme, récréation, ou autres). Dans le cas d'une exploitation de bois, il s'agissait de connaître les pratiques sylvicoles mises en œuvre par les fermiers, les besoins en bois de chacun, de localiser les zones d'exploitation de bois, d'explicitier les raisons du fermier l'amenant à exploiter tel bois plutôt que tel autre ainsi que les éventuels changements que son activité de coupe de bois pourrait avoir sur l'organisation de son système de pâturage.

Concernant les renseignements nécessaires au Cemagref, chaque exploitation devait être décrite d'après le nombre de personnes qui y travaillaient régulièrement (les membres de la cellule de base) ainsi que les aides occasionnelles de travailleurs extérieurs. Un calendrier annuel des principales activités du fermier faisait également partie du questionnaire sur lequel étaient reportées, entre autres, les périodes de travail sur prairies et cultures (foin, ensilage, épandage,...) et, le cas échéant, de vente des produits de la ferme sur le marché.

### 2.2.3 Analyse critique du questionnaire après réalisation des enquêtes

Le questionnaire d'enquête, tel que décrit dans le paragraphe précédent, comportait neuf pages de questions et tableaux à remplir. Le questionnaire a d'abord été testé auprès d'un fermier avec l'aide de F. Roudaut de l'IE de façon à m'acclimater avec les questions concernant les pratiques d'élevage et d'organisation du pâturage. De plus, les deux premières vraies enquêtes ont eu lieu en compagnie de M. Etienne et L. Dobremez et m'ont permis d'améliorer ma technique d'entretien. Malgré cela, la durée d'enquête restait d'environ une heure et demie à deux heures, temps que les fermiers ne pouvaient pas tous se permettre de consacrer : fin janvier correspondant pour nombre d'entre eux à la période d'agnelage. Les questionnaires n'ont donc pas tous pu être menés à terme, questionnaires qu'il a fallu compléter, lorsque cela était possible, par téléphone.

Si globalement la phase de terrain a permis de remplir la plupart des objectifs fixés, ceux-ci étaient cependant trop nombreux pour ne faire l'objet, selon moi, que d'un seul entretien par fermier.

### 2.2.4 Saisie des données cartographiques issues des enquêtes

Parmi les 35 exploitations de la liste fournie par la SCTL, sept fermiers n'ont pas souhaité être enquêtés ou n'ont pas été joignables durant la phase de terrain, et n'ont donc pas été intégrés au modèle faute de renseignements suffisants.

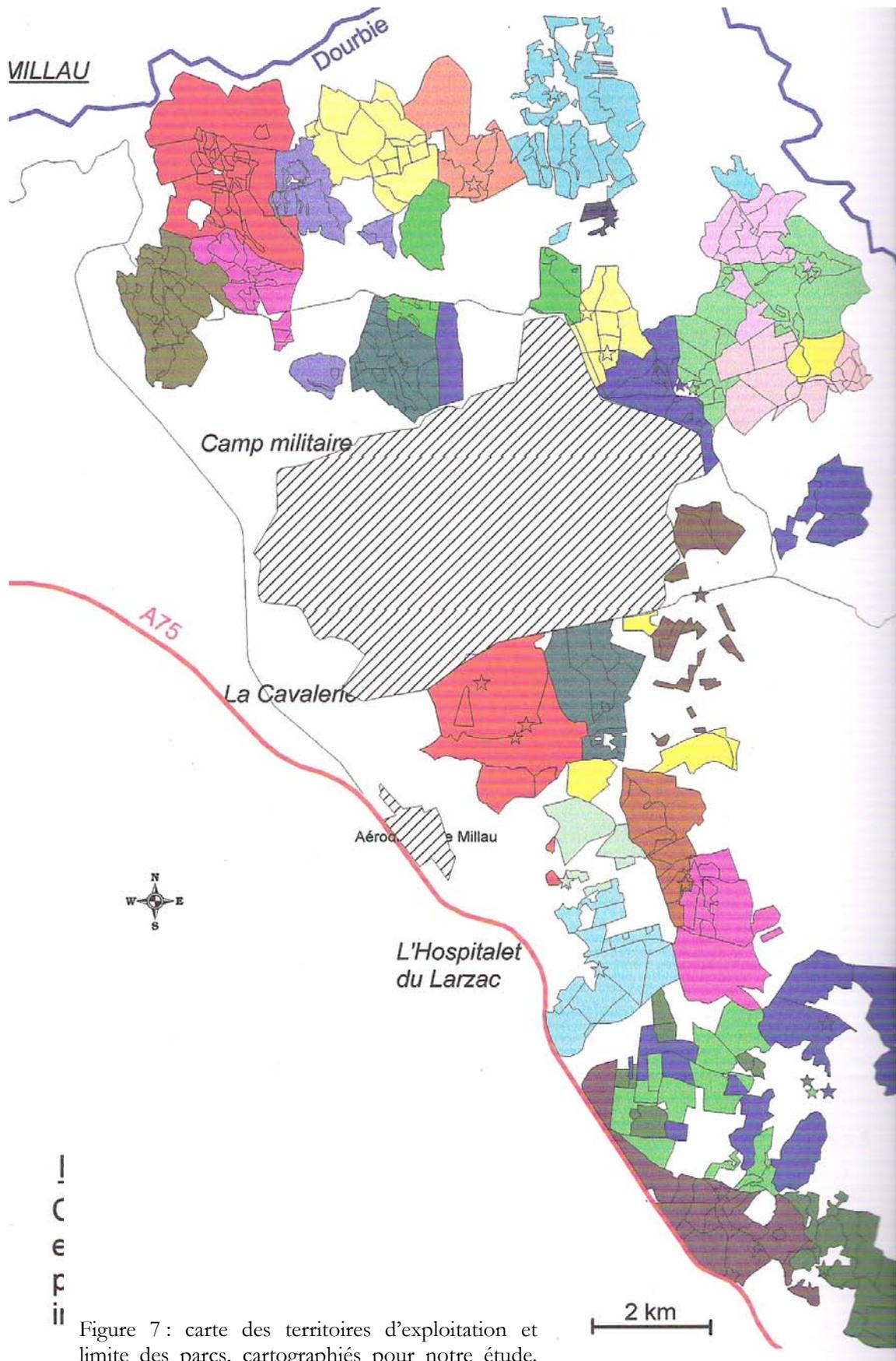
Les données cartographiques obtenues auprès des fermiers ont été saisies à partir du logiciel MapInfo et intégrées aux SIG\* réalisés lors de la phase de photo-interprétation des vues aériennes de 1997. Le SIG était ainsi constitué de trois couches différentes :

- La couche de végétation où étaient cartographiées les formations végétales décrites par leurs taux de recouvrements arboré, arbustif et herbacé (cf. chapitre 2.1.3) complétées par le taux de recouvrement arbustif en sous-bois obtenu lors de la phase d'enquêtes.
- La couche des infrastructures issues de la saisie des données concernant les limites des territoires d'exploitation, les limites de parcs et l'emplacement des bergeries (Fig.7).
- La couche des faire-valoir (parcelles cadastrales appartenant à la SCTL, à un GFA, à une commune ou à un propriétaire privé).

La couche de végétation a ensuite été rasterisée avant d'être exportée sur la plateforme CORMAS\*. Le territoire d'étude se présente alors sous la forme d'une grille dont les cellules font toutes un hectare. Au total, les territoires d'exploitations des 28 fermiers intégrés au modèle couvrent une surface de 7660 ha, dont 1099 ha sont des cultures, 2776 ha des espaces plus ou moins boisés (**treeCover**  $\geq$  3) et 3784 ha sont des parcours. Sur les 2776 ha de bois recensés, 1760 ha dépendent de la SCTL. La figure 8 correspond à la carte des boisements présents sur l'ensemble du territoire décrits par leur taux de recouvrement arboré (Fig.8). Sur les 6300 ha de terrains attribués à la SCTL à l'issue de « la lutte » contre le projet d'extension du camp militaire, 4281 ont été intégrés au modèle. Enfin, les zones cultivées, non sujettes aux dynamiques écologiques précédemment évoquées, couvrent une surface de 1100 ha dont 455 ha appartiennent à la SCTL.







I  
C  
e  
p  
ii

Figure 7 : carte des territoires d'exploitation et limite des parcs, cartographiés pour notre étude. Chaque couleur correspond au territoire d'un fermier.

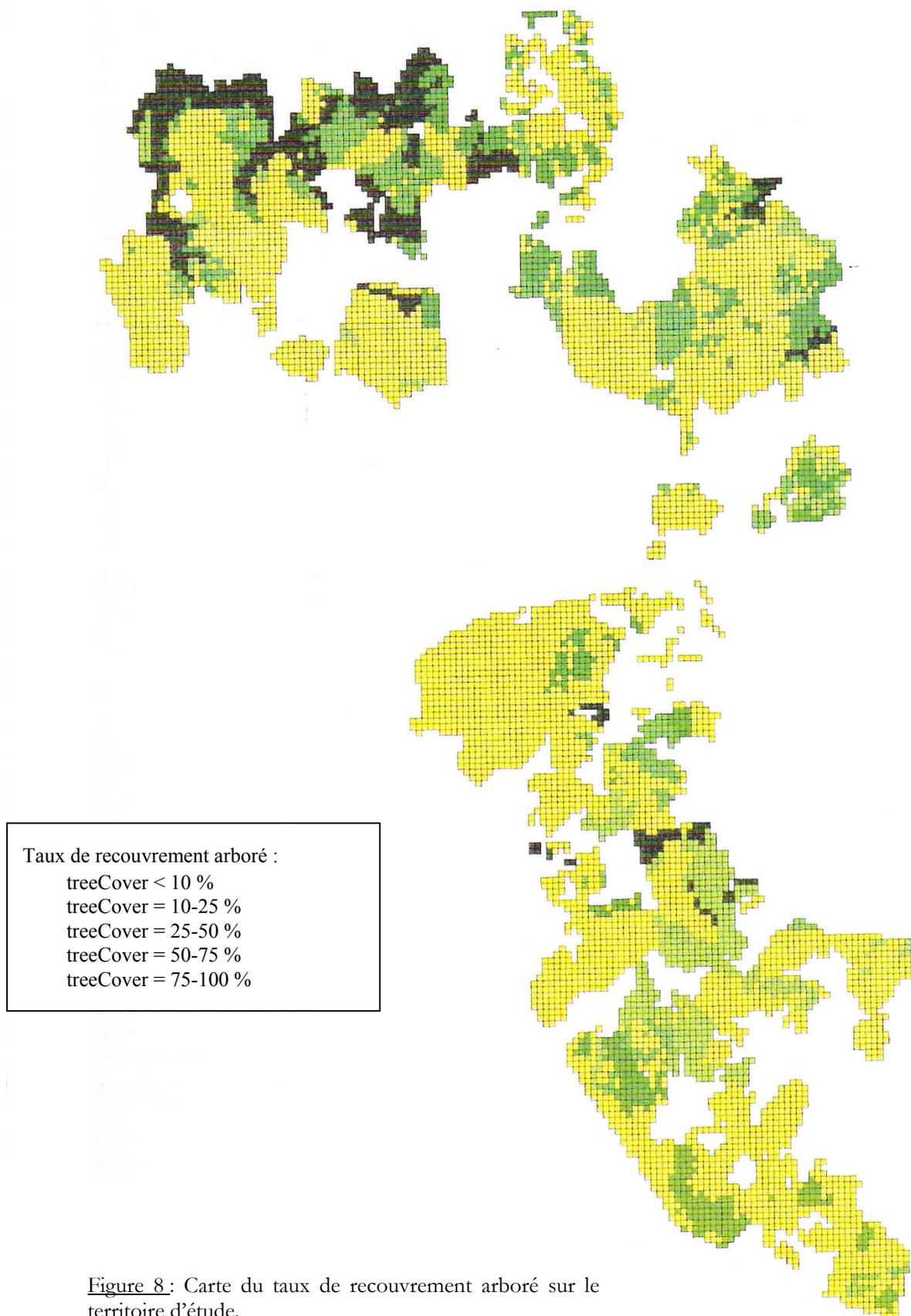


Figure 8: Carte du taux de recouvrement arboré sur le territoire d'étude.

Il est à noter que l'aspect émietté de notre espace ressource est dû à la présence du camp militaire au milieu de la zone (Fig.7), au fait que certaines exploitations n'ont pas été sélectionnées car ne présentant pas de boisements dépendant de la SCTL, que certaines parcelles en culture appartenant aux fermiers n'ont pas été recensées lors de la phase de terrain faute de temps et enfin que sept des fermiers initialement prévus dans la liste des 35, n'ont pas été intégrés au modèle.

## 3 Du modèle conceptuel au modèle informatique

### 3.1 Modélisation de l'espace ressource

L'étape de modélisation de l'espace ressource consiste à élaborer des règles logiques permettant à notre espace ressource de référence (espace à l'instant zéro) d'évoluer dans le temps en fonction des interactions entre les dynamiques écologiques que l'on souhaite représenter et les pratiques forestières et pastorales qui y ont cours.

#### 3.1.1 La ressource boisée et arbustive

##### 3.1.1.1 Modélisation de la dynamique de progression des ligneux en interaction avec les pratiques « sylvopastorales »

#### **Principe :**

Après avoir choisi de représenter notre espace ressource comme une mosaïque de formations végétales (cf. chapitre 2) il s'agit maintenant d'être capable de renseigner le modèle sur les conditions et sur la vitesse de passage d'un stade de végétation à un autre, et ce en interaction avec les 2 pratiques recensées sur la zone d'étude : pâturage et coupe de bois.

Chaque formation végétale, présentant une strate arborée, est de plus renseignée sur la ou les essences forestières qui la constituent. Or les processus de dissémination, les conditions de survie des semis et la vitesse de croissance et de fermeture du couvert, diffèrent selon que l'on se trouve en présence de pin sylvestre ou de chêne blanc. Il nous faudra donc élaborer des règles adaptées à chacun des quatre types de peuplements recensés (peuplement à chêne blanc, à pin sylvestre, mixte à dominante chêne blanc et mixte à dominante pin sylvestre).

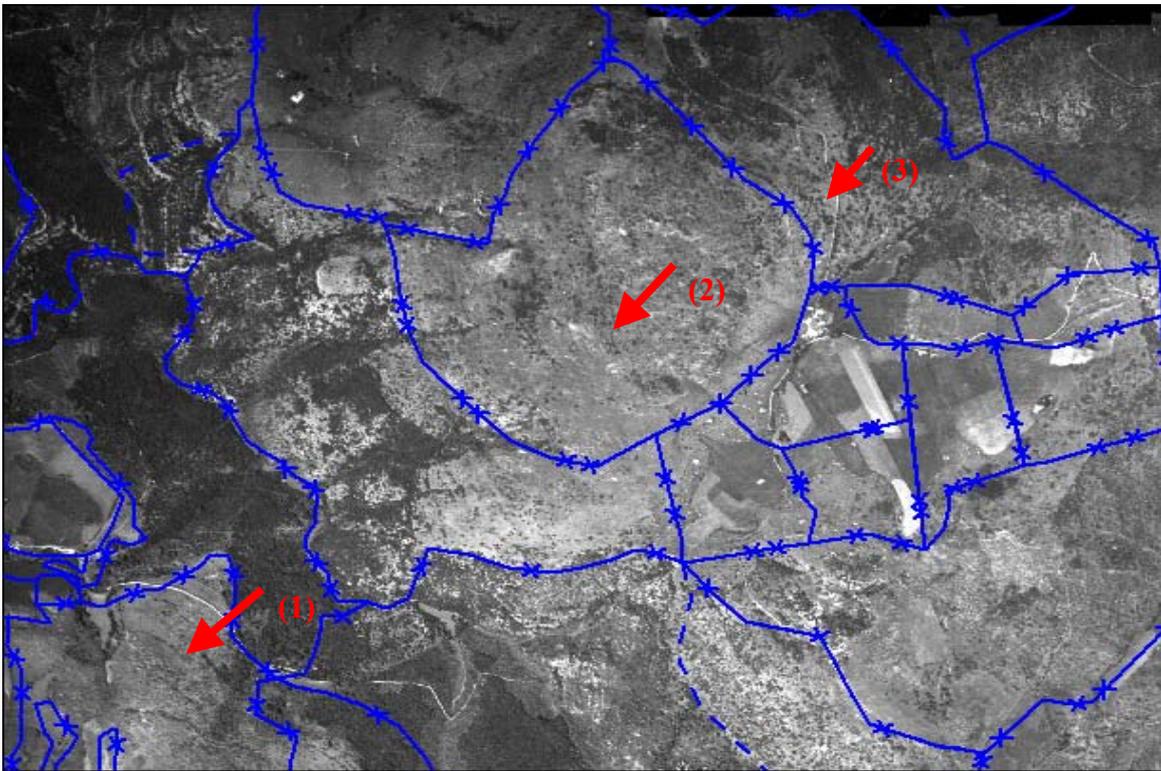
#### **Méthode utilisée : l'analyse synchronique de photographies aériennes.**

La méthode utilisée se base sur l'observation comparée de photos aériennes de missions successives. L'objectif est de pouvoir renseigner notre schéma des successions végétales (Fig.1), de la façon la plus complète et la plus précise possible, sur le temps de passage d'une formation végétale à une autre, et ce avec ou sans interaction anthropique. Nous nous sommes donc procurés, en plus des photos de 1997 sur la base desquelles nous avons établi notre espace de référence, les photos aériennes de 1948, de l'IGN., et de 1964, 1978 et 1990 de l'IFN. Nous avons ainsi travaillé sur une période de 49 ans, avec des intervalles de temps entre les photos aériennes de 16, 14, 12 et 7 ans.

Par simple observation des photos aériennes, on constate, d'ores et déjà que la période choisie (1948 à 1997) met à jour de façon évidente la progression des ligneux sur le territoire de la SCTL. En comparant les Photos 7 et 8, l'installation du pin sylvestre (flèche (1)) et du pin sylvestre associé au chêne blanc (flèches (2) et (3)) s'observe très nettement. Cette grande zone de parcours en 1948 se referme en 1997 et laisse apparaître une zone majoritairement boisée. Le paysage steppique et « homogène » des années 1948 a ainsi laissé place à un paysage plus contrasté, formé d'espaces plus ou moins ouverts et de massifs boisés. Des différences nettes de vitesse de progression sont également observables. Enfin, concernant le pin sylvestre, les deux types de dissémination précédemment évoqués (sous forme de front pionnier ou d'îlots) s'observent aisément sur photos aériennes.

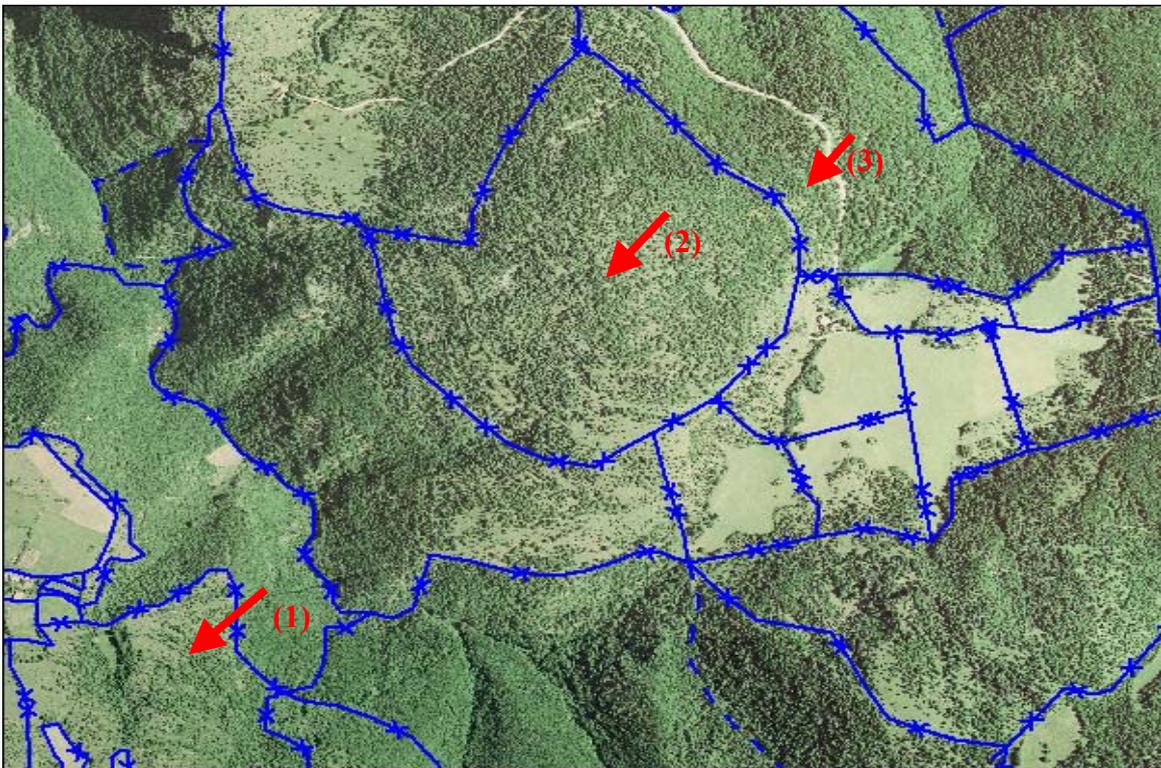
Photo 7 : Vue aérienne de 1948 d'une partie de l'exploitation agricole du fermier n°5.

*Rem : les lignes bleues correspondent aux actuelles limites des parcs et n'existaient pas en 1948. Elles ne servent ici qu'à se repérer.*



*(IGN, mission 1948)*

Photo 8 : Vue aérienne de 1997 d'une partie de l'exploitation agricole du fermier n°5.



*(IFN, mission 1997)*

L'étape suivante consistait donc à positionner sur la zone d'étude un certain nombre de points géoréférencés qui, une fois renseignés par la structure végétale de la zone homogène (de un à quelques hectares) qu'ils caractérisaient, et ce pour chacune des 5 missions, traduiraient la variabilité des dynamiques écologiques observées. Une trentaine de points ont été choisis pour caractériser chacune des trois principales dynamiques : l'embroussaillage, l'installation du chêne blanc et l'installation du pin sylvestre. Soit au total 87 points, répartis sur la zone d'étude. De la même manière que nous avons procédé pour la création de notre espace ressource de référence (cf. chapitre 2.1.3), nous avons relevé par photo-interprétation le recouvrement herbacé, arbustif et arboré, ainsi que les essences forestières présentes, pour chacun des points aux 5 dates disponibles (1948, 1964, 1978, 1990 et 1997), selon la méthode de P. Folk (Etienne et Rigolot, 2001). Une fois le traitement informatique des taux de recouvrement des trois strates effectué, nous obtenons à chaque date la formation végétale présente.

Tableau 1 : Extrait du tableau du tableau d'analyse chêne blanc.

Coordonnées du point	Commune	cefe1948	cefe1964	cefe1978	cefe1990	cefe1997
CT164	Cavalerie-Hospitalet	H	LHH	LHpd	LHpd	LHd
CF145	Cavalerie-Hospitalet	H	H	LHpd	LHpd	LHd
DQ56	Nant	H	H	LHH	LHd	LHd
CM47	Roque Ste Marguerite	LHH	LHH	H	LHpd	LHd
P40	Millau	H	LB	LHd	LHd	LHd
N43	Millau	H	LB	LB	LHLB	LHpd
DC46	Nant	ZN	H	H	LBH	LBH
etc...						

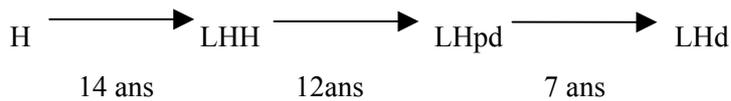
Au regard de cet échantillon de points, on constate une grande diversité dans les chaînes de successions végétales. Le processus complet de fermeture du milieu qui passe de H à LHd s'effectue en 49 ans pour le point CT164, en 33 ans pour CF145 et en 26 ans pour DQ56. D'autre part, les formations végétales intermédiaires recensées ne sont pas les mêmes d'un processus à un autre.

Pour expliquer la disparité des résultats obtenus, il nous a fallu expliciter pour chacun des points :

- l'environnement proche dans lequel il se trouvait (comme la présence de peuplements matures à proximité),
- les pratiques pastorales ou forestières qui peuvent avoir eu un impact sur la dynamique naturelle (comme le ralentissement de la progression sur zone fortement pâturée depuis longtemps) qui sont soit directement observables sur la carte (présence de points d'eau, de tracés d'animaux, d'une ferme à proximité,...), soit obtenues auprès des éleveurs au cours des enquêtes, soit hypothétique au regard des résultats obtenus dans le tableau,
- les événements historiques récents ayant affecté cette partie du Larzac et qui pourraient expliquer une tendance générale observée sur la zone d'étude à une période donnée.

#### **Un exemple concret : l'analyse de la série « installation du pin sylvestre » (Annexe 4)**

L'analyse d'une matrice de transition débute par la recherche du processus observé le plus complet. Dans le cas du pin sylvestre, on observe de façon redondante la chaîne suivante :

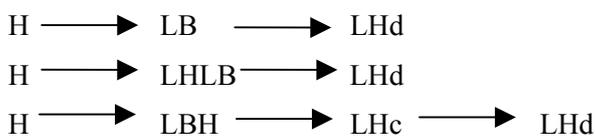


Cette chaîne correspond au processus d'installation à distance de jeunes pins sur zones ouvertes (donc de première génération) qui correspond à la formation végétale LHH, suivi de l'installation d'une deuxième génération de pins entre les arbres de première génération qui entraîne une fermeture rapide du couvert.

Une deuxième chaîne de transition rencontrée est le passage direct de H à LHd. Cette chaîne correspond au processus de progression du pin sylvestre sous forme de front pionnier à partir de peuplements voisins matures.

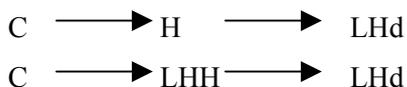
On observe également certaines variantes comme :

a) l'apparition d'une formation végétale intermédiaire de type arbustive



On se trouve là dans le cas d'un embroussaillage d'une surface ouverte qui facilite, par la suite, l'installation de ligneux ; ce phénomène étant cependant plus marqué dans la série du chêne blanc.

b) l'abandon de terres cultivées



L'installation du pin sylvestre se produit dans le premier cas sous forme de front pionnier à partir d'un peuplement voisin, dans le deuxième cas par installation d'une première génération puis par fermeture du milieu. Dans les deux cas, les conditions d'installation du pin sylvestre sur terres cultivées semblent meilleures que dans les autres cas de figures.

c) l'exploitation du pin sylvestre en coupe rase



Une fois les processus identifiés, il convient de déterminer le temps nécessaire au passage d'une formation végétale à une autre pour chacun d'eux. J'ai tout d'abord constaté que la progression du pin sylvestre n'avait pas été linéaire sur le Larzac : de façon générale, l'installation de nouvelles générations de pins a eu lieu principalement entre 1978 et 1990, et en moindre mesure entre 1948 et 1964. Concernant la première période (78-90), l'installation de jeunes pins a eu lieu préférentiellement dans les zones appartenant aujourd'hui à la SCTL : c'est-à-dire des zones qui ont été rachetées par l'Etat entre 1972 et 1980 (Dambrin, 2001), et qui n'ont alors plus été pâturées jusqu'en 1981, date à laquelle le projet d'extension a été abandonné. La diminution de l'activité de pâturage durant la période du projet d'extension du camp militaire a été propice à l'installation du pin sylvestre. Concernant la seconde période (48-64), elle correspond à la période d'après guerre. Lorsque l'on se réfère aux données démographiques de la région, on constate une chute importante de la population sur le Larzac à cause de la guerre et qui a entraîné une diminution de l'activité de pâturage et favorisé l'installation du pin sylvestre. La densification du couvert boisé que l'on observe entre 64 et 78 et entre 90 et 97 semble, quant à elle, n'être dû principalement qu'à un accroissement des houppiers des arbres déjà en place. Lorsque l'on calcule enfin le temps de passage d'une formation à une autre, les hypothèses faites quant à la continuité ou non du pâturage entre 48 et 97 nous permet de séparer les

points représentatifs de dynamiques peu freinées ou, au contraire, fortement ralenties, voire stoppées, par les activités de pâturage et/ou de coupes de bois. De plus, pour une analyse plus fine de la situation et un calcul plus exact des vitesses, nous nous sommes souvent servis, comme outil de vérification, d'une deuxième typologie, plus difficile d'approche, mais plus exacte : la typologie Cormas. Cette typologie concatène les valeurs de recouvrement de chacune des strates. On obtient alors le type de chaîne suivant :

1948          1964          1978          1990          1997  
 006 → 106 → 305 → 503 → 601

Le premier chiffre correspond au recouvrement arboré, le second, au recouvrement arbustif et le troisième, au recouvrement herbacé. Cette chaîne est équivalente, pour la typologie du CEFE à :

H → H → H → LHpd → LHd

Dans ce cas précis, il est important de constater que durant les trois premières étapes, on assiste à une installation d'arbres isolés qui, une fois matures, et si le pâturage le permet comme c'est le cas ici, vont disséminer et remplir l'espace très rapidement sous forme de tâches. On n'est donc pas, comme nous aurions pu le croire en s'en tenant à la typologie du CEFE, dans le cas d'une installation rapide du pin sylvestre par front pionnier à partir d'un peuplement voisin mature déjà existant. Dans le cas présent, la dynamique d'installation ligneuse ne commence donc pas à partir de la troisième étape mais bien à partir de la première : installation à distance lente puis remplissage rapide de l'espace.

De nombreuses surfaces ouvertes en 1948 le sont restées jusqu'en 1997. Le pâturage régulier, sans doute couplé à des nettoyages mécaniques ou manuels de la part du fermier, a alors permis de bloquer la dynamique naturelle d'installation du pin sylvestre. Les zones qui, en revanche, se sont vues envahies par le pin, de façon plus ou moins rapide, sont des zones où l'activité de pâturage semble avoir été perturbée (du fait de l'abandon, l'interruption temporaire ou la dés-intensification du pâturage). On fait donc l'hypothèse qu'en deçà d'un seuil minimum d'intensité de pâturage, qui sera explicité par la suite, les jeunes semis de pin sylvestre survivent et se développent et que la variabilité des durées de transition obtenues est corrélée à l'intensité du pâturage pratiqué en deçà du seuil. Synthèse des résultats obtenus pour le pin sylvestre :

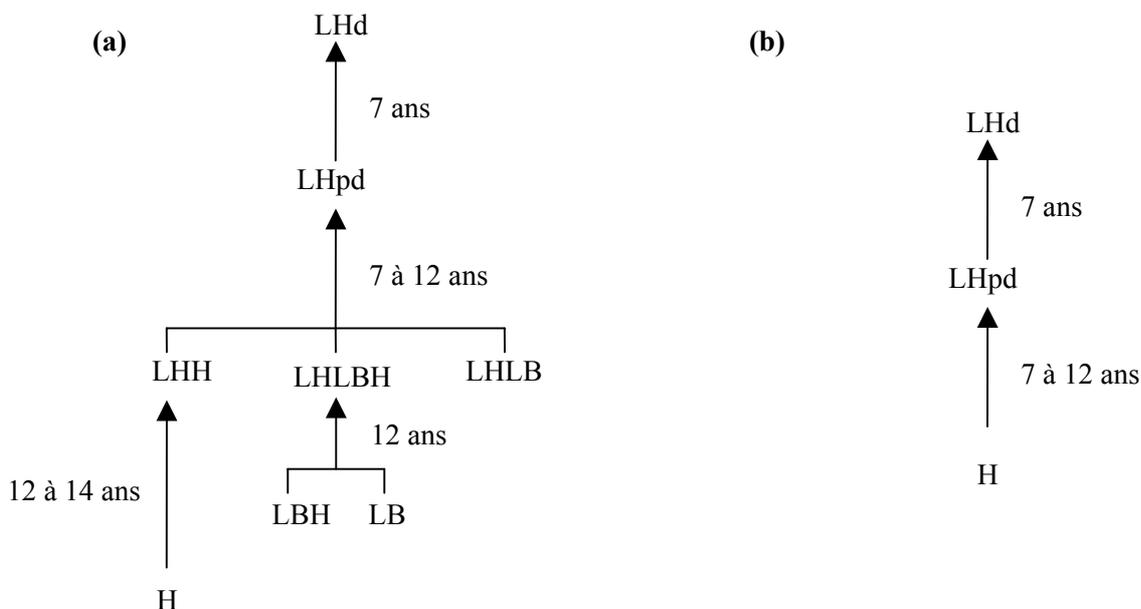


Figure 9: Matrice de transition pour le pin sylvestre avec une faible pression de pâturage (a) et après coupe rase (b).

Il est à noter que la variabilité des valeurs obtenues n'est pas uniquement le fruit d'intensités de pâturage différentes mais aussi de l'intervalle de temps parfois important entre deux missions de photo aériennes successives.

### **Intégration de l'analyse des matrices de transition au modèle.**

L'analyse complète des trois séries (chêne blanc, pin sylvestre et embroussaillage) nous a permis, comme nous l'avons fait dans le chapitre précédent pour le pin sylvestre, de déterminer, selon la ou les essences forestières concernées, selon l'intensité du pâturage pratiqué et selon la nature des coupes réalisées, les vitesses de transitions.

Nous avons associé à chacune des cellules de notre espace ressource, toutes potentiellement soumises aux dynamiques en jeu sur le territoire, un certain nombre d'attributs qui vont nous permettre de prendre en compte la variabilité des résultats trouvés lors de l'élaboration des matrices de transition.

Attributs cellulaires utilisés dans le programme informatique :

- **fv** : formation végétale de la cellule (cf. chapitre 2.1.3).
- **treeSpecies** : essences forestières dominantes de la cellule (PS, PSCB\*, CBPS\*, CB).
- **forestry** : cet attribut est un attribut mémoire. Ainsi, lorsqu'une coupe est réalisée dans la cellule l'attribut forestry est incrémenté de 1 pour une coupe sélective, de 10 lorsqu'il s'agit d'une coupe rase. Cet attribut a été créé de façon à tenir compte de la différence de vitesse de fermeture du couvert boisé entre un boisement naturel installé sur zone nue et un boisement naturel installé après une coupe rase. En effet, le chêne blanc rejette à partir des souches ; quant au pin sylvestre, une coupe rase dans un peuplement dense sans tapis herbacé en sous-bois, offre un terrain propice et peu concurrentiel pour l'installation de jeunes semis.
- **neighbourhood** : voisinage. Cet attribut indique si la cellule se trouve dans l'aire d'égrainage de peuplements matures. Un peuplement est considéré comme mature lorsque son taux de recouvrement boisé dépasse 50 %, ce dans un souci de simplification du modèle.
- **bufferState** : cet attribut est une sorte d'horloge. Il comptabilise le nombre d'années écoulées depuis l'initialisation d'un processus de transition végétale.
- **stockingRate** : chargement. Cet attribut comptabilise, à la fin de l'année, le nombre de journées équivalents brebis de pâturage sur la cellule. Cet attribut est incrémenté, chaque semaine, du nombre d'animaux mis à pâturer sur la cellule multiplié par les besoins alimentaires des animaux au cours de cette semaine ; les besoins alimentaires variant en fonction de l'état physiologique de l'animal (selon que l'on est en période de mise-bas, de traite, de reproduction : « lutte », etc...).

A la fin de chaque cycle annuel, un programme informatique interroge automatiquement l'ensemble des cellules et détermine si l'intensité de pâturage y était suffisante pour bloquer les trois dynamiques naturelles en jeu. Le critère choisi pour caractériser l'intensité de pâturage est le chargement<sup>□</sup> (**stockingRate**). Le seuil minimal de chargement, en deçà duquel la formation végétale de la cellule est susceptible d'évoluer, a été fixé par M. Etienne et G. Guérin à 400 journées équivalents brebis par hectare et par an (JEqB/ha/an). De plus, une distinction a été faite entre un « faible pâturage » ( $0 < \text{stockingRate} < 200$ ) et un « pâturage d'intensité moyenne » ( $200 < \text{stockingRate} < 400$ ). Ainsi, pour chaque année où le pâturage est insuffisant pour contrôler la dynamique ligneuse et arbustive (**stockingRate** < 400), l'horloge cellulaire (**bufferState**) se voit incrémentée de un. Partant d'une formation végétale donnée de la cellule, la transition vers la formation végétale suivante aura lieu lorsque l'horloge cellulaire aura atteint la valeur indiquée dans les matrices de transition.

### 3.1.1.2 Modélisation de la dynamique de vieillissement et d'accroissement en volume de nos peuplements en interaction avec les pratiques forestières

En guise de rappel (cf. chapitre 2.1.3), nous avons décrits nos peuplements forestiers par leur âge, leur(s) essence(s) dominante(s), leur taux de recouvrement boisé et leur volume. Chacun des critères est mis à jour annuellement à l'échelle de la cellule. L'âge et le volume sont calculés de façon automatique, quant au taux de recouvrement boisé, il est défini en fonction de la formation végétale de la cellule, elle-même mise à jour selon les critères décrits dans le chapitre précédent.

Il nous restait à définir les règles de croissance de nos peuplements suite à des interventions en forêt. Deux types de pratiques ont été recensés : l'exploitation du bois en coupe rase et l'exploitation en coupe sélective (cf. chapitre 3.2.2.2).

Dans le cas d'une coupe rase d'un peuplement de chêne blanc, la croissance dans les premières années est nettement plus forte. En effet, les rejets de souche disposent d'un système racinaire déjà développé. Pour traduire la plus forte croissance du chêne blanc après coupe rase, les données IFN d'accroissement du chêne blanc, de 0 à 15 ans, ont été multipliées par deux. J'ai ainsi fait l'hypothèse que la différence de développement racinaire entre un semis et un rejet de souche n'avait d'effet sur la croissance que dans les quinze premières années.

Dans le cas d'une coupe rase de pin sylvestre, il n'est pas question de rejet de souche mais de concurrence au sol. En effet, la coupe rase d'un peuplement de pin sylvestre dense, c'est-à-dire sans tapis herbacé en sous-bois, laisse après la coupe un terrain nu où les graines de pin sylvestre ne seront pas soumises à la concurrence herbacée ; l'implantation d'espèces herbacées sur sol nu nécessitant au moins 3 ans (d'après G. Guérin et M. Berthomieu). Ne disposant pas, comme pour le chêne blanc, de références bibliographiques d'accroissement du couvert après coupe rase, la même règle que pour le chêne blanc a été appliquée au pin sylvestre.

Concernant la vitesse de fermeture du couvert boisé suite à une coupe rase, les données ont été obtenues pour les peuplements de pin sylvestre et de chêne blanc par analyse des photos aériennes.

Dans le cas d'une coupe sélective, les fermiers prélèvent un à deux arbres sur dix ce que l'on a traduit dans le modèle comme un prélèvement de 25 % du recouvrement boisé du peuplement, que j'ai considéré équivalent à 25 % du volume du peuplement. Dans un souci de simplification du modèle, j'ai fait l'hypothèse, après concertation avec O. Picard de l'IDF, qu'un prélèvement de 25 % du taux de recouvrement boisé du peuplement pouvait être considéré comme sans influence sur l'accroissement annuel moyen du peuplement. En revanche, si deux coupes sélectives sont faites successivement au cours d'une même année, ce qui équivaut à un taux de prélèvement en recouvrement boisé de 50 %, l'accroissement annuel moyen du peuplement est cette fois diminué de 25 %.

Concernant la vitesse de fermeture du couvert boisé après une coupe sélective, faute d'avoir pu repérer sur les photos aériennes des cas de coupes sélectives, les règles déjà existantes ont été conservées.

### 3.1.2 La ressource herbagère

La croissance de l'herbe est calée sur une courbe de croissance annuelle saisonnière, élaborée par M. Etienne et G. Guérin, qui fait apparaître deux périodes de pousse par an : la pousse de printemps et la pousse d'automne. En été et en hiver, l'herbe ne pousse plus et le stock sur pied se dégrade au fil des semaines par sénescence (Fig.10). Les dates de début et de fin du printemps et de l'automne sont fonction du climat annuel tiré au hasard par l'ordinateur entre trois possibilités : année bonne, moyenne ou mauvaise.

De plus, « dans les espaces pâturés plus ou moins boisés de la région méditerranéenne (au sens large) ou de moyenne altitude, on observe que le tapis herbacé se comporte de façon différente sous les arbres et en dehors des arbres » (Etienne et Hubert, 1987). Outre la quantité d'herbe produite par type de formation végétale, il s'agit également de modéliser la répartition de la production herbagère

dans le temps ainsi que son aptitude au maintien sur pied qui varient de manière significative selon le taux de recouvrement arboré et l'essence forestière considérée (Guérin et *al.*, 2001). Des travaux de mise en valeur sylvopastorale dans des peuplements de pin sylvestre sur 56 exploitations agricoles de Lozère, suivis de mesures sur la croissance des arbres et de la production fourragère, ont ainsi mis en évidence, sur 19 sites de mesures d'herbe (Causses), que la production était supérieure sous couvert qu'en pleine lumière, particulièrement en début de printemps et en juillet-août (Balandier et *al.*, 2002). Concernant les peuplements de chêne blanc, le couvert arboré protégeant le sous-bois des ardeurs climatiques (vent, soleil, écarts de température) décale la pousse des herbacées en les maintenant vertes plus longtemps en fin de printemps et en fin d'automne (Bellon et *al.*, 1996), phénomène qui a son importance sur le Larzac où la végétation herbacée subit la période de stress hydrique estivale typique des zones méditerranéennes. Le programme de pousse de l'herbe de notre modèle intègre donc le niveau de production, la période de pousse et le maintien sur pied de l'herbe par type de formation végétale.

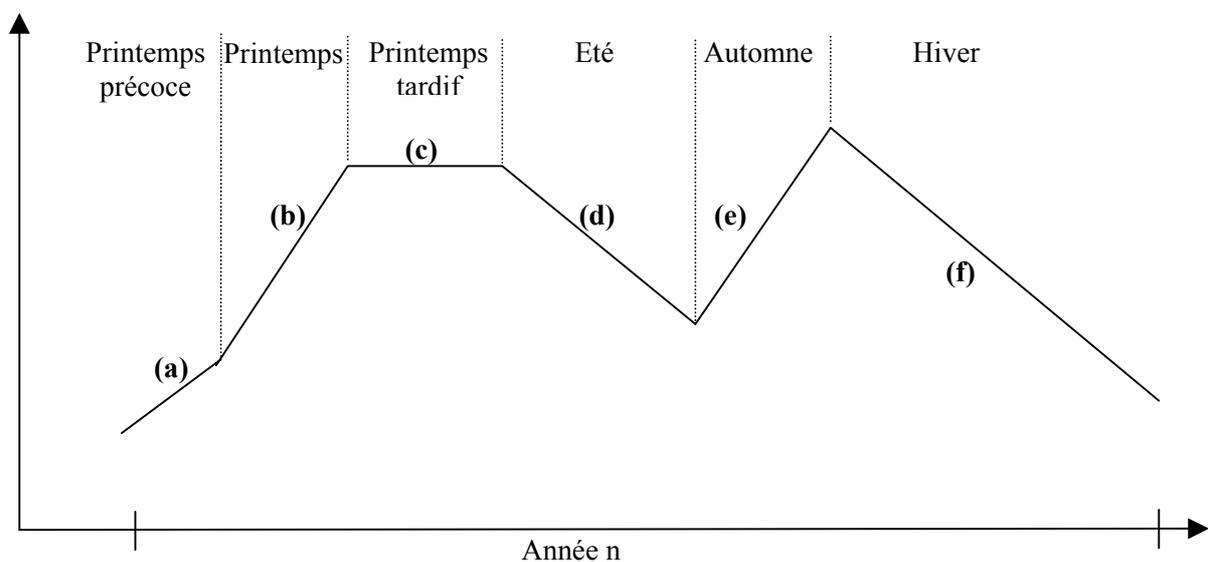


Figure 10 : Forme de la courbe de croissance de l'herbe intégrée au modèle : bonne qualité d'herbe mais en faible quantité (a), faible qualité d'herbe mais grande quantité (b), arrêt de la pousse mais pas de perte de fourrage (c), dégradation rapide en qualité et chute du fourrage disponible (d), repousse de bonne qualité en quantité moyenne (e), maintien de la qualité de l'herbe mais chute du fourrage disponible (f).

### 3.1.3 La ressource fourragère dans notre modèle

La ressource fourragère est normalement composée de divers types d'aliments qui composent le menu journalier de l'animal. Ainsi, la strate herbacée, arbustive et arborée, font toutes trois parties du régime alimentaire des ovins, caprins et bovins.

Les parcours des Causses du Larzac offrent une ressource herbagère variable en quantité selon la fertilité du sol, le climat annuel et le type de pâturage pratiqué. La strate arbustive sur parcours embroussaillé ou en sous-bois est essentiellement composée de buis (*Buxus sempervirens*) et de genévrier (*Juniperus communis*), peu appétents pour les animaux. Cette offre alimentaire n'a donc pas été intégrée au modèle. Concernant la disponibilité pastorale des sous-bois en forêt claire, outre les strates herbacées et arbustives, la strate arborée est susceptible de fournir aux animaux du feuillage lorsque celui-ci est à portée de dents ou lorsqu'il est coupé par l'éleveur (rame), des rejets ainsi que des glands dans le cas des peuplements de chêne blanc (Bellon et *al.*, 1996, Annexe 5).

De plus, il s'agit de tenir compte de l'effet de l'exploitation du bois de chauffage par les fermiers sur la disponibilité alimentaire en sous-bois (Photo 9). Les expériences menées dans des taillis de

chêne blanc sont, dans la littérature, décrites la plupart du temps à travers le critère densité du taillis (nombre de tiges par hectare) dont nous ne disposons malheureusement pas. Certains résultats d'éclaircies sélectives dans des taillis de chêne blanc existent cependant, liant directement le taux de recouvrement arboré après éclaircie à l'évolution de la disponibilité alimentaire pastorale. Il semble ainsi que la diminution du couvert arboré dans un taillis de chêne blanc permette d'augmenter la production herbacée en sous-bois ainsi que la production de glands (lorsque les conditions climatiques permettent la fructification) (Etienne et Msika, 1987).

Ne possédant pas de données sur la hauteur des peuplements ni sur leur densité, nous n'avons pas intégré au modèle l'apport alimentaire du feuillage de la strate arborée. Seule la ressource herbagère ainsi que la glandée constitue la ressource pastorale disponible dans notre modèle. Ceci a comme principale conséquence de minimiser la disponibilité alimentaire en sous-bois et donc de ne pas valoriser à leurs justes valeurs pastorales les espaces sylvopastoraux de notre espace ressource.

Photo 9 : Evolution du sous-bois, deux ans après une coupe de bois de chauffage dans un peuplement dense de chêne blanc.



(Larzac, février 2004. C. Simon)

## 3.2 Modélisation des agents

### 3.2.1 Les agents retenus pour le modèle après enquêtes

Lors de la phase de conceptualisation du modèle (cf. chapitre 2.1.1.2) nous avons identifié un certain nombre d'acteurs que je n'ai malheureusement pas eu le temps de tous consulter. Il apparaît cependant que la gestion de la ressource boisée sur le Larzac, dans l'état actuel des choses, est principalement le fait des fermiers. Le bail de carrière dont ils disposent pour les terrains de la SCTL les autorise à prélever le bois de chauffage pour leur consommation domestique ; aucun autre prélèvement par les fermiers n'étant pour l'heure autorisé. Les fermiers qui prélèvent du bois de chauffage organisent eux-mêmes la gestion de la ressource sur leur territoire d'exploitation et n'ont pas besoin de l'accord préalable de la SCTL pour la réalisation des chantiers d'exploitation. De façon anecdotique, une autorisation spéciale de la SCTL a été donnée l'année dernière à un fermier pour l'exploitation de bois de pin sylvestre et la mise en place d'un chantier de sciage mobile dans un peuplement de la SCTL situé sur le territoire d'exploitation du fermier. Une fois le chantier réalisé, le bois scié a été vendu par la SCTL au fermier. Cette autorisation spéciale n'a cependant qu'un seul antécédent et ne s'est pas encore accompagnée d'une réflexion plus globale sur d'éventuels objectifs de gestion de la SCTL et/ou sur la ré-évaluation des clauses du bail de carrière en matière d'exploitation du bois. Elle n'a donc pas été prise en compte dans le modèle.

A l'échelle du massif boisé de la SCTL, deux chantiers de coupes sélectives dans des peuplements de pin sylvestre ont vu le jour après la réalisation, en 1997, du Plan Simple de Gestion. Les autres coupes et travaux prévus dans le PSG n'ont cependant pas été réalisés par la suite.

Concernant la problématique de la chasse, elle n'a pu, faute de temps, être intégrée dans le présent modèle. Il serait cependant dommage de l'en écarter définitivement car elle fait l'objet, plus que jamais, de débats entre les fédérations locales de chasse et la SCTL. Cette dernière a toujours cédé son droit de chasse aux sociétés locales de chasse, chose apparemment commune dans la région. Certains fermiers rencontrent cependant des difficultés à concilier sur leur territoire d'exploitation leur propre activité d'élevage avec celle de la chasse. La question reste pour l'heure en suspens et ne sera pas traitée dans ce rapport.

Enfin, concernant le parc naturel régional des Grands Causses, son intégration au modèle en tant qu'acteur local est programmée pour fin 2004.

Le principal agent du système actuel de gestion de la ressource boisée de la SCTL est le fermier, la SCTL ne jouant pour le moment ni de rôle direct, ni de rôle indirect.

### 3.2.2 L'agent fermier : ses entités de gestion et ses actions

Les 28 fermiers rencontrés sont représentés dans notre modèle par l'agent fermier (farmer). Cet agent agit sur son milieu et organise sa gestion à des échelles spatiales différentes, que l'on matérialise sous forme **d'entités de gestion** :

Tout fermier dispose d'un territoire d'exploitation (the **farm**), ce territoire pouvant être d'un seul tenant ou au contraire formé de plusieurs ensembles, distants parfois de plusieurs kilomètres ce que l'éleveur prend bien sûr en compte dans l'organisation de son système de pâturage (the **blocks**). Chaque bloc peut ensuite être subdivisé en plusieurs sous-ensembles, séparés les uns des autres par des clôtures (the **paddocks**). Lorsque l'on n'est pas dans un système de gardiennage, le parc constitue pour le fermier son unité spatiale de gestion du pâturage. On considère en effet qu'une fois menés dans le parc, les animaux organisent eux-mêmes leurs circuits d'alimentation, indépendamment du fermier. Dans un souci de simplification du modèle et n'ayant pas comme objectif premier la modélisation du comportement de l'animal au pâturage, nous avons décidé de ne pas considérer le troupeau (the **flock**) comme un agent du modèle capable, selon des critères qui lui sont propres, de choisir au sein du parc les cellules qu'il ira pâturer en premier, mais comme une entité sociale du fermier. Ainsi, une fois le troupeau installé dans un parc, c'est l'ordinateur qui choisit aléatoirement les cellules qui vont être pâturées. Ce qui d'un point de vue pastoral est faux. Concernant la gestion des bois par le fermier, le fermier dispose sur son exploitation d'un ensemble de cellules boisées qui se différencient les unes des autres par leur(s) essence(s) dominante(s) (attribut : **treeSpecies**), leur âge (attribut : **treeAge**) et leur taux de recouvrement boisé (attribut : **treeCover**). A l'initialisation du modèle, le fermier dispose pour organiser sa gestion des bois d'une collection de parcelles forestières définies comme des ensembles de cellules jointives et ayant les mêmes trois attributs cités précédemment (the **forestPlots**).

Concernant les actions de l'agent fermier, recensées au cours des enquêtes, et ayant un impact sur les dynamiques écologiques en jeu, elles sont au nombre de deux : **activité de pâturage et coupe de bois de chauffage** (voire, en plus, débroussaillage mécanique par le fermier). Les enquêtes ont confirmé, sur ce point, la pré-structuration de l'agent fermier que nous avons réalisé. Concernant l'action de pâturage par le fermier, le traitement informatique des données de terrain nous a permis d'obtenir un calendrier de pâturage par parc et à la semaine pour chacun des fermiers. De là, il nous était possible de calculer la pression de pâturage exercée par les animaux sur chacun des parcs et de la décliner en fonction des saisons. De plus, cette base de données nous permettait d'accéder facilement à des critères de caractérisation du système de pâturage du fermier comme le temps passé par les animaux au cours d'une année en bergerie, sur cultures ou sur parcours, ou encore le chargement saisonnier par parc. Il nous était également possible de transférer ces données de pâturage sur notre SIG, rendant plus lisibles les règles de décision du fermier concernant l'organisation spatiale et temporelle de son système de pâturage. Des règles communes à un plus ou moins grand nombre de fermiers ont ainsi été identifiées.

Le modèle reste sur ce point encore incomplet car seules les principales règles de pâturage, communes à l'ensemble des fermiers, ou à chacun des deux types de production (ovin viande et ovin lait), ont été intégrées.

### **3.2.3 Les étapes de programmation des actions : exemple de l'exploitation du bois de chauffage par le fermier**

Sur les 28 fermiers enquêtés, 16 se chauffent exclusivement au bois et 1 dispose d'un système mixte (fuel, bois). L'objectif de la programmation consiste à formaliser en une succession de conditions le choix du fermier concernant le moment opportun pour réaliser la coupe, la localisation de cette coupe de bois, et le mode d'exploitation pratiquée. Les renseignements nécessaires dans l'élaboration des conditions constituent les attributs de l'agent fermier que j'ai soit renseigné au cours des enquêtes de terrain soit obtenu après enquêtes en contactant par téléphone certains fermiers. Selon la diversité des cas de figure rencontrés, certains attributs peuvent être renseignés individuellement pour chacun des fermiers ; l'objectif n'étant cependant pas de représenter les particularismes de chacun mais bien les grandes tendances observables sur le terrain.

#### **Identification des tendances comportementales :**

Parmi les 17 fermiers se chauffant au bois, deux grandes tendances se dessinent :

Type 1 : l'exploitation du bois de chauffage est indépendante des objectifs liés à l'élevage.

Type 2 : l'exploitation du bois de chauffage est orientée de façon à solutionner des contraintes liées au pâturage.

Les fermiers de type 1 découplent spatialement l'exploitation du bois et l'activité de pâturage. Le fermier privilégie alors l'aspect pratique pour la réalisation de la coupe de bois : choix de la parcelle forestière la plus proche de la ferme et la plus accessible pour les fermiers se chauffant au CB, et choix des peuplements les plus accessibles avec un fort volume sur pied pour ceux se chauffant aux copeaux de PS (système plus consommateur de bois en volume exploité). Le type 1 exploite son bois en coupe rase.

Les fermiers du type 2 cherchent à sélectionner la zone de coupe de telle sorte qu'elle améliore le potentiel de pâturage à l'échelle de l'exploitation : sont ainsi choisis en premier lieu les peuplements pâturés clairs (recouvrement boisé inférieur à 50 %) où l'herbe est déjà installée en sous-bois. Le choix s'oriente ensuite, parmi ceux ainsi sélectionnés, sur la meilleure qualité d'herbe (renseignement obtenu auprès des fermiers). Une éclaircie sélective permet alors de favoriser la pousse de l'herbe par un apport de lumière au sol et d'améliorer la productivité fourragère du parc. Si le fermier ne dispose pas sur son exploitation de peuplements de ce type, il cherchera à éclaircir ses bois denses dans les parcs où la productivité est la plus forte. De la même manière, si le fermier ne dispose pas de parcs boisés, mais de bois séparés des parcs par une clôture, il cherchera à agrandir ses parcs en exploitant les bois situés au-delà de la clôture.

#### **De l'analyse comportementale à la programmation informatique :**

La phase de programmation est une opération très coûteuse en temps lorsqu'elle n'est pas menée de façon organisée et réfléchie. Il s'agit en effet de bien séparer la phase de réflexion et de mise en forme des idées, de la phase de traduction en langage informatique.

Les tendances décrites dans le paragraphe précédant ne sont ainsi pas directement intégrées au modèle mais sont transcrites en lignes de conditions (Fig.11). Cette étape est incontournable car :

- elle permet de faire apparaître les attributs nécessaires à la mise en œuvre des conditions décrites et les entités spatiales concernées ;
- elle fait apparaître les agents concernés dans le programme, agents qui devront donc d'une part disposer des attributs en cause et d'autre part avoir accès aux entités spatiales en jeu ;

**Si** tempsDeTravail  $\geq$  3 **Alors**

**Si** fermier en recherche de parcours **Alors** (type 2)

**Si** boisClairs dans parc Et que essenceDuBois = essenceBoisChauffage **Alors**

choix de la meilleure qualitéHerbe

fermier fait coupeSelective

**Sinon,**

**Si** boisDenses dans parc **Alors**

choix de la meilleure qualitéHerbe et parc de plus petite dimension

**Si** volume cellule  $\geq$  40 m3 **Alors**

fermier fait coupeRase

**Sinon,** fermier fait coupeSelective

**Sinon,**

**Si** bois jouxtent parc **Alors**

Agrandissement du parc, fermier fait coupeRase

**Sinon,** fermier n'est pas en recherche de parcours (type 1)

**Sinon,** fermier n'est pas en recherche de parcours (type 1)

**Si** bois à dominanteCB **Alors**

choix bois le plus proche de la ferme

fermier fait coupeRase

**Sinon,** bois à dominantePS **Alors**

choix bois à fort volumeSurPied

fermier fait coupeRase

Légende :

tempsDeTravail : attribut nécessaire

fermier : agent concerné

parcours : entité spatiale concernée

coupeSelective : action réalisée

(type 1) : tendance comportementale identifiée au chapitre 3.2.3.1

Figure 11 : Programmation par la conditionnelle de la séquence coupe de bois de chauffage par le fermier.

- elle permet de se rendre compte si notre analyse des tendances répond à tous les cas de figures potentiels (Il a par exemple fallu prévoir que si un fermier du type 2 ne se trouvait dans aucun des cas de figures exposés dans le chapitre précédent, il devait être considéré alors comme un fermier de type 1) ;
- elle fait apparaître les actions de l'agent du programme qui feront l'objet, à leur tour, d'une programmation informatique spécifique sous forme de procédure (exemple : coupeSelective).

Une fois cette étape franchie, le passage au langage de programmation Small Talk de CORMAS peut être envisagé plus sereinement (Fig.12). L'interdépendance des différents programmes informatiques entre eux oblige le concepteur à une certaine rigueur dans sa démarche de programmation. Le modèle se complexifiant petit à petit, il est d'usage d'établir ce que l'on nomme un diagramme de séquences qui permet de garder une vision d'ensemble de l'enchaînement des procédures (Annexe 6).

## 4 Premiers résultats : analyse du scénario Actuel et réflexion sur la problématique initiale

### 4.1 Etat des lieux des ressources présentes sur le territoire d'étude

#### **La ressource boisée intégrée au modèle :**

Sur les 35 exploitations sélectionnées pour notre étude, 28 ont été intégrées au modèle. Les 7 fermiers non-enquêtés ont, sur leur territoire d'exploitation, 556 ha de surfaces boisées dépendant de la SCTL ; deux des sept fermiers ayant, respectivement 352 ha et 156 ha de surfaces boisées dépendant de la SCTL.

Des 28 exploitations enquêtées, l'analyse cartographique de notre SIG nous permet de comparer les surfaces boisées dépendant de la SCTL recensées pour le modèle (Fig.13) et celles recensées lors de la réalisation du PSG.

Tableau 2 : Comparaison des surfaces boisées du PSG et du modèle.

	CB	PS	CBPS	PSCB	TOTAL bois
Surfaces boisées SCTL du PSG (en ha) <b>(1)</b>	1050	625	254		<b>1929</b>
Surfaces boisées SCTL des 7 fermiers non enquêtés (en ha) <b>(2)</b>	126	306	123		<b>556</b>
<b>(1) – (2)</b>	924	319	131		<b>1373</b>
Surfaces boisées SCTL du modèle (en ha)	958	487	162	119	<b>1760</b>
Surfaces boisées du modèle où le faire-valoir est à préciser (en ha)	290	87	8	54	<b>439</b>

On constate, en retranchant les surfaces louées à la SCTL par les 7 fermiers non-enquêtés aux surfaces indiquées dans le PSG : **(1) – (2)**, que les surfaces boisées dépendant de la SCTL cartographiées à partir des photos aériennes de 1990 par l'expert forestier, à partir des photos

**Procédure chooseFirewoodStand** : « permet de définir si le fermier est de type 1 ou 2 »

self availableLabour < 3 ifFalse:

[(self flockSize > 0 and: [self rangeArea / self flockSize < 1]) ifTrue:

[self **selectStandToThin**]

ifFalse:

[self **selectStandToCut**]]

**Procédure selectStandToThin** : « décrit la succession des conditions de choix de peuplement du type 1 »

bois, parcBoise, parcNonBoise, boiscr : variables temporaires

bois := self **forestStands** select: [:f | f **plotTreeCover** = 4 and: [f **plotTreeSpecies** = self **firewoodSpecies**]].

bois isEmpty ifFalse:

[bois := (bois asSortedCollection: [:a :b | a **plotGrassQuality** > b **plotGrassQuality**]) first.

bois := bois components asOrderedCollection.

self **selectiveFelling**: bois]

ifTrue:

[parcBoise := self **farm paddocks** select: [:p | (p components select: [:c | c **treeCover** notNil and: [c **treeCover** > 3]]) size > 0].

parcNonBoise := self **farm paddocks** reject: [:p | parcBoise includes: p].

parcBoise isEmpty ifFalse:

[parcBoise := Cormas sort: parcBoise byDecreasing: **#grazingPot** thenByIncreasing: **#area**.

bois := ((parcBoise first components) asOrderedCollection) select: [:c | c **treeCover** notNil and: [c **treeCover** > 3]].

boiscr := (bois select: [:c | c **timberVolume** >= 40]).

boiscr isEmpty ifTrue: [self **selectiveFelling**: bois]

ifFalse: [self **clearCutting**: boiscr]]

ifTrue:

[parcNonBoise := parcNonBoise select: [:pnb | (pnb surround select: [:c | c **treeCover** notNil and: [c **treeCover** > 3]]) size > 0].

parcNonBoise isEmpty ifFalse:

[parcNonBoise := Cormas sort: parcNonBoise byDecreasing: **#grazingPot** thenByIncreasing: **#area**.

bois := parcNonBoise first surround select: [:c | c **plot** isNil not].

self **clearCutting**: bois]

ifTrue: [self **selectStandToCut**]]]

**Figure 12** : Programmation en langage Small Talk de la séquence coupe de bois de chauffage par le fermier.

aériennes de 1997 dans le cadre de notre étude se recoupent relativement bien pour ce qui est des peuplements de chêne blanc. En revanche, pour ce qui est des peuplements de pin sylvestre et des peuplements en mélanges, les surfaces trouvées diffèrent fortement. Ce sont ainsi, au total, 387 ha de boisements naturels (plus ou moins clairs) qui sont apparus entre 1990 et 1997, soit une moyenne de 55 ha/an. Ce résultat paraît somme toute surprenant, même si l'on tient compte de la dynamique pionnière du pin sylvestre et de notre degré d'imprécision lors de la cartographie sous SIG des parcelles dépendant de la SCTL.

Par la suite, nous ne considérerons, comme appartenant à la SCTL, que les peuplements boisés pour lesquels le faire-valoir a été clairement identifié : soit au total 1760 ha sur les 2776 ha cartographiés. Le cas des 7 fermiers non-enquêtés sera évoqué au cours de la réunion de validation avec la SCTL prévue en octobre 2004. Pour ce qui est des parcelles dont le faire-valoir est à préciser, d'une surface totale de 439 ha, elles devront faire l'objet d'une recherche plus approfondie de façon à pouvoir tenir compte de l'ensemble du capital forestier de la SCTL.

Ce capital boisé est réparti de façon très hétérogène : du nord au sud d'une part, entre les fermiers d'autre part. Ainsi, 86 % en surface des peuplements purs de pin sylvestre et mélangés à dominante pin sylvestre (PS et PSCB) se trouvent au nord de la route départementale 990 reliant La Cavalerie à Nant (Fig.13). En revanche, les peuplements purs de chêne blanc et mélangés à dominante chêne blanc (CB et CBPS) sont répartis de façon égale du nord au sud (52 % au nord et 48 % au sud).

Enfin, 86 % de la surface en PS et PSCB se concentrent sur 6 exploitations et 70 % de la surface en CB et CBPS se concentre sur 6 autres exploitations et deux des 6 précédemment citées (Annexe 3).

### **La ressource fourragère disponible sur le territoire :**

Sur le territoire de la SCTL, 2076 ha sont des parcours utilisés pour le pâturage et où le processus d'embroussaillage a atteint un taux de recouvrement variable. Ainsi, 1280 ha de parcours ne présentent pas de strate arbustive et 706 ha ont commencé à être envahis par la broussaille mais de façon non contraignante pour l'activité de pâturage (**shrubCover** = 1) : soit environ 95 %. Les 5 % restant sont pour l'essentiel toujours praticables par les animaux (**shrubCover** = 2) mais ont une strate herbacée peu développée. La disponibilité alimentaire sur ces 5 % restant est d'autant plus réduite que la strate herbacée est constituée d'espèces peu appétentes pour les petits ruminants (*Buxus sempervirens* et *Juniperus communis*). Concernant la disponibilité alimentaire en sous-bois, elle est fonction à la fois des taux de recouvrement arboré et arbustif et de l'essence forestière concernée. Cependant, sur les 1760 ha de boisements dépendant de la SCTL (**treeCover** ≥ 3), environ 580 ha sont impropres à l'activité d'élevage (dans l'état actuel des choses) en raison d'un taux de recouvrement arboré et/ou arbustif (**treeCover** = 6 et/ou **shrubCover** = 3) tels qu'ils empêchent la lumière d'arriver au sol et la strate herbacée de se développer.

## **4.2 Choix du mode de visualisation de l'espace**

Une fois le modèle implémenté, nous avons décidé de suivre l'évolution du territoire sur une période de quarante ans. L'un des avantages des systèmes multi-agents est de pouvoir analyser la situation à des échelles spatiales différentes et selon des critères de description de l'espace adaptés aux objectifs de chacun des acteurs (Etienne et al., 2002). Nous avons ainsi élaboré de multiples modes de visualisation de l'espace à partir des différents attributs dont on disposait. Lors de l'analyse du scénario Actuel (scénario qui ne fait apparaître que les pratiques actuelles des fermiers), nous pouvions ainsi visualiser :

- le processus d'installation du pin sylvestre et du chêne blanc. Les cellules nouvellement envahies apparaissant colorées ;
- la répartition sur le territoire de l'âge des peuplements ;

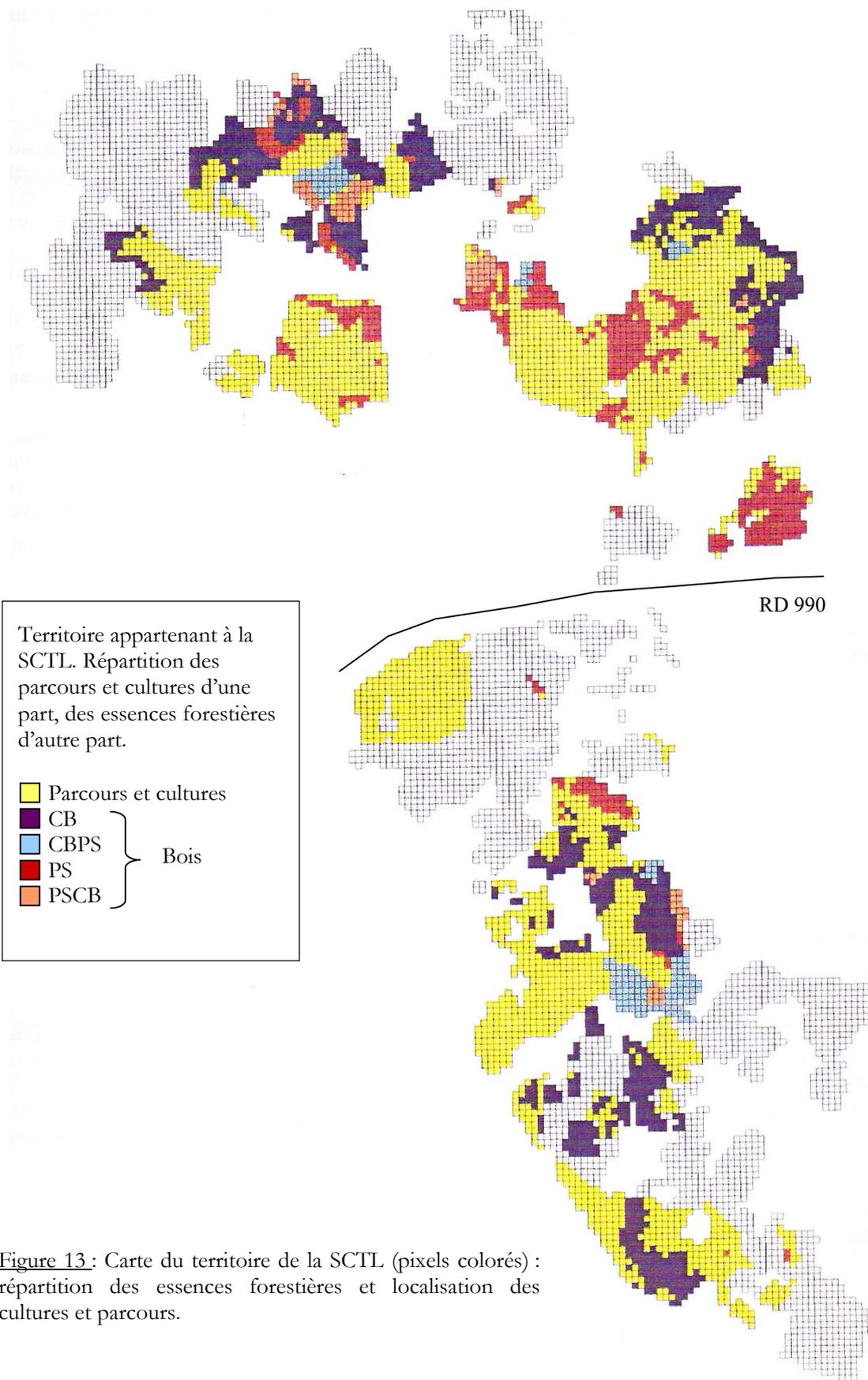


Figure 13 : Carte du territoire de la SCTL (pixels colorés) : répartition des essences forestières et localisation des cultures et parcours.

- les zones d'exploitation de bois en différenciant les coupes sélectives et les coupes rases de bois de chauffage ;
- l'évolution par parc (paddock) des chargements à la semaine ;

Ainsi, l'une des approches descriptives de l'espace, intéressante d'un point de vue sylvopastoral, était de représenter l'espace ressource comme une mosaïque de ressources pastorales, sylvopastorales et forestières. C'est ce mode de visualisation que j'utiliserai par la suite pour décrire les résultats des simulations, sachant que lors de la réunion avec les acteurs locaux l'ensemble des autres points de vue sera également disponible.

Nous avons décliné notre espace en 6 types de ressources (Fig. aide mémoire en fin du rapport) :

- une ressource forestière : les **boisDenses**. Le taux de recouvrement boisé est compris entre 75 et 100 % et ne laisse pas passer suffisamment de lumière au sol pour permettre un développement significatif de la strate herbacée.
- quatre types de ressources sylvopastorales : les **boisClairs**, les **parcoursBoiseEmbroussailles**, les **parcoursBoises** et les **parcoursAmeliores** qui se différencient par leur taux de recouvrement arboré et arbustif. Selon ces taux de recouvrement, la production d'herbe y est plus ou moins forte, plus ou moins décalée dans le temps et l'herbe se maintient plus ou moins bien en été et en hiver.
- un type de ressource pastorale : les parcours où la production en herbe est importante et saisonnée mais se dégrade assez rapidement en été et en hiver.

Chacune de ces ressources a dans le modèle une valeur alimentaire différente des autres de part la quantité de fourrage produit, la période de production d'herbe ou encore l'aptitude de l'herbe à se maintenir sur pied (cf. chapitre **3.1.3**), et une valeur alimentaire qui pourra être évaluée et perçue différemment selon les fermiers. Les ressources alimentaires disponibles à l'échelle d'une exploitation agricole donnée (fourrages cultivés, fourrages des parcours et des espaces sylvopastoraux) s'intègrent à un système de pâturage élaboré par le fermier. Ce système de pâturage est un ensemble de chaînes de pâturage, établies par le fermier pour chacun de ses lots d'animaux, et qui tiennent compte de l'évolution dans le temps des besoins animaux, eux-mêmes déterminés par les stades physiologiques liés à la production animale.

Les besoins alimentaires des animaux sont fixés, pour chacun des lots des fermiers, à l'initialisation du modèle, à partir des données récoltées lors de la phase d'enquêtes. Partant de là, l'objectif a priori de l'agent fermier de notre modèle est donc d'optimiser l'adéquation entre les besoins alimentaires de ses lots d'animaux (fixes d'une année sur l'autre) et la disponibilité alimentaire sur son territoire d'exploitation, elle, évolutive car sujette aux dynamiques écologiques en jeu et aux pratiques pastorales et forestières du fermier.

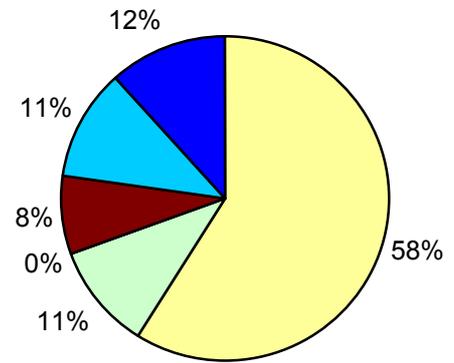
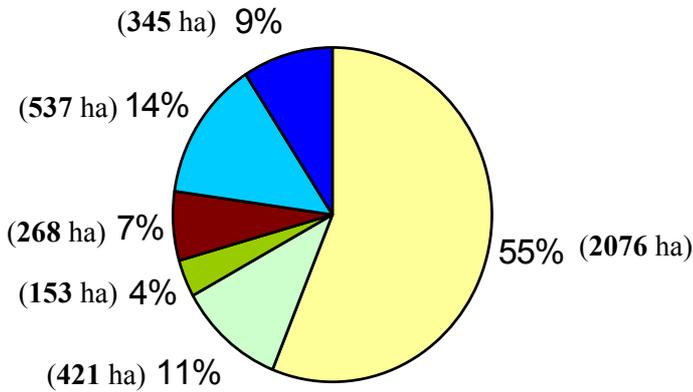
### 4.3 Tendances générales observables quant à l'évolution de l'espace ressource au cours de la simulation

Après avoir choisi notre mode de représentation de l'espace ressource, intéressons-nous aux évolutions observables au cours de la simulation. A l'échelle du territoire de la SCTL, cartographié pour notre étude, les **parcours** plus **parcoursAmeliores** représentent à l'instant initial 66 % de la surface totale, soit une surface d'environ 2500 ha. 23 % de la surface cartographiée correspondent à des peuplements plus ou moins denses de chêne blanc et de pin sylvestre (Fig.14 (a)).

Lorsque l'on fait tourner le modèle Actuel sur 40 ans, on constate tout d'abord que la surface en parcours augmente légèrement passant de 55 % à 58 % en fin de simulation, soit un gain d'environ 100 ha sur 40 ans (Fig.15 et 16). Si l'on considère que les données scientifiques et nos hypothèses de

(a) à l'initialisation du modèle.

(b) à la fin de la simulation du scénario Actuel.



(c) à la fin de la simulation du scénario

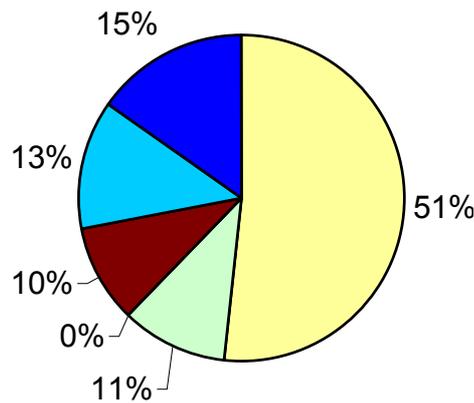


Figure 14 : Répartition en surface des ressources pastorales, sylvopastorales et forestières sur le territoire de la SCTL.

travail qui ont servi à l'implémentation du modèle sont correctes, on n'est donc pas dans une dynamique de diminution en surface des milieux ouverts comme c'est le cas sur le Causse Méjean où ils disparaissent au rythme de 1 % par an (Marsteau, 1996 ; Chassany et Crosnier, 2000). Il est cependant à noter que notre hypothèse de travail selon laquelle les peuplements ne sont matures et susceptibles de disséminer des graines que lorsque le taux de recouvrement boisé atteint au moins 75 % (fv = Lhd) minimise sans doute le réel potentiel de progression des ligneux sur le Larzac. Le choix de cette hypothèse de travail résulte d'une marge d'erreur trop importante concernant l'âge de nos peuplements à l'instant initial (cf. chapitre 2.1.3) alors que la donnée concernant le taux de recouvrement arboré, issue de la photo-interprétation des vues aériennes de 1997, est quant à elle fiable.

Il apparaît cependant essentiel, dans l'optique d'une modélisation plus réaliste du processus de dissémination des ligneux, que le critère de maturité des peuplements soit basé sur l'âge de ces derniers, et donc qu'un travail complémentaire ultérieur soit mené pour disposer d'une estimation plus précise des âges des peuplements à l'état initial !

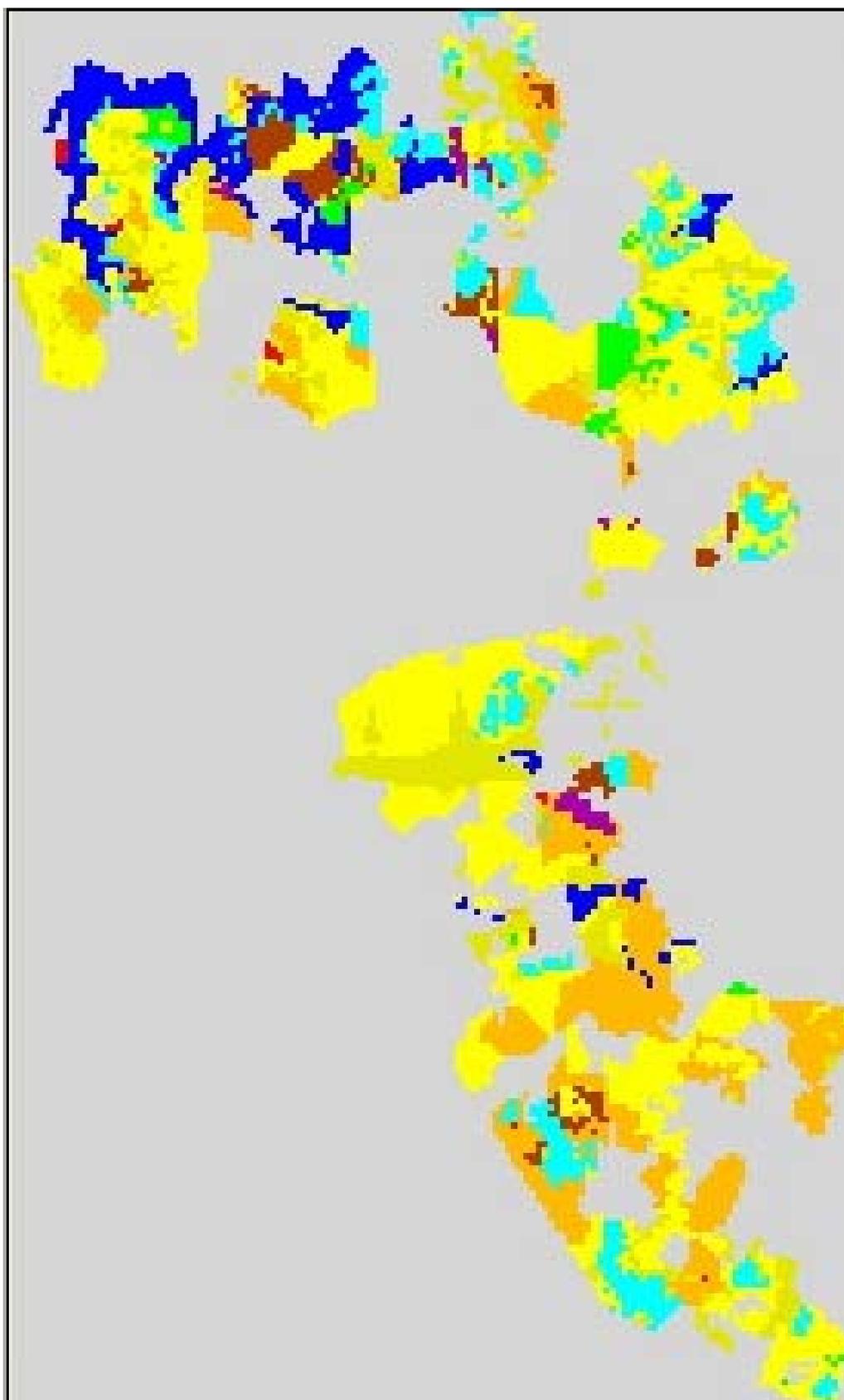


Figure 15: Carte des ressources pastorales (cellules jaunes, oranges, rouges et violettes), sylvopastorales (cellules vertes, marrons et bleu clair) et forestières (cellules bleu foncé) sur le territoire d'étude à l'instant initial (extraite de la base Cormas).

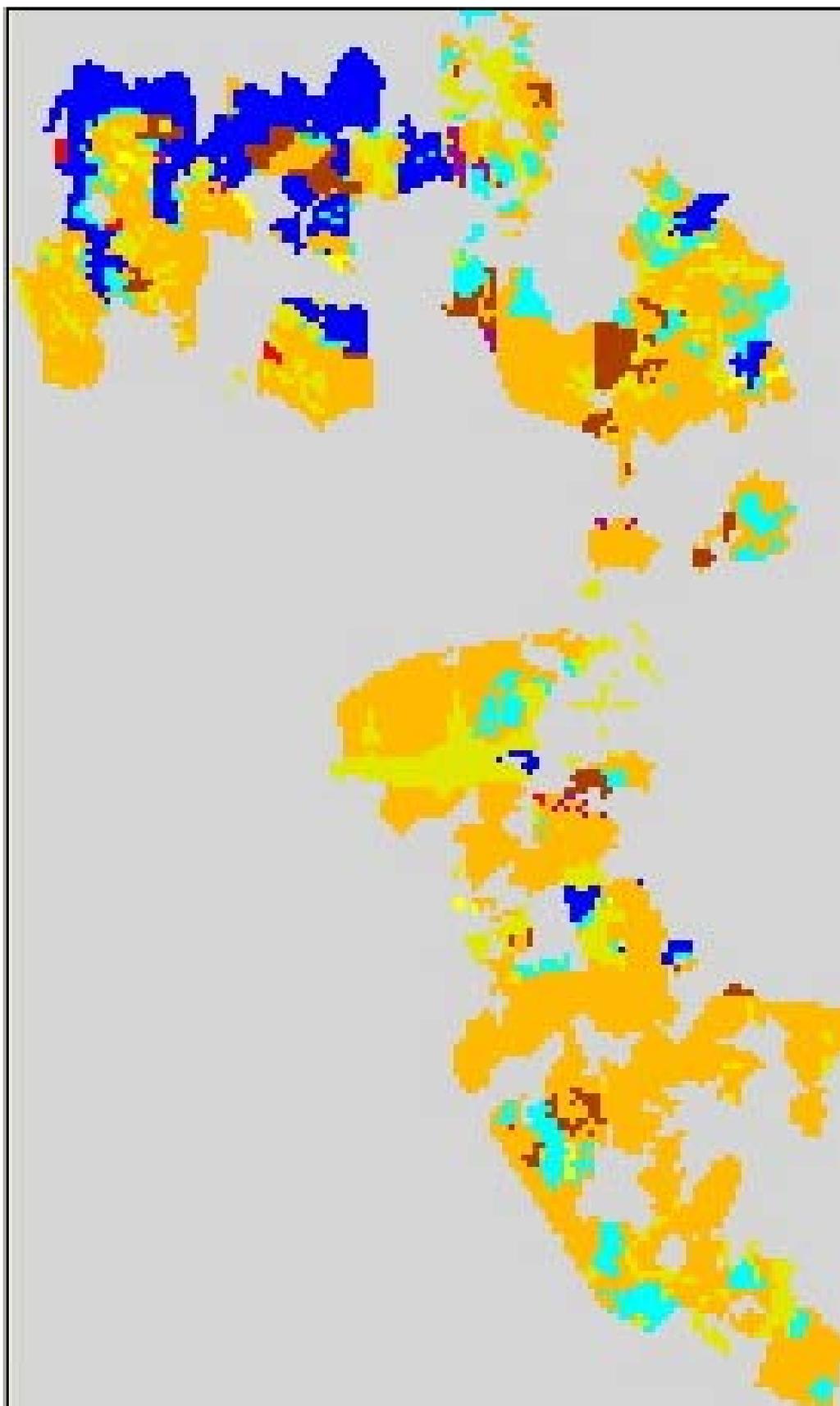
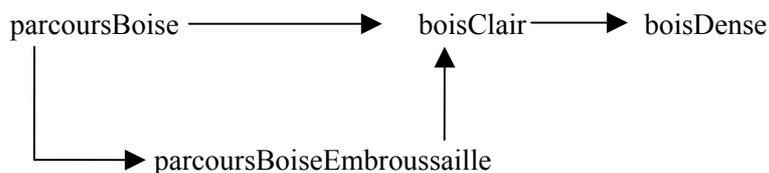


Figure 16: Carte des ressources pastorales (cellules jaunes, oranges, rouges et violettes), sylvopastorales (cellules vertes, marrons et bleu clair) et forestières (cellules bleu foncé) sur le territoire d'étude à l'issue de la simulation du **scénario Actuel** sur une période de 40 ans (extraite de la base Cormas).

Autre fait observable au cours de la simulation : la densification du couvert boisé, due à l'installation de jeunes semis au sein des peuplements clairs et à la croissance des houppiers des arbres déjà en place, qui se traduit par une augmentation de la part surfacique en **boisDenses** au dépend des surfaces en ressources sylvopastorales.



Il est à noter que la disparition de la ressource sylvopastorale **parcoursBoise** (Fig.14 (a) et (b)) au cours de la simulation au profit des **parcoursBoiseEmbroussailles** et des **boisClairs**, n'a pas pour seule cause le processus de densification du couvert boisé. Il semblerait qu'un défaut de programmation du processus d'embroussaillement en soit également à l'origine : le seuil minimal de chargement (pression de pâturage) en deçà duquel le processus d'embroussaillement n'est plus bloqué semble mal étalonné. Dès la 7<sup>e</sup> année de simulation, 90 % des surfaces en pelouses ( $fv = H$ ) passent en landes ( $fv = LBH$  ou  $LB$ ) et 90 % des **parcoursBoise** passent en **parcoursBoiseEmbroussaille** (Annexe 8).

Concernant la ressource sylvopastorale **parcoursAmélioré**, elle reste stable durant la simulation. Cette ressource est caractérisée par une strate herbacée importante et un couvert boisé de 10 à 25 %. Cette ressource correspond aux boisements lâches, souvent constitués d'arbres âgés, et aux houppiers bien développés. Ces arbres ne sont pas soumis dans le modèle aux lois de croissance élaborées pour les peuplements en phase d'installation et de fermeture. Si cette ressource reste stable c'est donc soit qu'il n'y a pas eu d'installation d'une nouvelle génération de ligneux entre les arbres adultes soit que l'exploitation de bois en coupe sélective pratiquée par les fermiers a permis de compenser la densification du couvert boisé qui s'y est opérée.

#### 4.4 Effets des pratiques en cours sur l'évolution de la ressource boisée

Concernant l'exploitation du bois de chauffage, rappelons que 17 fermiers font usage de leur droit de prélèvement de bois dans les peuplements dépendant de la SCTL. L'exploitation du bois par les fermiers est faite par coupes rases ou par coupes sélectives (cf. chapitre 3.1.1.2). Au regard du graphique représentant l'évolution des surfaces boisées concernées par l'exploitation du bois de chauffage par les fermiers sur leur territoire d'exploitation d'une part, sur le territoire de la SCTL d'autre part (Annexe 9), environ 130 ha des bois dépendant de la SCTL ont été exploités en 40 ans (courbe verte plus courbe orange), soit un peu plus de 7 % de la surface totale en bois dépendant de la SCTL à l'instant initial. De ces surfaces exploitées, 4 % l'ont été en coupes rases et 3 % en coupes sélectives. On constate également que les coupes sélectives ralentissent fortement à partir de la 19<sup>e</sup> année (courbe bleue) et dès la 4<sup>e</sup> année dans les bois dépendant de la SCTL (courbe verte).

Ceci trouve son explication dans les règles de programmation intégrées au modèle pour orienter le fermier vers la réalisation d'une coupe sélective ou d'une coupe rase. Ce choix est tout d'abord fonction du rapport : taille du troupeau par la surface en parcours. Si ce rapport est inférieur à un, le fermier cherchera à coupler l'exploitation du bois à l'amélioration de ses zones de pâturage (fermier de type 1, cf. chapitre 3.2.3.1). De plus, le facteur temps accordé à la coupe du bois s'est avéré au cours des enquêtes auprès des fermiers (cas particuliers mis à part) comme l'un des facteurs prépondérants et limitants dans la mise en pratique de la coupe sélective. Nous en avons tenu compte en décidant qu'en deçà de 40 stères, une cellule ne serait pas exploitée en coupe sélective mais en coupe rase. En effet, la consommation moyenne en bois de chauffage étant d'environ 30 stères, pratiquer la coupe sélective sur des cellules dont le volume en bois serait inférieur à 40 stères obligerait le fermier à prélever son bois de chauffage sur plus d'un hectare ce qui nécessiterait trop de temps pour aller sélectionner les

bois à exploiter et ramener le bois à la ferme. Je n'ai, de toutes façons, pas observé sur le terrain de surfaces annuelles d'exploitation de bois de chauffage domestique de plus d'un hectare.

Le volume moyen de bois de chauffage prélevé chaque année par les fermiers sur leurs exploitations (bois SCTL ou non) est de 330 stères. Lorsque l'on analyse la courbe d'évolution des volumes de bois sur pieds dépendant de la SCTL (Annexe 10), on constate que le stock sur pied de bois de CB et CBPS n'augmente que de 6000 m<sup>3</sup> en 40 ans soit, en moyenne, de **150 m<sup>3</sup>/an** (soit environ 250 stères/an). Il passe ainsi d'environ 46000 m<sup>3</sup> au début de la simulation à 52000 m<sup>3</sup> à la fin de la simulation.

Concernant les bois de PS et PSCB, mis à part le cas d'un fermier qui en fait l'exploitation pour ensuite utiliser le bois mis en copeaux comme source d'énergie, aucune autre exploitation n'est réalisée dans le scénario Actuel. Ainsi, l'accroissement annuel est quasi constant et est égal à **980 m<sup>3</sup>/an**.

De façon à mettre en évidence l'effet du pâturage sur la régénération du pin sylvestre et du chêne blanc, j'ai réinitialisé la simulation en retirant du modèle les actions de pâturage et de coupe de bois des fermiers. Seules la culture des champs n'a pas été retirée. On se retrouve ainsi dans la situation (irréaliste) où l'ensemble du territoire des 28 fermiers, cultures mises à part, n'est plus géré et soumis uniquement aux dynamiques écologiques en jeu (scénario SansPaturageEtCoupeBois). La répartition en surface des 6 ressources sylvopastorales (Fig.14 (c)) à l'issue de la simulation met en évidence une diminution de la surface en parcours de 4 %, soit environ 160 ha. De plus, le phénomène de fermeture du couvert boisé s'observe ici d'autant plus qu'aucune exploitation du bois n'a lieu. Là encore, il semblerait que notre modèle minimise le potentiel de progression des ligneux : en effet, le processus d'installation des ligneux entre 1978 et 1990 observé sur photo aériennes est nettement plus fort que celui simulé dans le scénario SansPaturageEtCoupeBois !

#### Conclusion partielle :

*Sur le plan des ressources pastorale et sylvopastorale, les fermiers ont donc, à l'échelle de l'ensemble du territoire de la SCTL, un impact positif sur le milieu d'une part en maintenant, voire en augmentant, la proportion en parcours et, d'autre part, en limitant le processus de fermeture du couvert boisé des peuplements de chêne blanc par le biais de l'exploitation du bois de chauffage. Ce qui est a priori essentiel pour le maintien à long terme d'une activité d'élevage sur le Larzac. **On peut cependant s'interroger sur la durabilité du seul contrôle par les fermiers de la fermeture du milieu sur les terrains dépendant de la SCTL.** Ces fermiers disposent, pour les terrains de la SCTL, d'un bail de carrière valable jusqu'à 65 ans. Lorsqu'un fermier achève son bail SCTL, le comité de gérance de la SCTL souhaite a priori favoriser la continuité familiale dans la reprise des terrains. Ceci encourage les fermiers, qui ont des enfants souhaitant reprendre l'exploitation, à gérer leurs terrains « en bons pères de familles ». Lorsqu'un fermier n'a cependant pas de successeur, l'avenir des terrains de la SCTL reste incertain : ils pourront être alloués à un nouvel agriculteur désireux de venir s'installer sur le Larzac mais pourront également être redistribués aux fermiers déjà en place et « manquant » de pâturages.*

*L'absence d'une gestion de la ressource boisée coordonnée à l'échelle du territoire de la SCTL, la faible marge de manœuvre en matière d'exploitation des bois qu'offrent les actuels baux de carrière aux fermiers, l'incertitude concernant la continuité de la gestion de la ressource boisée à l'échelle d'une exploitation (dans le cas d'un départ à la retraite), sont a priori autant d'obstacles à l'amélioration, voire au maintien, de la ressource pastorale qu'offre aujourd'hui « le paysage larzacien ».*

## 4.5 Effets des pratiques en cours à l'échelle d'une exploitation agricole

Si la problématique a été traitée précédemment à l'échelle du massif de la SCTL, penchons nous maintenant sur le cas de deux exploitations agricoles types. J'ai ainsi choisi d'analyser plus finement l'interaction entre le fermier et son milieu en m'appuyant sur le cas des exploitations des fermiers n°5 et n°7.

Avant toute chose, présentons brièvement ces deux exploitations agricoles :

### Fermier n°5 :

Le fermier n°5 est un éleveur ovin viande. Il dispose de deux lots au pâturage : un lot de 290 mères et un lot de 70 agnelles et antenaises. Les brebis sont mises à pâturer toute l'année sur parcours ou dans les bois, le fermier n'ayant pas de zones cultivées. L'exploitation du fermier n°5 fait partie des exploitations les plus boisées parmi celles recensées pour notre étude (Annexe 3). Ainsi, 57 % de son territoire sont occupés par des formations pré-forestières ou forestières appartenant à plus de 90 % à la SCTL ; les parcours ne représentant que 45 % du territoire d'exploitation. Le fermier n°5 conduit ses brebis de façon extensive, les laissant toute l'année dehors. L'exploitation du fermier n°5 est constituée de deux blocs nettement séparés géographiquement. Le premier bloc (**bloc (a)**) offre au fermier des espaces pastoraux et sylvopastoraux dont il fait l'usage pour le lot n°1 de mi-février à fin septembre (Annexe 11) et toute l'année pour le lot n°2 constitué des agnelles et antenaises. Le second bloc (**bloc (b)**), distant du premier de plus de 5 km à vol d'oiseau, offre essentiellement des espaces ouverts faiblement boisés (Fig.17 (a)) dont il fait l'usage à la fin de l'automne et en hiver. Ce fermier a recours à la complémentation alimentaire de mi-février à mi-mai. Lors de l'enquête de terrain, le fermier m'avait de plus fait part de l'augmentation chaque année de la quantité de fourrage acheté : 9,5 tonnes de foin acheté en 2001 puis 11 tonnes en 2002 et enfin 20 tonnes en 2003. Il est de plus à noter, concernant cette exploitation, que le fermier ne se chauffe pas au bois.

### Fermier n°7 :

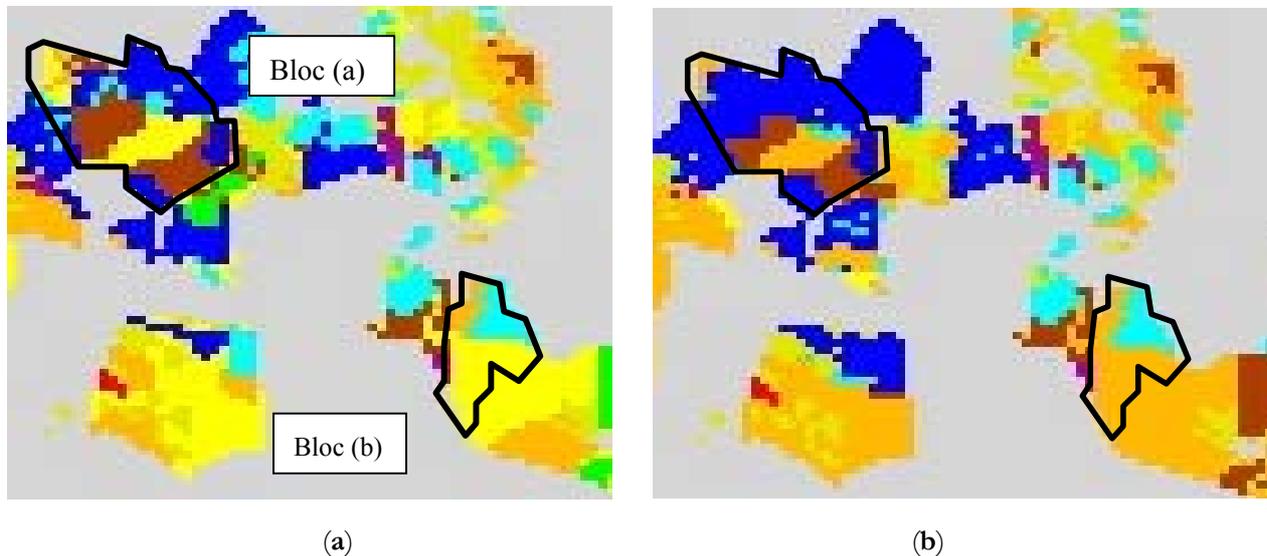
Le fermier n°7 est un éleveur ovin viande. Il dispose de 300 brebis mères réparties en trois lots au cours de l'année et d'un lot de 60 agnelles. Contrairement au cas du fermier n°5, l'alimentation des animaux n'est pas basée uniquement sur la ressource alimentaire qu'offrent les espaces pastoraux et sylvopastoraux : chaque lot de mères pâture en moyenne 4 à 5 mois dans l'année sur parcours, le reste du temps les brebis sont soit en bergerie soit mises à pâturer sur cultures. L'exploitation du fermier n°7 est l'exploitation la plus boisée parmi les exploitations recensées pour notre étude (Annexe 3). Ainsi, 82 % de son territoire sont occupés par des formations pré forestières ou forestières, dépendant toutes de la SCTL. Elle est de plus divisée en deux blocs, distant d'environ 1,5 km à vol d'oiseau, offrant tous deux essentiellement des espaces sylvopastoraux et forestiers. Enfin, on notera que le fermier n°7 se chauffe au bois et consomme en moyenne 80 stères/an.

Dans les deux cas, les fermiers disposent à la fois de peuplements de chêne blanc et de pin sylvestre sur leurs exploitations.

### Analyse des résultats après simulation :

Concernant le fermier n°5 (Annexe 12), je constate tout d'abord une nette fermeture du couvert boisé : les boisClairs et les parcoursBoiseEmbroussailles diminuent en surface au profit des boisDenses. A l'échelle de l'exploitation, ceci se traduit par une diminution de la quantité de fourrage produite au printemps et à l'automne par les espaces sylvopastoraux et donc par une diminution de la disponibilité alimentaire en inter-saisons du fait d'un plus faible report sur pied. Nous avons en effet vu au chapitre 3.1.2 qu'un couvert boisé clair permettait de conserver plus longtemps en été et en hiver l'herbe qui avait poussé en sous-bois au printemps et à l'automne. Or, dans le cas du fermier n°5, la ressource alimentaire qu'offre les espaces sylvopastoraux occupe une place importante dans la chaîne de pâturage du lot n°1 : les brebis du lot n°1 quittent en effet les espaces ouverts pour aller pâturer en sous-bois de mi-juillet jusqu'à septembre. La fermeture du couvert boisé, entraînant une diminution de l'offre alimentaire pour les brebis, se traduirait donc soit par un retour au pâturage sur les espaces ouverts qui ont déjà été pâturés, si tant est qu'ils n'aient pas été précédemment raclés, voire déjà sur

pâturés, soit par l'obligation de compléter les brebis durant cette période de l'année, soit un transfert des brebis plus précoce vers le bloc (b) dans la mesure où l'offre alimentaire y est suffisante. Concernant les surfaces en parcours et en parcoursAmeliores, utilisées pour le pâturage de la lutte au sevrage des animaux (Annexe 11) ce qui correspond à la période de forts besoins alimentaires des animaux, celles-ci ne sont pas envahies par les ligneux et sont maintenues à l'issue de la simulation grâce à de forts chargements annuels et « un bon appétit » des brebis durant cette période.



**Figure 17 :** Evolution de la répartition des ressources pastorales, sylvopastorales et forestières sur le territoire d'exploitation du **fermier n°5** au début (a) et à la fin de la simulation du scénario Actuel (b) (période 40 ans).

*Rem : le passage de la couleur jaune à orange est dû en partie au mauvais étalonnage du processus d'embroussaillage.*

Dans le cas du fermier n°7 (Annexe 13), les résultats sont tout autres : si ce n'est l'embroussaillage des parcoursBoises dont nous avons déjà traité précédemment et assimilé à une erreur d'étalonnage, la proportion en surfaces pastorales et sylvopastorales semble être plus stable dans le temps que dans le cas du fermier n°5. L'exploitation régulière pour le bois de chauffage (Annexe 14) permet de maintenir la surface en boisDenses autour de 120 et 140 ha. La pratique de la coupe sélective de bois de chauffage permet au fermier n°7 de se créer de nouveaux espaces sylvopastoraux : les parcoursAmeliores. Quant aux coupes rases, elles permettent de maintenir sur le territoire d'exploitation entre 30 et 40 ha de surfaces en parcours. Un bug informatique, qui affecte l'activité bois de chauffage des fermiers à partir de la 36<sup>e</sup> année (Annexe 14), n'a pas pu être résolu mais permet, somme toute, de constater l'effet des coupes de bois de chauffage sur le contrôle de la fermeture du couvert boisé : les boisDenses regagnent en effet progressivement du terrain à partir de la 36<sup>e</sup> année. Les brusques diminutions de la surface en parcours et parcoursAmeliores à la 10<sup>e</sup> et à la 20<sup>e</sup> années correspondent à de fortes installations d'accrués. Plusieurs hectares se retrouvent ainsi envahis par des semis, essentiellement de pin sylvestre. Il semblerait, au regard des résultats de la simulation du modèle Actuel, que la pression de pâturage, d'avril à juillet pour le lot n°1 (100 brebis pendant les 4 mois qui précèdent la mise-bas), de juin à octobre pour les lots n°2 et 3 (200 brebis pendant les 5 mois qui précèdent la mise-bas), ne soit pas suffisante pour bloquer le processus d'installation des ligneux en milieu ouvert. Les zones ouvertes en parcours et parcoursAmeliores sont présentes d'une part en faible proportion sur l'exploitation, et d'autre part sous forme de clairière au sein de peuplements plus ou moins denses de chêne blanc et de pin sylvestre. Enfin, les tailles des parcs clôturés qui constituent chacun des blocs (bloc (a) : deux parcs de 87 et 31 ha ; bloc (b) : deux parcs de 26 et 45 ha) ne favorise sans doute pas le contrôle efficace de l'installation des ligneux par le pâturage.

### Conclusion partielle :

Du fait d'une structuration végétale différente, d'une valorisation de l'espace de pâturage différente dans le temps, d'une consommation de bois de chauffage dans le deuxième cas, et pour sans doute d'autres raisons, les résultats de simulation obtenus pour les fermiers n°5 et 7 sont bien différents. Dans le cas du fermier n°7, l'activité bois de chauffage équilibre, à l'échelle de son exploitation, le processus de fermeture du couvert boisé et maintien sur son exploitation des espaces sylvopastoraux. En revanche, à l'inverse du fermier n°5, la pression de pâturage annuelle semble dans son cas insuffisante pour empêcher l'installation de nouveaux ligneux et, entre autres, conserver durablement les espaces ré-ouverts en parcours et parcours améliorés par le biais de l'exploitation du bois de chauffage.

L'analyse de la situation à l'échelle de l'ensemble du territoire de la SCTL et d'une exploitation en particulier apporte donc des éléments complémentaires. Si globalement nous avons constaté, au travers d'une simulation sur quarante ans, que le processus de fermeture du milieu n'était pas très marqué à l'échelle du territoire de la SCTL, il peut s'avérer cependant contraignant à l'échelle d'une exploitation donnée comme nous venons de le voir pour les fermiers 5 et 7. La diminution de la disponibilité alimentaire à l'échelle d'une exploitation, du fait de la diminution des surfaces sylvopastorales par fermeture du couvert boisé, ou des surfaces pastorales par colonisation des ligneux, sera sans doute perçue différemment par les fermiers selon la marge de manœuvre dont ils disposent sur leurs exploitations ou encore selon l'organisation de leur système d'élevage plus ou moins intégrateur de la ressource fourragère spontanée du Larzac. Cependant, le fait est que la ressource boisée, aujourd'hui, ne fait l'objet d'aucune gestion globale à l'échelle du territoire de la SCTL. Les bois **denses** de pin sylvestre et de chêne blanc, impropres à l'activité d'élevage ne font, pour l'heure, l'objet pour les premiers d'aucune valorisation et, pour les seconds, que d'une valorisation par les fermiers sous forme de bois de chauffage. Ces prélèvements de bois par les fermiers restent inférieurs à l'accroissement annuel moyen des peuplements de chêne blanc dépendant de la SCTL. Quant aux peuplements de pin sylvestre, qui couvrent une surface d'au moins 600 ha (Tab.1), ils s'accroissent, en volume sur pied, d'environ 980 m<sup>3</sup>/an. Dans l'optique de conforter l'activité d'élevage, la stabilisation voire l'amélioration sur le long terme de la ressource pastorale qu'offrent les formations végétales spontanées du Larzac, et de sa distribution au cours d'une année de pâturage semble d'autant plus essentielle que la rigueur climatique ces deux dernières années a fait prendre conscience à certains fermiers de la fragilité de leur système d'élevage. Pour cela, il s'agit pour la SCTL de se donner les moyens de pouvoir intervenir sur la répartition des diverses ressources disponibles (pastorales, sylvopastorales et forestières) à l'échelle de l'ensemble de son territoire d'une part, des exploitations agricoles d'autre part. Notre modèle Actuel, après validation auprès des fermiers et de la SCTL, prévue en octobre 2004, servira de base de réflexion à l'émergence de scénarios de gestion des boisements dépendant de la SCTL. De façon à alimenter le débat lors de cette réunion, nous avons décidé d'établir d'ores et déjà des pré-scénarios de gestion sur la base des idées qui ont pu émerger au cours des entretiens avec les fermiers et la SCTL, au travers des réunions de travail collectif avec le Cemagref (représenté par L. Dobremez et H. Rapey), l'Institut de Développement Forestier (représenté par O. Picard) et l'Institut de l'Elevage (représenté par G. Guérin), au cours de mon entretien avec l'expert forestier P. Foissac et au cours des journées de terrain et des chantiers organisés par O. Picard et G. Guérin, et M. Berthomieu de la Chambre d'Agriculture de l'Aveyron :

- Journée organisée autour du thème « l'utilisation des copeaux de pin sylvestre comme combustible ».
- Chantier de sciage mobile organisé chez un fermier du Larzac fin 2003, auquel je n'ai pas participé.
- Journée de marquage d'arbres de pin sylvestre pour la réalisation d'une éclaircie sélective chez le fermier n°16 prévue début 2005.
- Journée organisée autour du thème « utilisation du bois dans la construction de bâtiments ».

Ces pré-scénarios sont également l'occasion de proposer aux acteurs locaux des modes de gestion intégrant les résultats de la connaissance scientifique actuelle en matière de gestion des boisements de

chêne blanc et de pin sylvestre. Or dans un contexte d'aménagement multifonctionnel intégrant les besoins des fermiers, les objectifs de la SCTL qui souhaite parvenir à des opérations blanches (équilibrées financièrement), et tenant compte de l'hétérogénéité des boisements, de leur productivité réduite et de la qualité moyenne des bois qui empêche une sylviculture classique, l'orientation vers un aménagement sylvopastoral peut apparaître comme une solution intéressante. L'idée d'un aménagement sylvopastoral du territoire n'est pas nouvelle, le pâturage en forêt est une pratique ancienne dans le bassin méditerranéen (Hubert et al., 1987) : « agroforestry is a new name for a set of old practices (Nair, 1993) and among this set, silvopastoralism is probably one of the oldest ones. » (Etienne, 1996). Le sylvopastoralisme peut être défini comme « the science and art of optimising the returns from rangelands in those combinations desired by and suitable to society through the manipulation of range ecosystems » (Stoddart et al., 1975, in Papanastasis, 1996). La pratique du sylvopastoralisme permet une relative souplesse de gestion à long terme : l'équilibre instauré au sein d'une parcelle sylvopastorale par coupe d'éclaircie puis installation au sol d'une strate herbacée n'est pas irréversible (Papanastasis, 1996). Selon l'usage pastoral qu'il sera fait de cette parcelle, celle-ci pourra conserver sa fonction sylvopastorale ou évoluer de nouveau vers un stade forestier. La volonté d'implémenter au modèle des scénarios mettant en œuvre des pratiques sylvopastorales pour la gestion du territoire de la SCTL s'inscrit en continuité de programmes d'actions sylvopastorales mis en place dans le sud Aveyron (opération initiale 1999-2003 pilotée par le CDASA\* en liaison avec le CRPF, programme ACTA\*). Onze sites, sur la zone des Grands Causses et de Camarès, ont ainsi été intégrés au programme :

Tableau 3: Description des sites concernés par le programme ACTA (1999-2003) et produits de valorisation des interventions sylvopastorales (compte-rendu du Comité de pilotage du programme ACTA de juillet 2004).

N° du site	Surface totale du parc concerné	Surface boisée	peuplement	Surface intervention sylvopastorale	Valorisation du bois
1	22	12	PS	5	6 m3 de bois d'œuvre (scie mobile) + 22 stères trituration + 42 stères de bois de chauffage
2	12	4	CB et buis	3	Bois de chauffage : 30 stères
3	15	2	CB	1	Bois de chauffage : 60 stères
4	10	3	CB	0.5	Bois de chauffage : 46 stères
5	4.5	4.5	CB + CA	2.5	90 stères chauffage + 40 stères trituration
6	3.13	3.13	CA + CB	0	En projet
7	2	2	CB (+ alisier)	2	Bois de chauffage : 140 stères
8	15	1.5	CB	3	30 à 40 stères de bois de chauffage
9	6	6	CB + châ.	1	500 piquets + 50 stères de bois de chauffage
10	50	40	PS	1 en cours	Bois de chauffage et bois d'œuvre en projet
11	80	30	PS	En projet	Bois d'œuvre en projet

Ces onze sites ont été sélectionnés sur 9 exploitations parmi lesquelles 3 font parties des exploitations intégrées au modèle (sites n°1, 2,10 et 11).

En plus des données de terrain que fournissent ces chantiers de réalisation de coupes sylvopastorales, ces actions ont permis de sensibiliser certains des fermiers sur l'intérêt que

représente ce type d'aménagement de l'espace. En effet, pour chacun des sites, à l'issue des coupes sylvopastorales :

- le potentiel fourrager a été augmenté ;
- dans sept cas, des surfaces non-pâturées ont été réutilisées ;
- dans deux cas, la valorisation sylvicole a permis d'arriver à une opération blanche.

## 5 Elaboration de pré-scénarios et résultats obtenus

### 5.1 Elaboration d'un premier scénario : le scénario Total

#### 5.1.1 Objectifs de gestion

L'objectif premier est de proposer à la SCTL de jouer un rôle fort dans le contrôle de la dynamique de fermeture du milieu par les ligneux. Ce scénario vise donc à apprécier la viabilité d'une gestion des boisements de la SCTL ayant comme objectifs **de lui apporter un revenu complémentaire tiré de l'exploitation du bois tout en améliorant les conditions de pâturage des fermiers**. Concernant la gestion de la ressource boisée, il s'agit tout d'abord d'améliorer par des coupes d'éclaircies la valeur marchande des peuplements en travaillant au profit des plus beaux sujets d'avenir. Les peuplements qui atteindront l'âge d'exploitabilité seront exploités pour répondre à une demande locale de la part des fermiers en bois de sciage pour la construction de bâtiments (projet de construction de maisons en bois rond) ou encore la restauration des fermes d'élevage (chevrons, planches, voliges,...), et en bois de chauffage pour les villages avoisinants. Etant donné la nature de la ressource en bois de pin sylvestre disponible, ce scénario doit apporter une solution à la valorisation de bois de dimensions modestes et issus de boisements spontanés qui n'ont pour l'heure jamais fait l'objet d'une gestion sylvicole. Devant la raréfaction des scieries de proximité qui font de moins en moins de débits sur liste, la scierie mobile offre la possibilité de valoriser les petits lots de bois de qualité et de dimensions réduites (Picard, 2004). Un chantier de sciage mobile a, de plus, déjà été organisé chez l'un des fermiers intégrés au modèle (fin 2003), et auquel avaient assisté plusieurs autres fermiers, dont certains faisant partie du comité de gérance de la SCTL. Le prélèvement des bois dans un peuplement dense de pin sylvestre avait été réalisé sous forme de layons faisant se rejoindre entre elles des clairières déjà existantes ou agrandies lors du chantier. L'objectif était ainsi, parallèlement à la sortie de bois de sciage, d'augmenter la pénétration de la lumière en sous-bois, favorisant le développement de la strate herbacée, et de faciliter la circulation des animaux au sein de ce bois clairié. La mise en évidence, à l'issue de ce chantier, de la faisabilité et de la rentabilité économique de ce mode de valorisation du pin sylvestre m'a encouragé à l'intégrer au scénario Total. L'exploitation des bois devra enfin être faite dans l'intérêt du fermier en s'efforçant d'adapter au mieux, par le biais de coupes rases ou sélectives, la répartition des différentes ressources de son exploitation à son système de pâturage.

#### 5.1.2 Description du scénario Total

##### 5.1.2.1 Gestion des peuplements de pin sylvestre (PS et PSCB)

D'une manière générale, il n'existe que peu d'informations dans la littérature concernant les techniques d'aménagement sylvopastoral en région méditerranéenne et il n'existe pas d'itinéraire technique type pour la gestion des boisements spontanés de pin sylvestre. Les taux de prélèvement de la ressource boisée conseillée lors d'une exploitation sylvicole varient d'un auteur à l'autre. De plus, la plupart des expériences d'éclaircie de peuplements de pin sylvestre visant à en analyser l'effet sur la croissance en diamètre des arbres ou sur l'installation de l'herbe en sous-bois utilisent comme critère la densité du peuplement, critère dont nous ne disposons malheureusement pas et sur lequel nous ne pouvons donc pas nous baser.

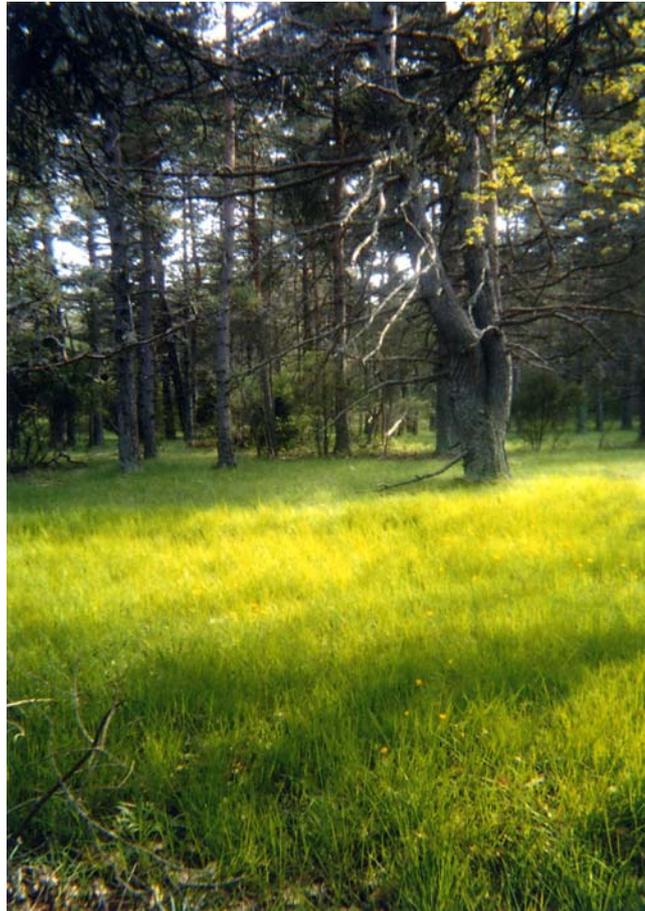
Lorsque le critère taux de recouvrement arboré est utilisé par les auteurs, il est ainsi conseillé, pour des éclaircies d'amélioration de peuplements, d'effectuer des prélèvements relativement forts ramenant le taux de recouvrement boisé entre 40 et 70 % de façon à permettre à l'herbe de pousser en sous-bois et parallèlement de récolter un volume suffisant de bois pour rentabiliser l'intervention sylvicole (Papanastasis, 1996). Devant l'abondance des boisements spontanés qui se sont installés durant la période 1970-1980 (cf. chapitre 3.1.1.1.2), âgés donc aujourd'hui d'une trentaine d'années, qui n'ont fait l'objet d'aucune gestion sylvicole jusqu'à ce jour, et dont la qualité des bois est relativement médiocre, on se propose dans le scénario Total d'y effectuer des coupes d'amélioration. En améliorant la structure de peuplements denses de pin sylvestre par des coupes d'amélioration, on en améliore simultanément la valeur marchande (en travaillant au profit des sujets d'avenir) et pastorale (en favorisant l'installation de l'herbe en sous-bois par un apport de lumière au sol), passant d'une ressource inutilisée, voire contraignante, à une ressource sylvopastorale valorisable et valorisante (Photo 10). Manquant de données dendrométriques pour caractériser les peuplements de pin sylvestre à l'initialisation du modèle, j'ai adopté l'hypothèse des chercheurs du Cemagref (Marsteau *et al.*, 1999) selon laquelle : « il est possible de faire une éclaircie dans des peuplements denses âgés de 30 à 45 ans. Ces éclaircies seront sans rapport financier. ». De façon à simplifier le scénario j'ai opté pour la réalisation d'une seule coupe d'amélioration pouvant être faite lorsque le peuplement est âgé de 30 à 35 ans (l'idéal étant de renouveler ces coupes d'amélioration tous les 10 à 15 ans). Une coupe d'amélioration est définie dans le modèle comme une diminution d'une classe de recouvrement arboré (exemple : passage d'un taux de recouvrement de classe 6 : 75-100 % à un taux de recouvrement de classe 5 : 50-75 %), soit un prélèvement de 25 % du volume du peuplement. Ce type de prélèvement a comme avantage de ne pas trop déstabiliser des peuplements à densité élevée, dont les arbres sont allongés et ont un houppier la plupart du temps étriqué. Lors de la coupe d'amélioration les tiges de mauvaise venue sont prélevées en premier de façon à favoriser la croissance des tiges déjà bien conformées ou d'avenir. L'ouverture des jeunes peuplements de pin sylvestre va permettre d'accroître les surfaces en parcours plus ou moins boisées au bénéfice des éleveurs selon le cheminement suivant :

parcoursAmeliore ← parcoursBoise ← boisClair ← boisDense

Suivant le taux de recouvrement de la strate herbacée en sous-bois avant éclaircie, la progression du tapis herbacé se fera plus ou moins lentement. Ainsi, lorsque la densité du couvert est telle que l'herbe est absente en sous-bois, celle-ci ne commencera à coloniser le sous-bois qu'au bout de 2 à 3 ans (Amiot 1998 in Cohen 2001). En revanche, si l'herbe est déjà présente, même de façon éparse en sous-bois, la recolonisation sera plus rapide (d'après Berthomieu et Guérin).

Concernant l'exploitation d'arbres de plus gros diamètres pour le sciage, présents essentiellement dans les peuplements qui se sont installés avant 1964 (cf. chapitre 3.1.1.1.2), le chantier de sciage mobile, réalisé fin 2003, à l'initiative de l'IE et de l>IDF, avait permis d'exploiter des arbres d'un diamètre à 1.30 mètres de 25 à 30 cm. Les diamètres sélectionnés, aux dires d'O. Picard, avaient cependant été légèrement trop faibles pour valoriser de façon optimale les volumes de bois exploité. Nous avons ainsi fixé avec O. Picard le diamètre minimal d'exploitabilité pour le sciage du bois de pin sylvestre à 35 cm (diamètre à 1,30 m). Par croisement des données IFN sur l'accroissement du pin sylvestre et des données dendrométriques du PSG extrapolées, il m'a été possible d'obtenir une courbe approximative du diamètre à 1.30m de l'arbre dominant en fonction de l'âge du peuplement. Sur cette base, l'âge d'exploitabilité a été fixé à 60 ans. J'ai ensuite fait l'hypothèse, sur la base d'observations personnelles et des volumes de bois sciable sortis, au cours du chantier de sciage mobile effectué sur le Larzac, qu'un peuplement qui n'a jamais fait l'objet d'aucune gestion sylvicole est constitué entre 20 et 40 % en volume de tiges de bonnes qualités ou améliorables (c'est-à-dire sujettes à concurrence) que l'on pourra utiliser pour le sciage, et le reste étant constitué de tiges de mauvaise venue (arbres dominants ou co-dominants mais mal formés et dominés) impropres au sciage mais valorisable pour la trituration, par exemple. La qualité des peuplements de pin sylvestre est très variable sur le territoire d'étude, notamment en raison de la variabilité des sols sur le plateau du Larzac (Annexe 1). Ne disposant pas de données de terrain suffisantes pour caractériser chacun des boisements spontanés en fonction de la quantité de bois de bonne qualité récoltable pour le sciage, j'ai ainsi fixé la part en bois sciable à 30 % du volume du peuplement pour tous les peuplements de pin sylvestre à l'initialisation du modèle.

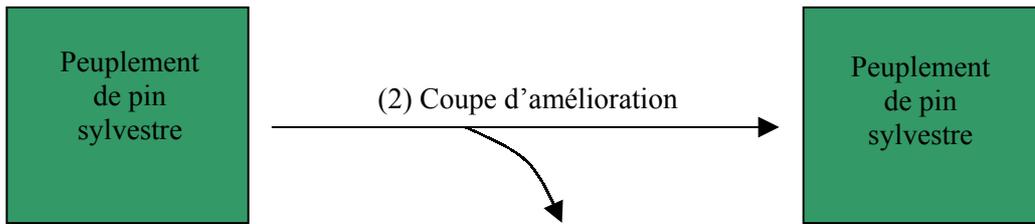
Photo 10: strate herbacée dans un sous-bois de pin sylvestre clair et clairié. La zone où la photo a été prise est a priori une zone particulièrement fertile : les pins sylvestres y ont une hauteur supérieure à ce que l'on rencontre d'ordinaire sur le plateau du Larzac. Cette zone, très faiblement boisée sur les photos de 1948, envahie entre temps par le pin sylvestre, a sans doute conservé un sous-bois herbeux du fait d'un maintien du pâturage, peut-être couplé à des travaux de nettoyage en forêt. Ce type de sous-bois, d'autant plus intéressant sur le plan pastoral que la photo a été prise en mai 2004 alors que la plupart des parcours, marqués par la sécheresse de l'année 2003 et le manque de pluie au printemps 2004, n'offraient encore que très peu de ressource alimentaire, ne se retrouve cependant pas en majorité sur le plateau du Larzac.



*(Larzac, mai 2004. C. Simon)*

---

Concernant les peuplements qui feront l'objet de coupes d'amélioration au cours de la simulation, j'ai fait l'hypothèse que l'accroissement annuel moyen du peuplement ne serait pas affecté par l'éclaircie d'amélioration et qu'elle permettrait un report d'accroissement des tiges prélevées sur les tiges au profit desquelles la coupe sélective aura été réalisée (Fig.18). Des peuplements de pin sylvestre, améliorés entre 30 et 35 ans, ont ainsi 40 % de leur volume exploitable pour le sciage à l'âge de 60 ans. Devant la nécessité de commercialiser des bois de qualité médiocre lors des éclaircies d'amélioration, et dans le but d'aboutir à des opérations blanches financièrement, les coupes dans les peuplements âgés de plus de 60 ans seront des coupes rases, permettant de mobiliser un volume par hectare élevé : une partie du volume pourra être valorisée sous la forme de bois de sciage, l'autre partie sous la forme de bois de trituration. Le bois de trituration de pin sylvestre, outre la possibilité de le vendre à la Sofoest (société forestière détenue par la Tembec qui produit de la pâte à papier), pourrait permettre d'alimenter des chaudières à copeaux de pin sylvestre si davantage de fermiers



Age : 30 ans  
 Volume du peuplement :  $V(30)$   
 Accroissement annuel (m<sup>3</sup>) :  $\Delta V(30)$   
 Bois de sciage : 30 % de  $V(30)$   
 Bois de trituration : 70 % de  $V(30)$

Age : 30 ans  
 Volume du peuplement :  $V'(30) = 75 \% * V(30)$   
 Accroissement annuel :  $\Delta V(30)$   
 Bois de sciage : 40 % de  $V'(30)$   
 Bois de trituration : 60 % de  $V'(30)$

(1) Pas de coupe  
 d'amélioration



Age : 60 ans  
 Volume du peuplement :  $V(60) = V(30) + \sum(31, 60) \Delta V(i)$   
 Accroissement annuel :  $\Delta V(60)$   
 Bois de sciage : 30 % de  $V(60)$   
 Bois de trituration : 70 % de  $V(60)$

Age : 60 ans  
 Volume du peuplement :  $V'(60) = V'(30) + \sum(31, 60) \Delta V(i)$   
 Accroissement annuel :  $\Delta V(60)$   
 Bois de sciage : 40 % de  $V'(60)$   
 Bois de trituration : 60 % de  $V'(60)$



A 30 ans, un peuplement qui n'a fait l'objet d'aucune coupe a un volume de 27 m<sup>3</sup>/ha. L'accroissement d'un peuplement de pin sylvestre entre 30 et 70 ans étant de 2 m<sup>3</sup>/ha/an on obtient pour un peuplement âgé de 60 ans :

- dans le cas (1) : volume (bois de sciage) = 26 m<sup>3</sup>/ha
- dans le cas (2) : volume (bois de sciage) = 32 m<sup>3</sup>/ha

Figure 18: schéma explicatif d'une coupe d'amélioration dans le modèle.

décidaient de s'en équiper pour remplacer leurs chaudières au fuel : un seul fermier utilise actuellement ce type de chaudière sur les 28 fermiers rencontrés.

Après avoir défini les conditions d'exploitabilité de nos peuplements (coupe d'amélioration et coupe finale), il convient d'établir les règles qui vont nous permettre de sélectionner les peuplements à exploiter. Le choix des peuplements à exploiter doit tenir compte des besoins et intérêts des fermiers. Une coupe d'amélioration, outre le prélèvement de 25 % du volume d'une cellule d'un hectare, se traduit également par la diminution du couvert boisé et par une production fourragère plus importante, ce fourrage étant de plus maintenu sur pied en fin de printemps et d'automne (cf. chapitre 3.1.2).

Concernant la coupe finale, elle aboutit à l'augmentation, sur l'exploitation concernée par la coupe, de la surface en parcours et donc de la production fourragère au printemps et à l'automne, au moins pour quelques années. Les exploitations sélectionnées par la SCTL seront donc les exploitations sur lesquelles la SCTL dispose d'une ressource en pin sylvestre âgée d'au moins 29 ans, et où le fermier est en recherche d'espaces de pâturage supplémentaires pour sécuriser son système d'alimentation, pour diminuer la consommation d'intrants achetés au cours de l'année ou encore pour augmenter la taille de son troupeau ou diminuer l'espace cultivé. Concernant cette dernière option, elle n'a pas encore été programmée dans le modèle. Le choix des éleveurs susceptibles d'être intéressés pour que la SCTL vienne pratiquer sur leurs exploitations des coupes de bois dans les peuplements de pin sylvestre, est un choix délicat et difficile à programmer et donc à modéliser, et fera sans doute l'objet d'un débat lors de la réunion d'octobre 2004 avec la SCTL, les fermiers et les partenaires du projet ACTA. La notion de « fermier en recherche de parcours » a pour l'heure été intégrée au modèle comme le rapport de la surface en parcours sur l'exploitation par le nombre d'animaux mis à pâturer : lorsque ce rapport est inférieur à un (valeur établie avec M. Etienne), le fermier est considéré comme en recherche d'espaces supplémentaires pour le pâturage.

Chaque année, la SCTL exploite donc une partie de ses peuplements de façon à répondre à la demande de fermiers d'augmenter la disponibilité alimentaire sur leurs territoires d'exploitation, et à un objectif de gestion de la ressource boisée que se fixe la SCTL. Cet objectif de gestion correspond au volume annuel de bois à prélever et pourra être choisi en début de simulation parmi 4 possibilités :

- **maintien** du capital sur pieds par un prélèvement annuel en bois de sciage égal à l'accroissement annuel des peuplements de la SCTL ;
- **capitalisation** du matériel sur pied par un prélèvement annuel en bois de sciage égal à la moitié de l'accroissement annuel des peuplements de la SCTL ;
- **décapitalisation** du matériel sur pied par un prélèvement annuel en bois de sciage égal, en valeur absolue, à deux fois l'accroissement annuel des peuplements de la SCTL ;
- **ouverture** du milieu par un prélèvement annuel en bois de sciage égal, en valeur absolue, à quatre fois l'accroissement annuel des peuplements de la SCTL.

Dans le scénario Total, cet objectif de gestion ne concerne que le volume de bois de sciage à récolter. Concernant le volume en bois de trituration à prélever, celui-ci a été fixé à 450 m<sup>3</sup>/an : soit approximativement, la quantité nécessaire pour approvisionner 10 fermiers se chauffant aux copeaux de pin sylvestre. Enfin, de façon à ne pas déstabiliser trop fortement et trop rapidement le système de pâturage des fermiers, seulement un hectare de bois par type de prélèvement (coupe rase de bois de sciage et de trituration, coupe d'amélioration) pourra être exploité par exploitation agricole et par an.

#### 5.1.2.2 Gestion des peuplements de chêne blanc (CB et CBPS)

Concernant la gestion des taillis de chêne blanc (CB et CBPS), de la même manière que pour le bois de chauffage prélevé par les fermiers, seront considérés comme exploitables pour l'exploitation du bois de chauffage par la SCTL les peuplements âgés d'au moins trente ans. Cette exploitation se fera par coupes sélectives de façon à améliorer la ressource pastorale de la zone exploitée. « Si l'éclaircie est suffisamment forte, elle entraîne une augmentation de la diversité floristique par la

multiplication de l'effet écotone : la création de lisières autour des houppiers non jointifs favorise les espèces de lumière lorsque les espèces d'ombre sont encore présentes sous les arbres (...) mais lorsque l'éclaircie est trop forte, certaines espèces intéressantes d'un point de vue pastoral peuvent être menacées » (Bellon et *al.*, 1996). Le taux de prélèvement que j'ai choisi pour l'exploitation du chêne blanc est ainsi de 25 % du couvert boisé, soit, comme dans le cas du prélèvement de bois de chauffage par les fermiers, un prélèvement de 25 % du volume du peuplement. J'ai de plus décidé de simplifier pour le moment le scénario en ne proposant d'exploiter le bois de chauffage que chez les fermiers n'en faisant pas l'usage à l'heure actuelle. Sur les 1120 ha de peuplements de CB et CBPS dépendant de la SCTL, seuls 400 ha seront ainsi concernés dans ce scénario. L'objectif est d'améliorer l'état de la ressource pastorale chez les fermiers ne se chauffant pas au bois et n'ayant donc pas le droit d'exploiter leurs bois, tout en offrant la possibilité à la SCTL d'en tirer un revenu complémentaire. Pour ce qui est du volume annuel à récolter, il est défini de la même manière que le volume de bois de sciage à récolter (cf. chapitre précédent).

### 5.1.2.3 La SCTL : un nouvel acteur du modèle

La SCTL joue un rôle direct sur l'évolution du territoire dans le scénario Total. De la même manière que pour les fermiers dans le scénario Actuel, l'agent SCTL (the **collectif**) intervient sur le milieu sous la forme d'actions et organise sa gestion à partir de ses entités de gestion. Dans le scénario Total, les trois actions possibles de la SCTL sont la coupe d'amélioration et la coupe rase des peuplements de pin sylvestre ainsi que la coupe sélective dans les peuplements de chêne blanc. Le collectif organise sa gestion à l'échelle de l'ensemble du territoire boisé lui appartenant (the **massif**). De plus, puisqu'il tient compte des caractéristiques de chacune des exploitations agricoles, sa gestion s'applique aux entités de gestion boisées utilisées par les fermiers (cf. chapitre 3.2.2). Des attributs lui permettent de suivre l'évolution des stocks de bois sur pied (**standStock** pour les bois de pin sylvestre, **standingFirewood** pour les bois de chêne blanc), des stocks de bois de pin sylvestre exploitables en coupe rase (**timberStock**), des volumes de bois exploités pour le sciage, le bois de chauffage et la trituration, de la demande en bois de sciage, de trituration et de chauffage, des accroissements annuels moyens des peuplements de pin sylvestre et de chêne blanc ... L'implémentation de ce nouvel acteur dans le modèle a suivi la même démarche que celle déjà évoquée au chapitre 3.

## 5.2 Analyse comparée des résultats obtenus pour les scénarios Actuel et Total

Etant donné la diversité des scénarios possibles si l'on considère les quatre options de gestion de la ressource envisagées (capitalisation, décapitalisation, maintien ou ouverture), j'ai décidé de ne traiter dans ce rapport que de l'option ouverture. C'est l'option qui bien évidemment permet d'obtenir les plus grandes différences avec le scénario Actuel.

Le graphique de répartition des ressources sylvopastorales sur le territoire de la SCTL (Fig.19 et 22), montrent une augmentation d'environ 300 ha en 40 ans de la surface en parcours au cours de la simulation. Cette augmentation de l'espace pâturable pour les fermiers ne s'est pas accompagnée d'une plus forte installation des ligneux sur parcours. La surface en parcours Améliore est par exemple restée stable tout au long de la simulation. Par conséquent, les espaces nouvellement ouverts sur les exploitations des fermiers en recherche de parcours, ont été suffisamment bien entretenus par le pâturage pour contrôler la dynamique des ligneux. On constate également que la surface en bois Denses est maintenue entre 300 et 330 ha du fait des coupes de bois réalisées par les fermiers et la SCTL. On n'assiste donc pas, comme c'était le cas dans la simulation du scénario Actuel, à une fermeture du couvert boisé.

Si l'on s'intéresse aux surfaces boisées exploitées par la SCTL, on constate qu'environ 580 ha de bois dépendant de la SCTL ont fait l'objet, à un moment donné de la simulation, d'une ou plusieurs exploitations de bois (bois de chauffage, de trituration et de sciage confondus). Ceci représente 33 %

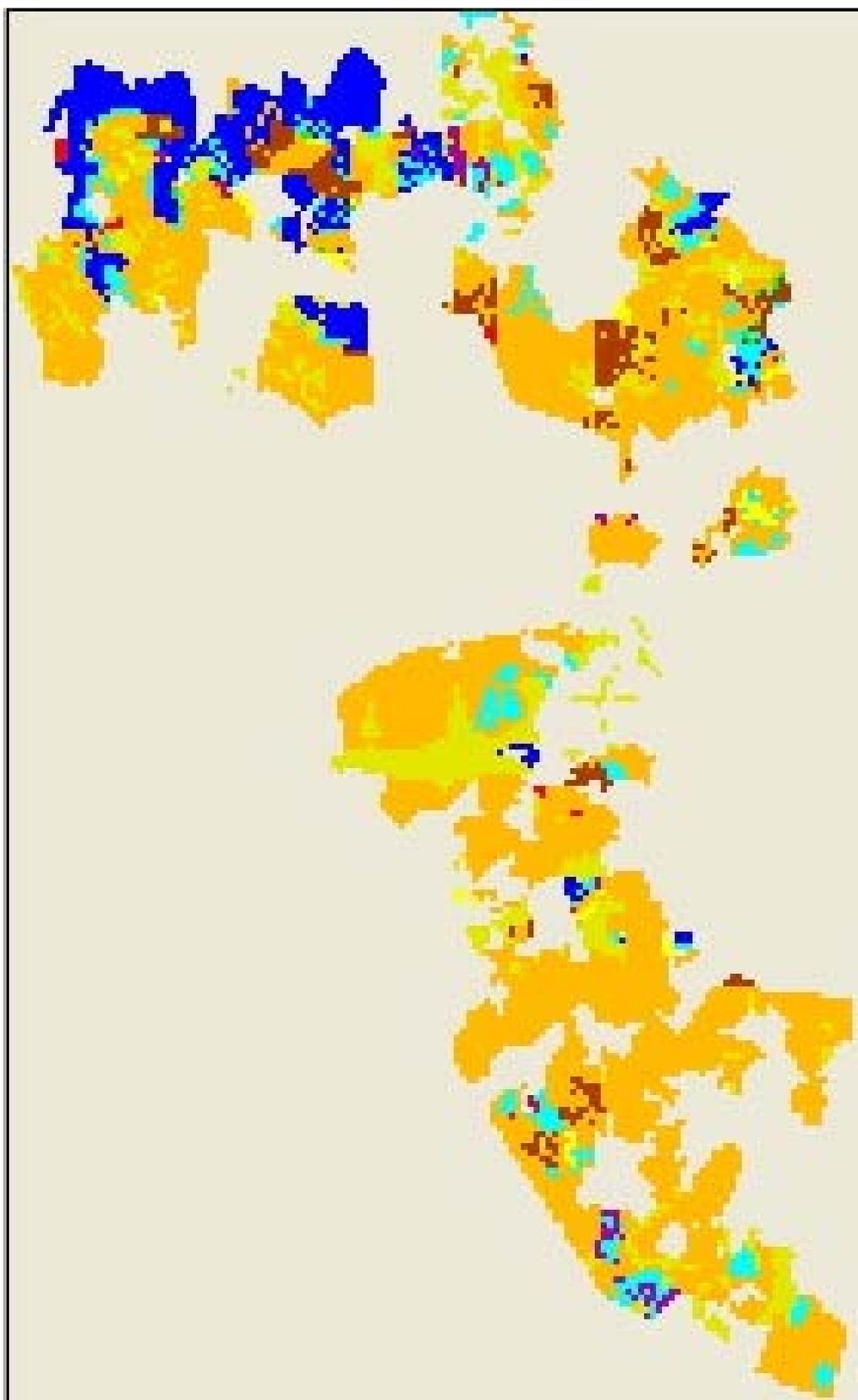


Figure 22: Carte des ressources pastorales (cellules jaunes, oranges, rouges et violettes), sylvopastorales (cellules vertes, marrons et bleu clair) et forestières (cellules bleu foncé) sur le territoire d'étude à l'issue de la simulation du **scénario Total** sur une période de 40 ans (extraite de la base Cormas).

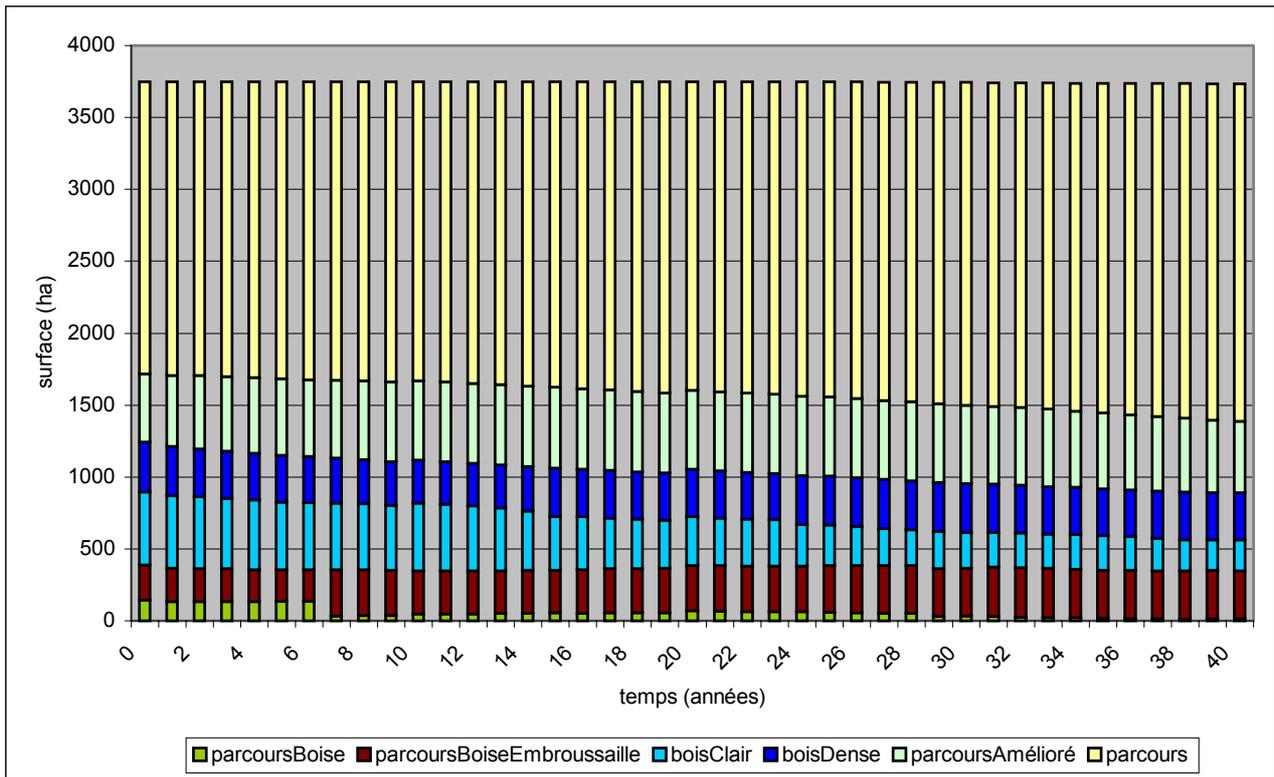


Figure 19 : Evolution en surface des 6 types de ressources sylvopastorales sur le territoire de la SCTL (scénario Total, option : ouverture, période : 40 ans).

de la surface boisée dépendant de la SCTL à l'instant initial. Les surfaces boisées exploitées par les fermiers pour le bois de chauffage ne faisant pas partie des surfaces exploitables par la SCTL, elles peuvent être directement cumulées à celles exploitées par la SCTL (Annexe 15). Au total, ce sont donc 40 % de la surface boisée dépendant de la SCTL à l'instant initial qui ont fait l'objet d'une ou plusieurs exploitations de bois au cours de la simulation.

Cette gestion de la ressource boisée telle qu'elle est décrite dans le scénario Total permet-elle d'apporter un revenu complémentaire suffisant pour la SCTL ?

Le graphique représentant l'évolution des volumes de bois prélevés par la SCTL sur son territoire au cours de la simulation (Fig.20) fait apparaître trois courbes : celle du bois de chauffage de chêne blanc (courbe rouge), celle du bois de sciage (courbe marron) et celle du bois de trituration (courbe orange) qui correspond au volume cumulé du bois de pin sylvestre exploité lors des coupes d'amélioration et du bois de trituration issu des coupes rases des peuplements de pin sylvestre âgés de plus de 60 ans. D'une manière générale, les volumes de bois de pin sylvestre récoltés (sciage et trituration) augmentent progressivement, passant de 150 m<sup>3</sup> de bois de sciage à la 6<sup>e</sup> année à 280 m<sup>3</sup> à la 40<sup>e</sup> année. Le volume moyen récolté est de **170 m<sup>3</sup>/an** à partir de la 6<sup>e</sup> année. Concernant les 5 premières années de simulation du modèle, les faibles volumes récoltés s'expliquent par la très faible proportion de peuplements exploitables en 2004 (peuplements déjà observables sur les photos aériennes de 1948). La courbe de prélèvement de bois de sciage augmente parallèlement à l'augmentation en surface des peuplements de pin sylvestre de plus de 60 ans. Concernant le volume en bois de trituration prélevé, il est essentiellement le fait des coupes rases des peuplements âgés de plus de 60 ans. Le volume de bois récolté lors des coupes d'amélioration est en comparaison négligeable. Le volume moyen récolté annuellement est d'environ **390 m<sup>3</sup>/an** à partir de la 6<sup>e</sup> année.

En cumulant le volume de bois de sciage et de bois de trituration, le volume en pin sylvestre récolté,

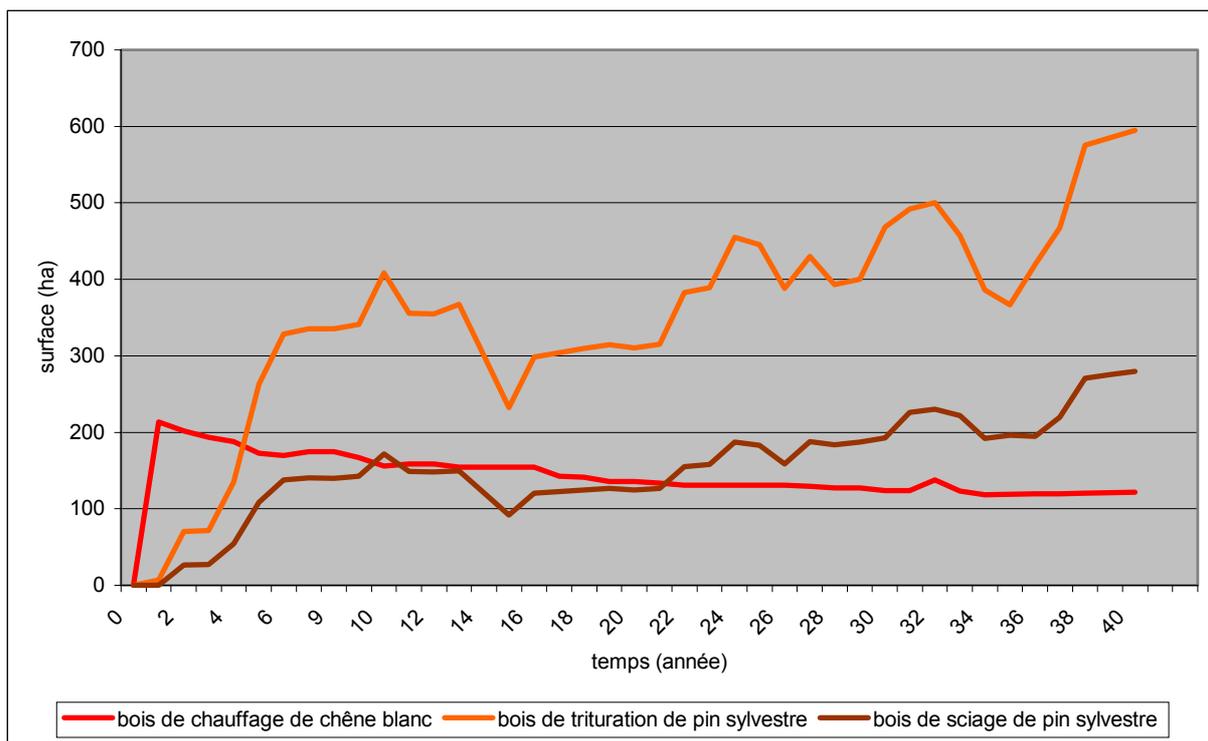


Figure 20 : Evolution des volumes de bois prélevés par la SCTL sur son territoire (scénario Total, option : ouverture, période : 40 ans).

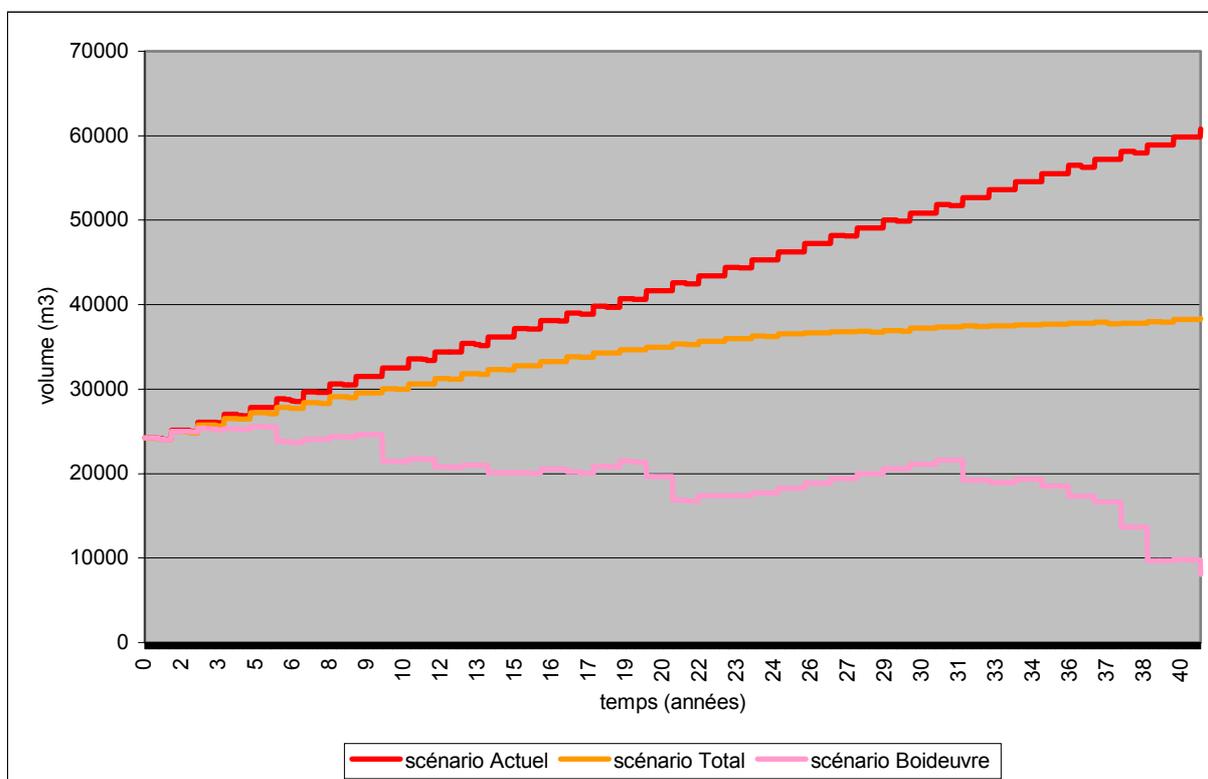


Figure 21 : Evolution du stock de bois sur pied de PS et PSCB dépendant de la SCTL selon trois scénarios (scénario Actuel ; scénario Total, option : ouverture ; scénario Boideuvre, option : ouverture).

égal à **560 m<sup>3</sup>/an**, reste inférieur à l'accroissement annuel moyen calculé lors de la simulation du scénario Actuel (980 m<sup>3</sup>/an). Enfin, cette gestion de la ressource boisée permet à la SCTL de récolter en moyenne **125 m<sup>3</sup>/an** de bois de chauffage, soit un peu moins que l'accroissement annuel moyen trouvé lors de l'analyse du scénario Actuel (150 m<sup>3</sup>/an).

Les restrictions concernant l'exploitation du bois dans le scénario Total ne permettent donc pas à la SCTL d'atteindre l'objectif global de volume de bois à récolter fixé en début de simulation : à savoir l'ouverture du milieu par un prélèvement en bois égal en valeur absolue à 4 fois l'accroissement. Le stock sur pied en bois de chêne blanc reste stable tout au long de la simulation, en revanche, celui du pin sylvestre continue d'augmenter (Fig.21 : courbe orange). Le volume de bois de trituration à récolter, fixé à 450 m<sup>3</sup>/an, n'est lui non plus pas toujours atteint. Deux éléments expliquent ces résultats :

- tout d'abord, la restriction à un 1 ha/exploitation/an de bois exploitable par la SCTL pour chacun des trois types d'interventions (coupe d'amélioration et coupe rase dans les peuplements de pin sylvestre et coupe sélective de bois de chauffage) limite le prélèvement de bois ;
- enfin, la répartition des classes d'âge des peuplements de pin sylvestre sur le territoire de la SCTL en début de simulation limite, elle aussi, le prélèvement de bois.

Le scénario Total est-il de toutes façons susceptible de convaincre les fermiers quant à l'intérêt d'une telle gestion de la ressource boisée par la SCTL ?

Lorsque l'on se penche de nouveau sur le cas des fermiers n°5 et 7, les résultats semblent a priori plutôt concluants.

*Comparaison des résultats des scénarios Actuel et Total pour le fermier n°5 :*

Du fait de la gestion des bois opérée par la SCTL dans le scénario Total, le phénomène de fermeture du couvert boisé dans le cas du fermier n°5 est nettement moins marqué (Annexe 16). De plus, la surface en parcours sur son exploitation augmente progressivement de 153 ha à 176 ha. Les coupes rases de peuplements de pin sylvestre âgés de plus de 60 ans pour l'exploitation du bois de sciage et de trituration permettent d'augmenter la surface en parcours et ainsi d'accroître la production d'herbe au printemps et à l'automne. Cependant, l'objectif de création d'espaces sylvopastoraux n'est pas atteint : on n'observe aucune différence significative entre les deux scénarios concernant l'évolution en surface des ressources sylvopastorales, à savoir les parcoursAmeliores, les parcoursBoises, les parcoursBoiseEmbroussailles et les boisClairs (Annexe 12 et 16). Les coupes sélectives de bois de chauffage réalisées par la SCTL concernent les peuplements denses de chêne blanc à plus fort volume sur pied, ce qui permet somme toutes d'augmenter légèrement la proportion en boisClairs.

Cependant, étant donné l'abondance des boisDenses sur cette exploitation, on peut s'interroger sur la pertinence de nos règles restrictives concernant le volume maximal exploitable par exploitation et par an (1 ha/exploitation/an). Les peuplements de chêne blanc éclaircis présentent en effet des caractéristiques de croissance de l'herbe en sous-bois particulièrement intéressantes qu'il serait sans doute pertinent de valoriser davantage (cf. chapitre 3.1.2). Concernant les coupes d'amélioration des peuplements de pin sylvestre, la majorité des peuplements de cette exploitation sont âgés de plus de 35 ans et ne sont donc pas inclus dans la procédure, décrite dans le scénario. De la même manière que pour le chêne blanc, la restriction du prélèvement de bois à un hectare par exploitation et par an ne semble pas des plus judicieuses si l'on souhaite augmenter de façon significative, à court et moyen terme, les surfaces en ressources sylvopastorales.

On peut enfin constater que les espaces nouvellement ouverts par l'exploitation des bois opérée par la SCTL ont été apparemment bien pâturées par la suite puisque, mis à part l'installation d'accrus de pin sylvestre à la 21<sup>e</sup> année comme c'était déjà le cas dans le scénario Actuel, on n'observe aucun recul de la surface en parcours tout au long de la simulation.

### *Comparaison des résultats des scénarios Actuel et Total pour le fermier n°7 :*

En ce qui concerne l'évolution du territoire du fermier n°7, la gestion des bois pratiquée par la SCTL permet d'accroître de façon marquée les surfaces en parcours. On passe ainsi de 33 ha en début de simulation à plus de 76 ha au bout de 40 ans (Annexe 17). Concernant l'évolution des surfaces en ressources sylvopastorales, l'effet de la gestion pratiquée par la SCTL y est plus intéressant que dans le cas du fermier n°5 (Annexe 13 et 17). Les coupes d'amélioration des peuplements de pin sylvestre réalisées par la SCTL jusqu'à la 26<sup>e</sup> année (Annexe 18) permettent d'agrandir sensiblement l'espace sylvopastoral pâturable : on observe notamment une augmentation en surface des parcours Améliorés ainsi que des parcours Boisés jusqu'à la 26<sup>e</sup> année. Cependant, plus aucune coupe d'amélioration n'est pratiquée par la suite faute de peuplements âgés de 30 à 35 ans sur l'exploitation du fermier n°7. L'effet bénéfique des coupes d'amélioration sur la répartition des 6 types de ressources s'estompe donc vers la fin de la simulation.

### *Conclusion partielle :*

*D'une manière générale, le scénario Total montre qu'il est possible, en intervenant sur la ressource boisée, de sécuriser le système d'alimentation des fermiers tout en permettant à la SCTL de récolter du bois de sciage, de trituration et de chauffage sur son territoire. L'analyse des effets de cette gestion à l'échelle des exploitations des fermiers n°5 et 7 met tout d'abord en lumière la diversité des situations dans lesquelles sont les exploitations et explique donc l'impact variable d'un scénario selon le type d'exploitation agricole. L'analyse des résultats qui n'en est qu'à ses débuts puisque nous n'avons pas encore eu le temps d'en discuter avec les différents partenaires du projet et avec les acteurs locaux, met cependant déjà en évidence l'intérêt d'une gestion par la SCTL de la ressource boisée et l'intérêt de la mise en pratique d'une gestion sylvopastorale pour l'amélioration de la disponibilité dans le temps de la ressource fourragère.*

*Il faut bien avoir à l'esprit que le but de notre modèle n'est pas d'apporter des solutions techniques à la gestion de la ressource boisée sur le territoire de la SCTL mais de favoriser la discussion entre acteurs. Le pré-scénario Total, loin d'offrir une solution achevée à la gestion des boisements de pin sylvestre et de chêne blanc, permet cependant de faire émerger des premiers résultats, de soulever de nouvelles questions et d'envisager des gestions alternatives. Ainsi, si le scénario Total semble répondre en partie aux attentes de la SCTL et des fermiers, il amène à se poser également d'autres questions : comment se fera concrètement le choix des peuplements à exploiter ? Comment s'organiseront les chantiers d'exploitation et qui en aura la charge ? Sera-ce par le biais d'exploitants forestiers et/ou par le concours des fermiers eux-mêmes ou serait-il envisageable de créer un poste à cet effet ? Quels apports techniques quant à la mise en œuvre des coupes d'amélioration sélectives sont nécessaires ? Comment organiser le stockage puis la vente des produits d'exploitation ? Quelle réflexion à mener sur l'adaptation des systèmes d'alimentation actuels pour valoriser au mieux les espaces nouvellement ouverts au pâturage ? La gestion des bois par coupe de bois doit-elle être accompagnée d'améliorations pastorales comme la pose de clôtures ou la fertilisation (Etienne et Hubert, 1987) ? Quelle est la demande potentielle actuelle et à venir en bois de sciage par les fermiers et/ou d'un éventuel marché local ?*

*C'est à travers la visualisation et l'analyse des résultats de nouveaux scénarios de gestion que la réflexion globale sur la problématique initiale s'enrichit. Les pré-scénarios n'ont pas vocation à préfigurer ce qui émanera de la discussion prévue en octobre 2004 avec les acteurs locaux, d'autant moins qu'ils ne sont élaborés que sur la base d'informations et d'idées obtenues lors d'entretiens individuels et de propositions personnelles. C'est en cela que réside leur intérêt car ils constituent une base de travail, donnant à voir et à analyser des tendances générales, et sur laquelle pourront s'échafauder les modes de gestion que les acteurs souhaitent voir appliqués sur leur territoire. Il est également possible de profiter de la latitude dont dispose le concepteur du scénario pour envisager des objectifs de gestion « extrêmes » tel que celui que nous nous proposons de traiter dans le chapitre suivant.*

## 5.3 Elaboration d'un second scénario : le scénario Boideuvre

### 5.3.1 Objectifs de gestion

Suite aux résultats obtenus à partir de la simulation du scénario Total, une autre option a été développée ayant comme seul objectif la gestion de la ressource en pin sylvestre sur le territoire de la SCTL. Ce scénario part de l'hypothèse que le pin sylvestre est perçu par les fermiers comme une essence forestière envahissante, contraignante et peu adaptée à la mise en œuvre de pratiques sylvopastorales. Ce scénario s'appuie sur l'avis que partagent une minorité des fermiers enquêtés selon lequel, les peuplements de pin sylvestre n'offrent pas de bonnes conditions en sous-bois pour le développement d'une herbe de qualité.

D'autre part, je cherche ici à proposer un scénario proposant à court ou moyen terme d'agir significativement sur le volume sur pied et sur la surface occupée aujourd'hui par le pin sylvestre sans imposer les restrictions de prélèvement qui figuraient dans le scénario Total et visaient à tenir compte des caractéristiques et besoins propres à chacune des exploitations. L'utilisateur du modèle aura comme dans le cas du scénario Total la possibilité de choisir son objectif global de récolte de bois parmi les 4 possibilités déjà évoquées précédemment (cf. chapitre 5.1.2.1).

### 5.3.2 Description du scénario Boideuvre

Les peuplements exploitables dans ce scénario sont les mêmes que les peuplements de pin sylvestre du scénario Total. L'objectif est là-aussi d'obtenir du bois de sciage valorisé par la scierie mobile et d'améliorer les jeunes peuplements par des coupes d'amélioration de façon à augmenter le volume en bois de sciage exploitable à 60 ans. La différence réside dans la sélection des peuplements à exploiter. Ce scénario gère la ressource boisée à l'échelle de l'ensemble du territoire sans travailler au profit de fermiers particuliers. L'ensemble des peuplements exploitables et améliorables sont donc tous susceptibles d'être exploités par la SCTL. Les pratiques d'exploitation du bois entre 30 et 35 ans et à partir de 60 ans restent les mêmes que dans le scénario Total.

### 5.3.3 Résultats obtenus

De façon à faire apparaître les résultats les plus extrêmes de cette gestion, j'ai choisi de traiter ici l'objectif de gestion : ouverture du milieu (rappel : prélèvement de bois égal en valeur absolue à quatre fois l'accroissement annuel moyen des peuplements de pin sylvestre dépendant de la SCTL). Si les volumes de bois récoltés dans le scénario Total étaient limités du fait de restrictions concernant la surface maximale exploitable par exploitation et par an ainsi que le type d'exploitation où faire la coupe, il en est différemment dans le scénario Boideuvre. L'absence de couplage entre l'exploitation du bois par la SCTL et l'amélioration de la ressource pastorale disponible pour les fermiers permet, dans ce scénario, d'agir fortement sur le capital sur pied en pin sylvestre en diminuant de façon significative le stock et d'agir sur les surfaces occupées par le pin (Fig.21 : courbe rose et Fig.23). Ce stock sur pied correspond au volume total en bois de pin sylvestre présent sur le territoire de la SCTL. Partant de peuplements de moins de 60 ans au début de la simulation, l'arrivée à maturité des peuplements s'échelonne sur la durée de la simulation ce qui explique en partie l'évolution en dents de scie du stock sur pied. D'autre part, en raison d'un problème de programmation que je n'ai pu résoudre, la SCTL s'arrête brusquement d'exploiter du bois entre la 23<sup>e</sup> et la 30<sup>e</sup> année (Annexe 19). Toujours est-il qu'au bout de quarante ans, la surface en pin sylvestre est passée d'environ 600 ha à moins de 100 ha pour un volume sur pied d'environ 8000 m<sup>3</sup>. Les volumes récoltés, ramenés à une valeur annuelle moyenne sur la durée de la simulation, sont de **350 m<sup>3</sup>/an** de bois de sciage et de **770 m<sup>3</sup>/an** de bois de trituration.

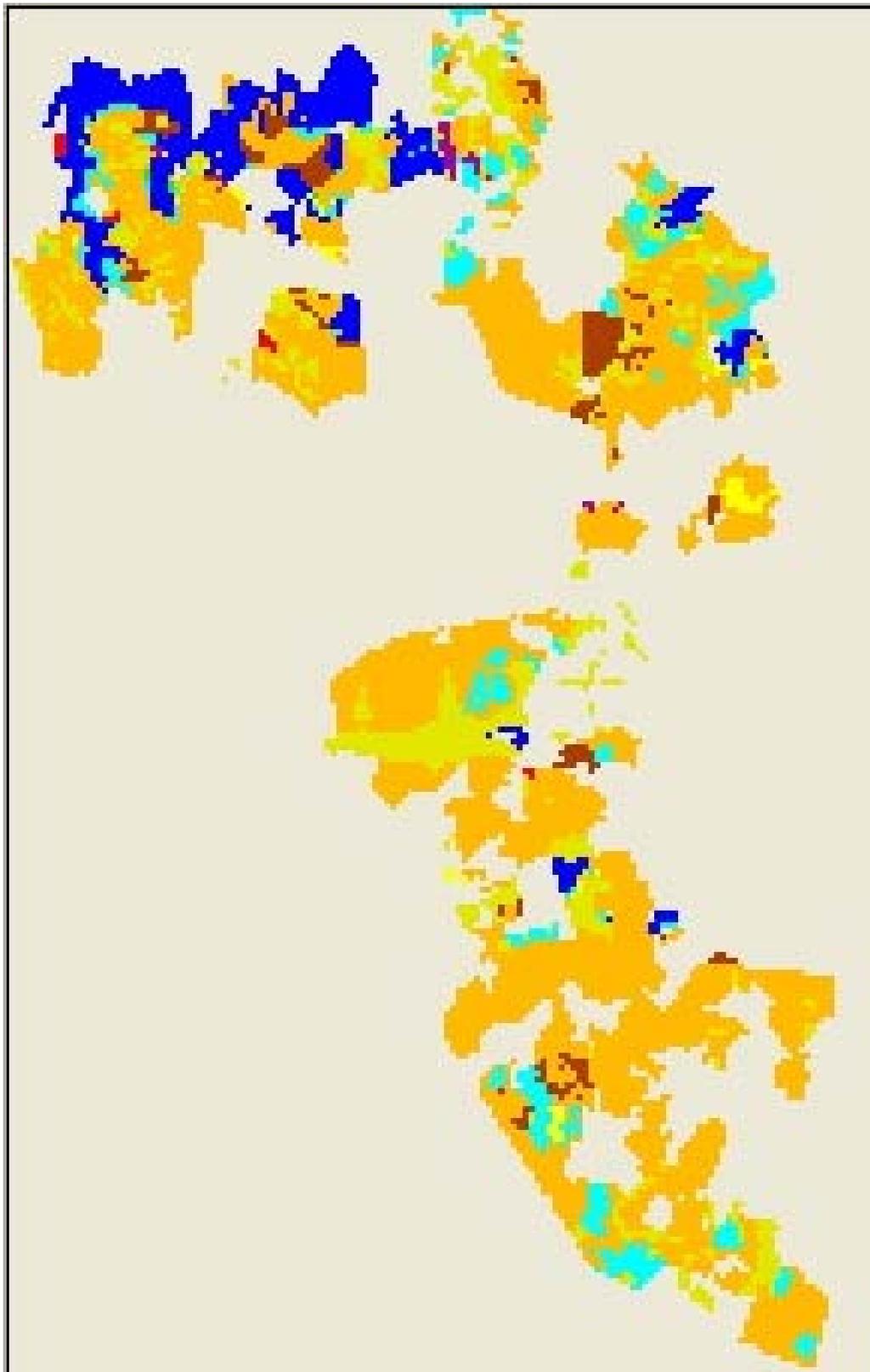


Figure 23: Carte des ressources pastorales (cellules jaunes, oranges, rouges et violettes), sylvopastorales (cellules vertes, marrons et bleu clair) et forestières (cellules bleu foncé) sur le territoire d'étude à l'issue de la simulation du **scénario Boideuvre** sur une période de 40 ans (extraite de la base Cormas).

*L'ouverture brutale de l'espace boisé par la coupe rase de peuplements de pin sylvestre offre aux fermiers, ayant des surfaces en boisDenses importantes, de nouveaux espaces pâturables. Elle a également pour conséquence la modification de la répartition du pâturage dans le temps et dans l'espace et, par conséquent, une diminution sur certaines zones de la pression de pâturage exercée par le troupeau. Ceci a entre autre pour conséquence la fermeture rapide des espaces sylvopastoraux (parcoursBoise, parcoursBoiseEmbroussaille, boisClairs et parcoursAmeliore) qui se voient envahis par des semis de pin sylvestre et de chêne blanc. Cet effet est d'autant plus marqué que le modèle Boideuvre n'intègre pas encore les éventuels choix d'augmentation ou de diminution du cheptel du fermier selon la quantité de ressources fourragères disponibles sur son exploitation. On se retrouve donc en fin de simulation avec une diversité en ressources disponibles nettement réduite, se résumant aux parcours, aux boisDenses et aux parcoursAmeliore issus des coupes d'amélioration (exemple du fermier n°7 : Annexe 20).*

*D'autre part, si la forte augmentation des surfaces en parcours permet une augmentation de la production herbagère au printemps et à l'automne, on observe une nette diminution de la disponibilité alimentaire en inter-saisons et en contre saisons du fait de la forte diminution des espaces sylvopastoraux. L'herbe qui a poussé au printemps et à l'automne se dégradant par sénescence sur parcours. Elle reste consommable par les animaux et peu faire office de complément alimentaire mais elle aura perdu une grande part de sa valeur nutritionnelle.*

*Rem : il est possible de suivre l'évolution de la quantité d'herbe disponible par parc (availableForage) à chaque semaine et donc à chaque saison. Cependant, je n'ai pu visualiser les résultats que sous Cormas. Le programme me permettant d'exporter mes données de simulation sous Excel n'ayant fonctionné pour ces données qui sont d'un type différent des autres, je n'ai malheureusement pas de graphique à l'appui.*

*L'avantage certains qu'offrent les espaces enherbés sous couvert boisé, concernant la disponibilité de la ressource alimentaire en inter-saison et en contre saison, apparaît d'autant plus essentiel que les années 2003 et 2004 ont été particulièrement sèches sur le Larzac. La période de pousse de printemps s'en est vue raccourcie et la production sur parcours fortement diminuée d'après les fermiers rencontrés, certains envisageant de réduire la taille de leur troupeau si de telles conditions climatiques venaient à perdurer.*

## Conclusion

Des cinq objectifs fixés pour cette étude et évoqués en introduction, quatre ont été atteints. Les étapes de conceptualisation puis d'implémentation du modèle informatique une fois remplies, il nous est possible aujourd'hui de proposer aux acteurs locaux du Larzac un modèle dynamique des interactions entre leurs pratiques d'élevage et d'exploitation de bois et les dynamiques écologiques en jeu sur le territoire. Les possibilités d'analyse des résultats qu'offre notre système multi-agents (analyse à des échelles spatiales différentes, visualisation de l'espace selon des critères de descriptions de l'espace propres à chacun des acteurs) permettent aux acteurs locaux de s'approprier et de mieux comprendre les enjeux liés à la problématique de la gestion de la ressource boisée. Aujourd'hui, la ressource en bois de pin sylvestre et de chêne blanc couvre une surface de 1760 ha. Elle est constituée de peuplements au couvert arboré plus ou moins dense utilisés par les fermiers pour prélever du bois de chauffage et y faire pâturer leurs animaux dans les boisements les plus ouverts. On se retrouve dans une situation où les espaces boisés voient leur rôle au sein de l'économie rurale du Larzac décliner et s'intègrent également de moins en moins aux systèmes d'élevage plus ou moins utilisateurs de l'espace. Grâce à notre Système multi-agents j'ai pu tester plusieurs pré-scénarios de gestion des boisements de la SCTL, directement inspirés des pratiques actuelles ou mettant en œuvre des modes de gestion alternatifs. Il est apparu qu'une gestion, à la fois sylvopastorale et forestière, permettait de tirer partie et de valoriser la ressource en bois dont dispose la SCTL, tout en répondant aux attentes des fermiers de stabiliser, voire d'améliorer, la ressource pastorale disponible sur leur territoire d'exploitation. L'un des modes de gestion proposés, qui a fait l'objet du scénario Total, consistait d'une part à améliorer, par des coupes d'éclaircies sélectives, la valeur marchande de peuplements de pin sylvestre devenant par là même intéressants pour la pratique de l'élevage (développement en sous-bois d'une strate herbacée dont la production est plus faible que sur parcours mais décalée dans le temps) et, d'autre part, de réaliser des coupes rases de pin sylvestre de sorte que les volumes de bois sortis soient suffisamment importants pour compenser l'hétérogénéité et la qualité moyenne des bois exploitables. Cette dernière intervention permet également d'augmenter à l'échelle de l'exploitation la production d'herbe au printemps et à l'automne. Concernant les peuplements de chêne blanc, leurs caractéristiques de croissance de l'herbe en sous-bois lorsqu'ils sont éclaircis m'ont amené à y préconiser des coupes sélectives. Ce mode de gestion de la ressource boisée permet à la SCTL de se positionner en tant qu'acteur direct dans l'aménagement du territoire. De plus, elle permet la valorisation d'une ressource aujourd'hui sous-utilisée sous la forme de bois de sciage (grâce au sciage mobile), de bois de trituration et de bois de chauffage, tout en permettant de sécuriser le système d'élevage des fermiers.

Le cinquième objectif fixé pour cette étude n'a lui pas encore été atteint. La rencontre avec les acteurs locaux et les différents partenaires du projet, prévue en octobre 2004, permettra de confronter les résultats du modèle à la réalité des acteurs et d'imaginer conjointement des scénarios de gestion sur la base des pré-scénarios déjà réalisés. C'est à travers la visualisation et l'analyse des résultats de nouveaux scénarios de gestion que la réflexion globale sur la problématique de la gestion de la ressource boisée s'enrichit. Le but du modèle n'est cependant pas d'apporter des solutions techniques mais bien de faire émerger, à partir des résultats de simulation, de nouvelles questions et de nouveaux modes de gestion alternatifs des boisements.

Concernant le modèle lui-même il n'est bien sûr pas achevé : certains acteurs identifiés comme ayant un impact direct sur l'évolution du territoire n'ont pas été encore intégrés. C'est le cas notamment du parc naturel régional des Grands Causses dont l'intégration au modèle en tant qu'agent apportera un regard nouveau et permettra d'intégrer aux simulations des indicateurs environnementaux (paysage, faune, flore). D'autres part, certains points restent à implémenter (comme le départ à la retraite des fermiers et les conséquences que cela entraîne sur l'évolution du territoire) ou à améliorer (règles de décision concernant le choix par le fermier des parcs à pâturer, meilleure estimation de l'âge des peuplements qui doit être plus précise pour permettre une modélisation de la gestion des boisements plus réaliste, règles de décisions sur l'affectation du temps de travail).

D'une manière générale, la modélisation multi-agents des interactions entre l'homme producteur et son milieu offre une base intéressante d'analyse et de réflexion, amenant les différents acteurs locaux à débattre autour d'un espace commun sur lequel ces mêmes acteurs interagissent, et pour lequel ils

peuvent avoir des enjeux et des objectifs divergents. Dans la démarche générale de modélisation des SMA, il peut être intéressant d'y associer un jeu de rôle où les acteurs locaux, plongés dans un monde virtuel, gèrent leur espace ressource et visualisent simultanément les conséquences de leur gestion sur l'évolution du territoire. En facilitant l'insertion d'une approche forestière dans une approche territoriale, et en mettant à contribution les différents acteurs d'un territoire, l'utilisation combinée de ces deux outils d'aide à la négociation et à la prise de décisions peut s'avérer, selon moi, particulièrement intéressante dans le cadre de la mise en place des chartes forestières de territoire. Enfin, ces outils peuvent s'avérer fort utiles, dans le contexte actuel de multi-fonctionnalité des forêts, pour la réalisation des PSG et des Plans d'aménagement forestier. Le coût de réalisation d'un SMA reste cependant relativement élevé (environ 40 000 euros).

## Références bibliographiques

- AMIOT P., 1998. *Contribution au développement des pratiques sylvopastorales en Lozère : typologie des parcs boisés en pin sylvestre, pratiques pastorales et équipement des parcs*. Mémoire ENGREF Nancy, 54 p.
- BALANDIER P., RAPEY H., RUCHAUD F., de MONTARD F.X., 2002. *Agroforesterie en Europe de l'ouest : revue des pratiques et expérimentations sylvopastorales des montagnes de la zone tempérée*. In Cahiers agricultures, 11 : 103-113.
- BELLON S., CABANNES B., DIMANCHE M., GUERIN G., GARDE L., MSAKA B., 1996. *Les ressources sylvopastorales des chênaies méditerranéennes*. In forêt méditerranéenne, t. XVII n°3 – Spécial chênes vert et blanc : 197-209.
- BOUSQUET F., BARRETEAU O., D'AQUINO P., ETIENNE, M., BOISSAU S., AUBERT S., LE PAGE C., BABIN D., CASTELLA J.C., et al., 2002. *Multi-agent systems and role games : an approach for ecosystem co-management*. In Complexity and ecosystem management : the theory and practice of multi-agent approaches, Janssen M. (Ed), Elgar Publishers, Northampton.
- CHASSAGNY J.P., CROSNIER C., 2000. *Rapport final du Programme National Recréer la Nature*. PNC, Florac, 94 p.
- COHEN M., 2001. *Gestion sylvopastorale des pins sur le Causse Méjean : une approche multi-agents du maintien des milieux ouverts*. Diplôme de fin d'études de l'INA P-G, 48 p.
- CURT T., TERRASSON D., 1999. *Les boisements naturels des terres agricoles en déprise : un enjeu pour la gestion des territoires ruraux*. Cemagref – Département Gestion des territoires. In Ingénieries – Boisements naturels des espaces agricoles en déprise : 7-8.
- DAMBRIN Ghislaine, 2001. *Le Larzac, laboratoire foncier*. In mensuel de la Confédération paysanne - article de campagnes solidaires, n°155.
- D'AQUINO P., ETIENNE M., BARRETEAU O., LEPAGE C., BOUSQUET F., 2001. *Jeux de rôles et simulations multi-agents : un usage combiné pour une modélisation d'accompagnement des processus de décision sur la gestion des ressources naturelles*. In Le pilotage des agro-écosystèmes : complémentarités terrain-modélisation et aide à la décision, Trebuil G. (Ed), CIRAD Montpellier (in press).
- DERIOZ P., 1999. *Comment quantifier le phénomène du boisement spontané : inventaire des inventaires à l'échelle nationale*. In Ingénieries – Boisements naturels des espaces agricoles en déprise : 11-23.
- DOREE A., 2001 *Impact de l'activité sylvopastorale sur la colonisation et la régénération naturelle de Pinus sylvestris dans les Baronnie*. Forêt méditerranéenne – Spécial pin sylvestre : 87-92.
- ETIENNE M., 1996. *Research on temperate and tropical silvopastoral systems : a review*. In Western european silvopastoral systems, Etienne M. (Ed), 5-19.
- ETIENNE M., 2001. *Pine trees – invaders or forerunners in mediterranean-type ecosystems : a controversial point of view*. In Journal of Mediterranean Ecology 2 : 221-231.
- ETIENNE M., COHEN M., LE PAGE C., 2002. *A step-by step approach to build-up land management scenarios based on multiple viewpoints on multi-agent system simulations*. In Journal of Animal Science : 257-262.
- ETIENNE M., HUBERT D., 1987. *Relations herbe-arbre : état des connaissances*. Acquis actuels, pastoraux et zootechniques, sur le pâturage en forêt. In La forêt et l'élevage en région méditerranéenne française, Fourrages n°H-S : 153-165.
- ETIENNE M., HUBERT D., 1987. *Place des recherches sur les écosystèmes sylvopastoraux en zone méditerranéenne française*. In Dehesas et systèmes agro-sylvopastoraux similaires, Etienne M., Hubert D. (Eds), UNESCO-MAB, Paris : 4 -7.

- ETIENNE M., MSIKA B., 1987. *Rôle écologique de l'arbre dans un taillis de Quercus pubescens soumis à différentes intensités d'éclaircie*. In Dehesas et systèmes agro-sylvopastoraux similaires, Etienne M., Hubert D. (Eds), UNESCO-MAB, Paris : 9-20.
- ETIENNE M., RIGOLOTT E., 2001. Méthodes de suivi des coupures de combustible. Document Réseau coupures de combustible n°1, Edition de la Cardère, Avignon : annexe n°3 p 48.
- FERBER J., 1997. *La modélisation multi-agents : un outil d'aide à l'analyse de phénomènes complexes*. In Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement, Blasco F. (Ed), Elsevier, Paris : 113-134.
- FOISSAC P., 1998. Plan Simple de Gestion pour les Boisements dépendant de la Société Civile des Terres du Larzac (SCTL).
- FRANC A., SANDERS L., 1998, *Modèles et systèmes multi-agents en écologie et en géographie : état de l'art et comparaison avec des approches classiques*. In Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires, Ferrand N. (Ed), Editions Cemagref, Paris : 17-34.
- GUERIN G., BELLON S., GAUTIER D., 2001. *Valorisation et maîtrise des surfaces pastorales par le pâturage*. In Fourrages, 166 : 239-256.
- GUITTET J., LABERCHE J.C., 1974. *L'implantation naturelle du pin sylvestre sur pelouse xérophile en forêt de Fontainebleau – II*. Démographie des graines et des plantules au voisinage des vieux arbres. Oecologia Plantarum : 111-130.
- HUBERT D., CHASSAGNY J.P., JOLLIVET M., 1987. *Choix alternatifs pour l'usage des ressources pastorales des espaces boisés des Causses*. In Dehesas et systèmes agro-sylvopastoraux similaires, Etienne M., Hubert D. (Eds), UNESCO-MAB, Paris : 79-100.
- IFN, Inventaires 1972, 1981, 1994. Régions Grands Causses aveyronnais et Camarés.
- LEPART J., ROUSSET O., MARTY P., 1999. *Les phénomènes d'accrués : analyser, comprendre et prévoir*. In Ingénieries - Boisements naturels des espaces agricoles : 59-66.
- MARSTEAU C., 1996. *Stratégies de gestion des boisements spontanés dans la région du PNC*. Rapport Cemagref, Clermont-Ferrand, 44p.
- MARSTEAU C., BRESSON J., BOUCHAUD J., AGRECH G., 1999. *Dynamique des pineraies de pin sylvestre de parcours des Causses*. Rapport des travaux de l'année 1998, Cemagref, Clermont-Ferrand, 51p.
- NAIR P., 1993. *An introduction to Agroforestry*. Kluwer A.P., Dordrecht, The Netherlands.
- PAPANASTASIS V., 1996. *Silvopastoral systems and range management in the Mediterranean region*. In Western european silvopastoral systems, Etienne M. (Ed), 143-156.
- PICARD O., 2004. *Le chêne pubescent*. Plaquette réalisée à l'occasion du programme ACTA sylvopastoralisme du chêne pubescent et du pin sylvestre, 8 p.
- PICARD O., 2004. *La Scie Mobile : une Solution pour Valoriser les Bois à Domicile*. Plaquette réalisée à l'occasion du programme ACTA sylvopastoralisme du chêne pubescent et du pin sylvestre, 8 p.
- ROUSSET O., 1999. *Dynamiques de régénération et interactions positives dans les successions végétales – II*. Installation de Buxus sempervirens L. et Quercus humilis Miller sur les pelouses des Grands Causses gérées par le pâturage. Thèse de biologie de l'évolution et d'écologie Université de Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc, 96 p.
- STODDART L.A., SMITH A.D, BOX T.W., 1975. *Range Management*. Mc Graw-Hill Co. N.Y.
- TALHOUK O., 2003. *Effet des pratiques pastorales sur la dynamique de Pinus sylvestris*. Diplôme d'Etudes Approfondies de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 35 p.
- CO-AUTEURS, 1973. *Larzac, Terre méconnue*. Editions ouvrières, Paris, 198 p.

## Lexique des sigles

**ACTA** : Association de Coordination Technique Agricole.

**CB** : Chêne Blanc.

**CBPS** : Chêne Blanc Pin Sylvestre.

**CDASA** : Chambre Départementale d'Agriculture du Sud Aveyron.

**CEFE** : Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive.

**Cemagref** : Centre du machinisme agricole et du génie rural des eaux et forêts.

**Cormas** : Common Pool Ressources and Multi-Agents Systems.

**CRPF** : Centre Régional de la Propriété Forestière.

**GFA** : Groupement Foncier Agricole.

**IDF** : Institut de Développement Forestier.

**IE** : Institut de l'Elevage.

**IFN** : Inventaire Forestier National.

**IGN** : Institut Géographique National.

**INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique.

**LCM** : lutte du camp militaire.

**PS** : Pin Sylvestre.

**PSCB** : Pin Sylvestre Chêne Blanc.

**PSG** : Plan Simple de Gestion.

**SCTL** : Société Civile des Terres du Larzac.

**SIG** : Système d'Information Géographique.

**SMA** : Système Multi-agents.

---

## Glossaire

**Affouage** : Droit que possèdent les habitants d'une commune de couper du bois dans les forêts appartenant à celle-ci. (In *Le monde paysan au XXI<sup>e</sup> siècle*. Larousse agricole, 2002)

**Appétence** : Inclination à choisir et à consommer un aliment particulier. (In *Le monde paysan au XXI<sup>e</sup> siècle*. Larousse agricole, 2002)

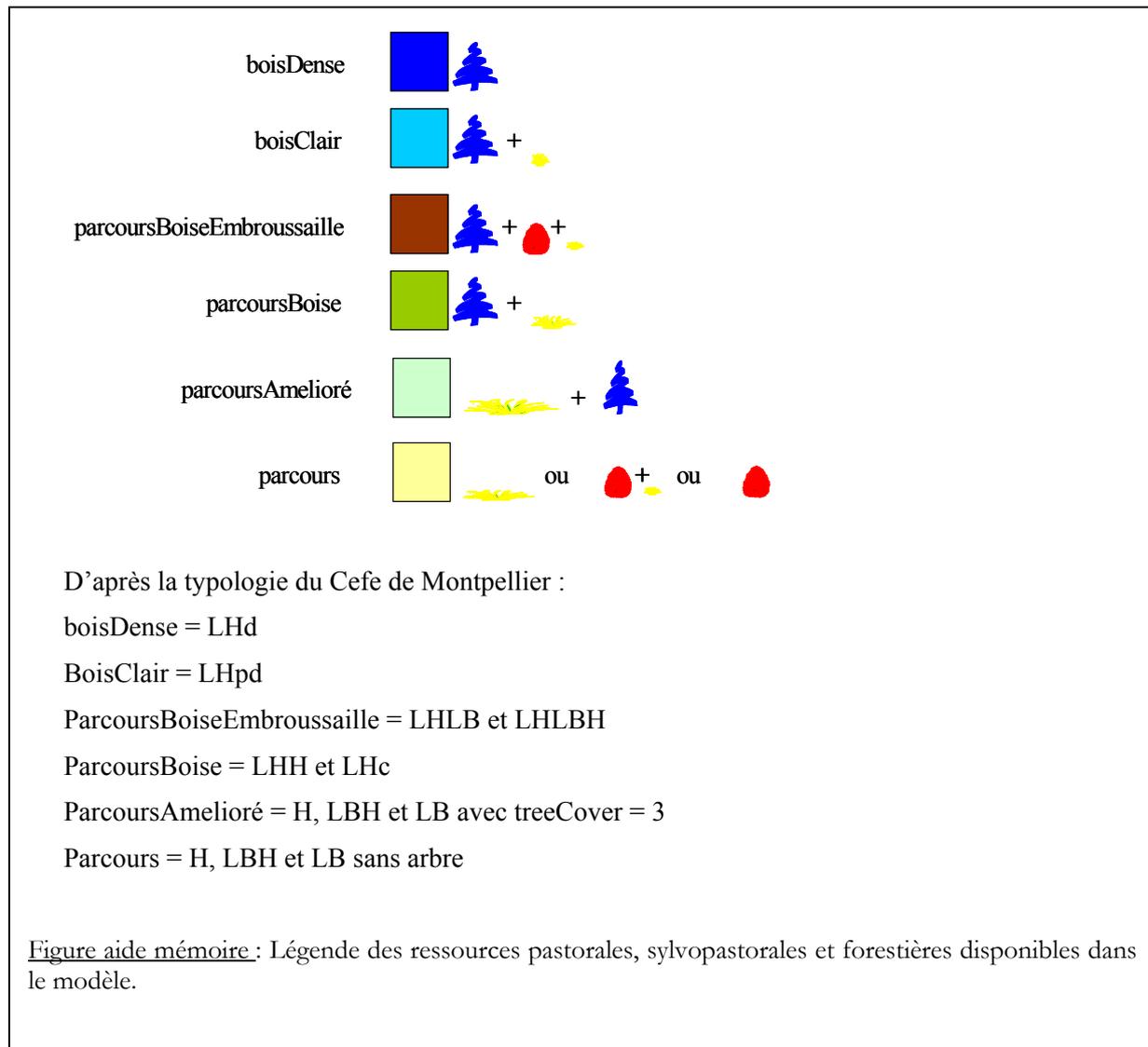
**Chargement** : Le chargement dont il est question dans le rapport est le chargement annuel moyen par parc. Il est calculé à la semaine en multipliant le nombre de brebis pâturant sur le parc par les besoins alimentaires des brebis exprimés en unité fourragère, puis sommé à l'année pour chacun des parcs. La valeur totale par parc est ensuite divisée par la surface du parc. L'unité du chargement est ainsi un nombre de journées équivalent brebis par hectare et par an. Cette valeur moyenne par parc est ensuite redistribuée tant qu'attribut à chacune des cellules du parc. Ce qui est fait d'un point de vue pastoral mais pratique et simple pour une modélisation informatique.

**Complémentation** : Action d'ajouter un aliment ou une substance à la ration des animaux afin de mieux satisfaire leurs besoins nutritionnels. (In *Le monde paysan au XXI<sup>e</sup> siècle*. Larousse agricole, 2002)

**Lot** : Résultat de l'allotement qui consiste à grouper les animaux en lots aussi homogènes que possibles. (In *Le monde paysan au XXI<sup>e</sup> siècle*. Larousse agricole, 2002)

**Parcours** : La principale caractéristique des parcours est que sa flore y est essentiellement constituée par des espèces spontanées, même si la végétation a été influencée par l'homme à des degrés divers. (In *Pastoralisme – Troupeaux, espaces et sociétés*. P. Daget et M. Godron (Cord.), 1995). Ils peuvent être définis également comme des surfaces dont la valorisation est réalisée exclusivement par le pâturage. Il n'y a pas de récolte possible, ni bien souvent d'autres capacités d'interventions mécaniques en dehors du girobroyage ou de l'écobuage. En corollaire, le pâturage est le moyen de base de l'entretien de la fertilité du milieu et de la maîtrise de la végétation. (Guérin et al., 2001)

Figure Aide mémoire :



## Contacts

<b>PROGRAMME SYLVOPASTORALISME DU PIN SYLVESTRE ET DU CHENE BLANC</b>			
<b>COMITE de PILOTAGE</b>			
<b>RESPONSABLES</b>			
GUERIN	Gérard	Institut de l'Élevage Parc Scientifique Agropolis 34397 Montpellier Cedex 5	Tel : 0467043405 gerard.guerin@inst-elevage.asso.fr
PICARD	Olivier	IDF Maison de la Forêt 7 chemin de Lacade 31320 Auzeville Tolosane	Tel : 0565754500 OPicard@assoiation-idf.com
<b>SECRETARIAT</b>			
ROUDAUT	Fabienne	Institut de l'Élevage Parc Scientifique Agropolis 34397 Montpellier Cedex 5	Tel : 0467043402 fabienne.roudaut@inst-elevage.asso.fr
<b>ANIMATEURS COMITES TECHNIQUES LOCAUX</b>			
<b>CHENE PUBESCENT</b>			
BERTHOMIEU	Myriam	CDASA 69 Boulevard de Verdun 12400 St Afrique	Tel : 0565981604 myriam.berthomieu@aveyron.chambagri.fr
BERTRAND	Philippe	CRPF Midi Pyrénées 7 chemin de Lacade 31320 Auzeville Tolosane	Tel : 0561754250 crpf-bertrand@wanadoo.fr
<b>PIN SYLVESTRE</b>			
BARON	Dominique	CERPAM Chambre d'Agriculture BP 117 04004 Digne les Bains Cedex	Tel : 0492305764 cerpam04@free.fr
MAILLAND	Jean-Louis	ONF 1 rue des Genêts 04500 Roumoules	Tel : 0492778636 j-louis.mailland@onf.fr
<b>MEMBRES</b>			
BOUVAREL	Luc	CRPF Midi Pyrénées 7 chemin de Lacade 31320 Auzeville Tolosane	Tel : 0561754200 crpf-bouvarel@wanadoo.fr
CABANNES	Bernard	CRPF Languedoc Roussillon 378 rue de la Galéra 34090 Montpellier	Tel : 0467416817 cabannes-lagacherie@wanadoo.fr
DALBIES	Henri	ONF Château Garnier 04170 Thorame Basse	Tel : 0492839280 henridalbies@leslogiciels.net
DELPECH	André	Fargues 46330 Cabrerets	Tel : 0565313917
DOBREMEZ	Laurent	CEMAGREF BP 76 38402 St Martin d'Herès Cedex	Tel : 0476762734 laurent.dobremez@grenoble.cemagref.fr
MICHEL	Etienne	INRA Ecodéveloppement Domaine St Paul Site Agroparc 84914 Avignon Cedex 9	Tel : 0432722577 etienne@avignon.inra.fr
FORMERY	Thomas	IDF 23 avenue du Bosquet 75007 Paris	Tel : 0140622280 tformery@association-idf.com