



Ecole Nationale
Supérieure
Agronomique



Projet VISTA

ETUDE DU FONCTIONNEMENT ECOLOGIQUE DES PRAIRIES ET DE SA CONTRIBUTION A LA DIVERSITE DES USAGES DONT ELLES FONT L'OBJET

Villar d'Arène, Hautes Alpes



Photo : Caroline Martin

*Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'agronomie approfondie
Spécialisation Génie de l'Environnement
Option Préservation et Aménagement des Milieux – Ecologie Quantitative*

*Aurélié Thébault
Septembre 2004*



Ecole Nationale Supérieure
Agronomique de Rennes
65 rue de St Briec
CS 84215
35042 RENNES CEDEX

Laboratoire d'Ecologie Alpine
Université Joseph Fourier -
Grenoble 1
BP 53
38041 GRENOBLE cedex 9

**ETUDE DU FONCTIONNEMENT ECOLOGIQUE DES
PRAIRIES ET DE SA CONTRIBUTION A LA DIVERSITE DES
USAGES DONT ELLES FONT L'OBJET**
Villar d'Arène, Hautes Alpes

*Mémoire de fin d'études
pour l'obtention
du Diplôme d'Agronomie Approfondie
Spécialisation Génie de l'Environnement
Option Préservation et Aménagement des Milieux
Ecologie Quantitative*

Mémoire soutenu le 23 septembre 2004, à Rennes

Composition du Jury

M. Manuel Plantegenest (Président)
M. Didier Le Cœur (Enseignant responsable)
M. Fabien Quétier (Encadrant lors du stage)
Mme Anne Bonis

Maître de stage
Sandra Lavorel

Aurélie Thébault
Septembre 2004

Avant-propos

Le travail effectué durant ce stage s'inscrit dans le cadre du projet VISTA (Vulnerability of Ecosystem Services to Land Use Change in Traditional Agricultural Landscapes), programme de recherche financé par la commission européenne pour une période de trois ans (2003-2005). Ce projet cherche à estimer les biens et services rendus par différents types de milieux ruraux reposant sur une agriculture traditionnelle, ainsi que leur vulnérabilité face aux changements d'utilisation des terres.

Le concept de biens et services de l'écosystème est une notion relativement récente, visant à caractériser l'utilité des écosystèmes pour l'humanité (Daily, 1997). Il s'inscrit ainsi dans l'évolution des mentalités pour qui un territoire ne fournit plus simplement des biens matériels (production agricole ou collecte de plantes médicinales par exemple), mais également des services matériels ou plus conceptuels (randonnées, aspect culturel ou qualité de vie). Les biens et services rendus par un paysage sont ici considérés comme équivalents aux usages et représentations de ce paysage. Ainsi, les territoires ruraux traditionnels sont de moins en moins exploités par les activités agricoles (MacDonald et al., 2000), activités contribuant pourtant largement au paysage. Parallèlement, de nouveaux usages, notamment récréatifs et culturels, se sont mis en place au cours du dernier siècle sur ces espaces.

La vulnérabilité, comme elle est définie dans le projet VISTA, est la combinaison de trois éléments : l'exposition au risque déterminée par différents facteurs de changements, la sensibilité du système à ces changements, c'est à dire sa réponse aux facteurs de changements, et enfin la capacité des personnes concernées par la réponse du système à s'y adapter. Le programme VISTA fait le postulat que l'évolution de l'utilisation des terres, liée en partie à l'évolution de la Politique Agricole Commune, constituera le principal facteur de changements au niveau écologique des cinquante prochaines années, et aura ainsi des répercussions au niveau des biens et services rendus par ces écosystèmes.

Le programme s'intéresse donc à la fois à l'objet, essentiellement du point de vue écologique, et à l'observateur, par le biais des biens et services que lui procure un écosystème. Il apparaît donc nécessaire d'étudier à la fois les processus écologiques des prairies, mais également les représentations et les usages des personnes intervenant sur les différents sites d'études, ainsi que la manière dont ces individus appréhendent l'avenir. Au cours de mon stage, je me suis intéressée à l'étude des processus écologiques. Florian Rivoal, stagiaire de fin d'étude de l'Institut National d'Horticulture d'Angers a travaillé sur la partie sociologique.

Dans le programme VISTA, onze sites d'études ont été choisis en Europe, dont le versant adret de la commune de Villar d'Arène (Hautes-Alpes, 05). Ce versant, essentiellement agricole, représente le site de référence des milieux alpins. L'étude au niveau de la commune est menée par l'équipe TDE (Traits fonctionnels végétaux et Dynamique des Ecosystèmes alpins) du Laboratoire d'Ecologie Alpine de Grenoble. Le résultat de ces trois années de recherche sera par la suite transmis au niveau européen et permettra ainsi d'avoir une base de réflexion permettant d'orienter les choix politiques, notamment au niveau de la Politique Agricole Commune, qui sera révisée d'ici 2006.

Remerciements

Mes premiers remerciements s'adressent à Sandra Lavorel qui, en m'offrant la possibilité de réaliser ce stage, m'a permis de découvrir l'écologie des milieux alpins dans un cadre magnifique.

Fabien Quétier, en m'encadrant et me guidant au cours de ces six derniers mois, en me faisant confiance, a largement contribué au bon déroulement de ce stage. Je n'oublie pas non plus son soutien moral lors des dernières semaines de ce stage...

Merci à Philippe Choler pour ses remarques avisées sur ce rapport et à Rolland Douzet pour m'avoir fait partager ses connaissances en botanique.

Je remercie également vivement Pierre Liancourt pour ses conseils, ses remarques et plus simplement, le partage de ses connaissances.

Une partie de ce stage a été réalisée en collaboration avec Florian Rivoal. La dernière partie du stage n'aurait pas pu être effectuée sans le partage de ses résultats et de ses conclusions.

Par ailleurs, ce stage n'aurait jamais pu être réalisé, et réalisable, sans la présence de Marc Enjalbal, Fabrice Grassein et Caroline Martin. Qu'aurait été ce stage sans leur aide sur le terrain, leur présence au chalet et leur soutien ? Je tiens d'ailleurs à remercier toute les personnes qui, par leur présence ou leur passage au chalet ont réussi à donner à ces six mois un autre air que celui d'un simple stage : Florence, Hélène, Nicolas, Flore, Jean, Bertrand, Mélanie, Lise...

Nous ne nous sommes pas beaucoup vus, mais chaque rencontre a toujours été un moment de plaisir : merci à Serge Aubert et les membres du Jardin Botanique Alpin.

Enfin, même si Grenoble n'a été mon lieu de résidence que pendant deux mois, je remercie tous les membres du Laboratoire d' Ecologie Alpine, thésards, stagiaires et permanents. Ils ont largement contribué à mon intégration dans le laboratoire et, par là-même, au bon déroulement de la première partie de mon stage. Merci également de ne pas m'avoir tenu rigueur de mes erreurs, de mes « dérapages »...

Sommaire

Sommaire	1
Introduction	2
1. Présentation de la problématique	5
1.1. La réponse des écosystèmes aux pratiques agricoles : des indicateurs floristiques aux traits fonctionnels	5
1.2. La relation entre le fonctionnement et la diversité des usages	6
2. Présentation du site d'étude	10
2.1. L'adret de Villar d'Arène	10
2.2. La sélection des trajectoires et parcelles d'étude	12
2.2.1. Sélection des trajectoires d'utilisation des terres	12
2.2.2. Choix de parcelles représentatives des trajectoires étudiées	12
3. Les traits, un outil pour décrire le fonctionnement d'un écosystème prairial.....	14
3.1. Introduction	14
3.2. Matériel et méthodes	14
3.2.1. Acquisition des données floristiques.....	14
3.2.2. Mesures des variables de milieu.....	14
3.2.3. Mesures des variables de fonctionnement.....	16
3.2.4. Mesures des traits fonctionnels végétaux.....	20
3.2.5. Analyses statistiques	22
3.3. Résultats	24
3.3.1. Test de l'influence des facteurs topographiques	24
3.3.2. Les relations entre pratiques agricoles et caractéristiques floristiques	26
3.3.3. Les relations entre les traits et les variables de milieu	26
3.3.4. Les relations entre les traits et les variables de fonctionnement	28
3.3.5. La relation entre les trajectoires et les variables de milieu	32
3.4. Discussion	33
3.4.1. La réponse floristique de la végétation	33
3.4.2. Le fonctionnement de l'écosystème prairial peut être relié au milieu via les traits fonctionnels végétaux.....	33
3.4.3. Le cas particulier de <i>Festuca paniculata</i>	35
4. La contribution du fonctionnement aux valeurs d'usage des prairies	38
4.1. Introduction	38
4.2. Matériel et méthodes	38
4.2.1. Détermination des valeurs d'usage des prairies	38
4.2.2. Détermination de descripteurs d'usage	38
4.2.3. Analyses statistiques	40
4.3. Résultats	43
4.3.1. Corrélations entre descripteurs écologiques et fonctionnement de l'écosystème	43
4.3.2. Corrélations entre trajectoires d'utilisation et valeurs d'usage.....	45
4.4. Discussion	45
4.4.1. L'extensification des pratiques agricoles induit une perte de biodiversité	45
4.4.2. La multifonctionnalité : compatibilité entre les valeurs d'usage	46
Conclusion et perspectives.....	47
Bibliographie.....	49
Table des matières.....	53
ANNEXES.....	55

Introduction

Les rapides progrès technologiques ainsi que les nombreux changements économiques et sociaux qui ont ponctué les dernières décennies ont conduit à d'importants changements d'utilisation des terres agricoles en Europe (Huyghe et Lemaire, 2002 ; VISTA Workplan 2002). Depuis deux décennies, les pays développés sont ainsi confrontés à une crise agricole dont les principaux aspects sont le recul démographique du monde agricole et le changement de la perception de ce monde agricole par l'ensemble de la société (Hervieu, 2002). C'est dans ce contexte de crise qu'a émergé, dans les années 90, la notion de multifonctionnalité. Ce concept traduit la grande diversité des richesses produites par l'agriculture et revalorise, par là-même, le métier d'agriculteur (Hervieu, 2002 ; Béranger, 2002). Ainsi, de nouvelles fonctions liées à l'activité de production agricole ont progressivement émergé depuis ces dernières années (Huyghe et Lemaire, 2002).

Dans ce contexte de multifonctionnalité, les prairies, qui représentent avec les surfaces fourragères environ 40% des surfaces agricoles en Europe, constituent un enjeu particulièrement important. Du fait du maintien d'une végétation herbacée pérenne, les prairies permanentes jouent un rôle non négligeable en terme de régulation des flux environnementaux et de dynamique écologique des paysages (Huyghe et Lemaire, 2002). La multifonctionnalité des prairies se traduit donc à la fois en termes d'occupation de l'espace et de création de paysages. Elle s'exprime également en termes de préservation de la biodiversité ou de systèmes de culture permettant la gestion du sol et des effluents (Hervieu, 2002). Enfin, au-delà de ces fonctions productives et environnementales, ces prairies font également l'objet d'usages récréatifs et culturels.

Dans ce cadre, les territoires peu productifs et les zones agropastorales dites « marginales », qui sont particulièrement touchées par les changements d'exploitation des terres, représentent un enjeu particulier (MacDonald et al., 2000 ; VISTA Workplan 2002). Actuellement maintenus par une agriculture marginale d'un point de vue de sa productivité et de sa compétitivité, ces paysages et leurs diverses fonctions sont très vulnérables à l'évolution du contexte social (renouvellement des exploitations) et économique de l'agriculture (soutiens publics, politiques de structure, ouverture des marchés agricoles...).

L'objectif du projet de recherche européen VISTA¹ est d'évaluer la vulnérabilité de ces paysages traditionnels aux futurs changements d'utilisation des terres possibles. On entend par vulnérabilité l'exposition d'un système à différents facteurs de changements, sa réponse à ces facteurs et la capacité des personnes concernées par cette réponse à s'y adapter. L'évaluation de la vulnérabilité des paysages traditionnels passe donc par l'identification des menaces pesant sur ces systèmes d'une part et la quantification de leurs impacts sur les services rendus par ces écosystèmes d'autre part (VISTA Workplan 2002).

La démarche du projet VISTA couple donc une identification des fonctions des paysages produits par l'agriculture (par l'intermédiaire d'enquêtes sociologiques auprès des bénéficiaires supposés de ces fonctions) à l'étude de la dynamique écologique de ces paysages (en réponse à des scénarii d'évolution de l'agriculture). Ce couplage suppose de pouvoir relier la structure et le fonctionnement des écosystèmes formant ces paysages aux fonctions qui leur sont assignées. L'objectif de cette étude est d'appliquer cette démarche aux prairies naturelles sub-alpines et montagnardes dans un paysage semi-naturel d'altitude des Alpes françaises (adret de Villar d'Arène, 05), site que nous présenterons après avoir présenté la problématique générale.

Dans un premier temps, nous présenterons les outils utilisés pour d'une part étudier la dynamique écologique du paysage et d'autre part, relier cette dynamique aux fonctions de ce

¹ VISTA: Vulnerability of Ecosystem Services to Land Use Change in Traditional Agricultural Landscapes

paysage. Ainsi, l'étude des conséquences des changements d'utilisation des terres agricoles sur les processus écologiques des écosystèmes prairiaux réalisée dans la troisième partie sera basée sur une approche principalement fonctionnelle de la végétation. Dans la dernière partie, la mise en relation des processus écologiques avec les usages et représentations du paysage sera réalisée à partir des résultats d'enquêtes sociologiques menées durant l'été. Dans chacune de ces parties, nous présenterons la méthodologie d'acquisition et de traitement des données, puis les résultats que nous discuterons.

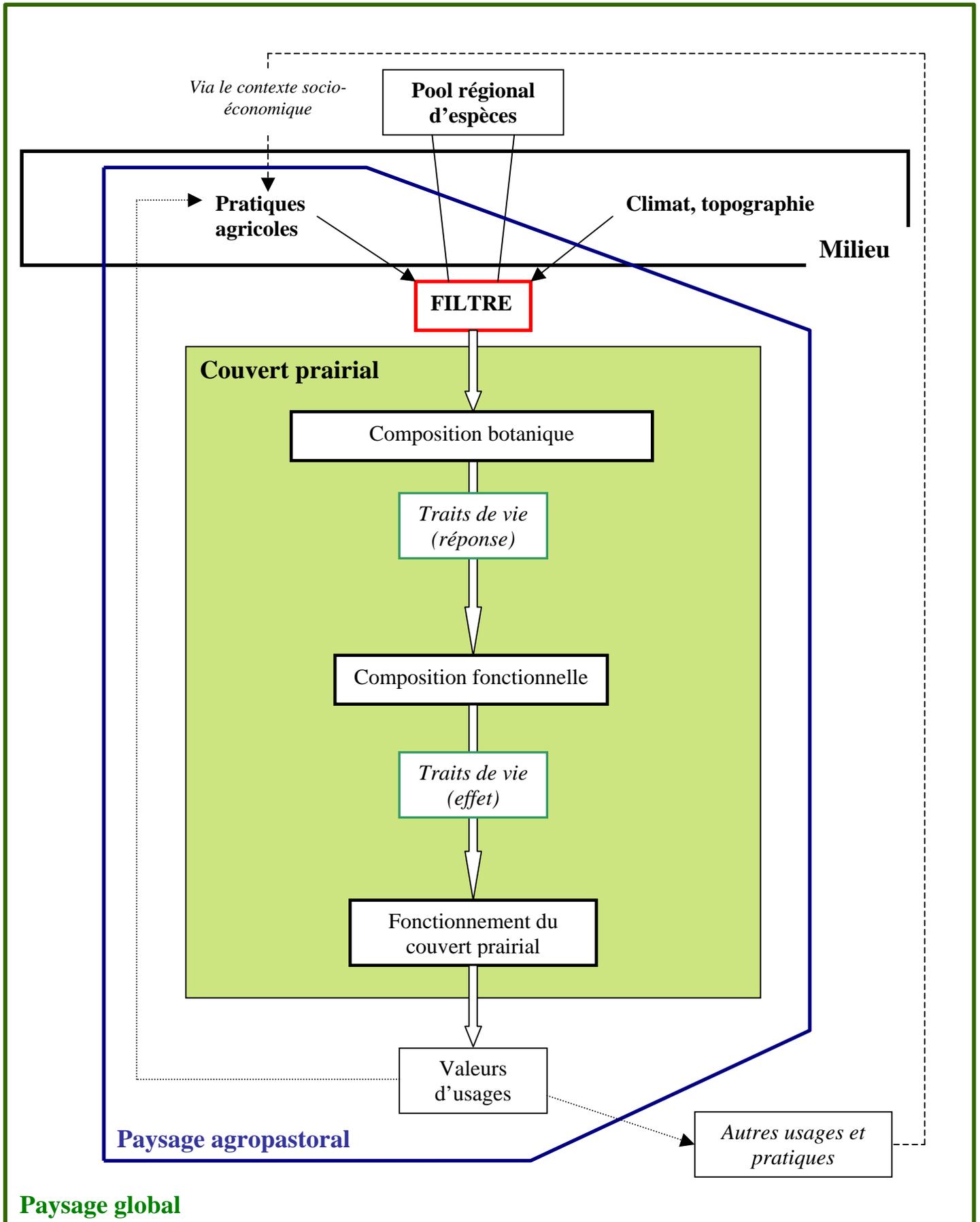


Figure 1 : schéma conceptuel de la démarche employée dans le cadre du projet VISTA et appliquée sur le territoire de Villar d'Arène

1. Présentation de la problématique

L'évolution des paysages étudiés dans le projet VISTA est le résultat de la réponse des écosystèmes semi-naturels qui les forment à l'évolution des pratiques agricoles et leur disposition spatio-temporelle.

Dans le cadre de cette étude, la réponse des écosystème aux changements de pratiques sera abordée sous l'angle de leur structure (composition floristique et caractérisation des traits morphologiques et foliaires de leurs espèces dominantes), de leur fonctionnement (productivité, cycle de la litière) mais également de leurs fonctions (valeurs d'usages agricole, valeur environnementale...). La figure 1 schématise la démarche utilisée. Ce schéma sera le schéma de référence tout au long de ce rapport.

1.1. La réponse des écosystèmes aux pratiques agricoles : des indicateurs floristiques aux traits fonctionnels

Les pratiques agricoles influencent la composition floristique des prairies (Balent 1991, in Prévot, 2003). La gestion des prairies naturelles a donc pendant longtemps reposé sur la connaissance de leur végétation (Prévot, 2003). Cependant, les techniques d'approche de la végétation nécessitent souvent de bonnes connaissances en botanique et un temps de travail considérable (Ducourtieux, 2002 ; Prévot, 2003).

Diaz et al. (1999, *in* Landsberg et al., 1999) insistent sur le fait que l'approche par la composition floristique n'est pas une approche idéale dans le sens où des perturbations peuvent affecter les fonctions de l'écosystème sans pour autant provoquer de changements notables de la richesse spécifique ou de la composition floristique. De plus, à l'échelle de l'écosystème, la classification des espèces selon leur taxonomie ne permet pas de comprendre les processus écologiques, notamment la réponse de la végétation aux contraintes du milieu et sa contribution au fonctionnement écosystémique (Cornelissen et al., 2003). Une approche récemment élaborée est la description de la végétation prairiale à partir de concepts et méthodes issus de l'écologie fonctionnelle. La végétation est alors décrite de façon simplifiée, c'est-à-dire non plus par une liste exhaustive d'espèces, mais par des groupes fonctionnels (Cruz et al., 2002). Selon Landsberg et al. (1999), les groupes fonctionnels présentent également l'avantage d'être robustes puisqu'ils sont basés sur des similarités fonctionnelles plutôt que sur des affinités floristiques.

Les communautés végétales peuvent être considérées comme le résultats de contraintes abiotiques (climat, disponibilité des ressources, perturbations) et biotiques (compétition, prédation, mutualisme) agissant comme des filtres sur un pool régional d'espèces et conduisant à la sélection d'espèces adaptées (Lavorel et Garnier, 2002). Pour se maintenir dans un habitat, un organisme doit donc développer une stratégie adaptée, c'est-à-dire répondant aux contraintes du milieu, contraintes évoluant avec les processus de sélection naturelle (Choler, 2002). La stratégie fonctionnelle est une adaptation complexe qu'il est possible de décomposer en un ensemble de tactiques, ou traits. L'ensemble de traits co-adaptés pour répondre à un problème biologique particulier constitue une tactique et l'ensemble des tactiques permettant de s'adapter aux contraintes du milieu constitue la stratégie globale de l'organisme (Choler, 2002).

Un groupe ou type fonctionnel végétal (TFV) identifie un groupe d'espèces, indépendamment de leur parenté taxonomique, physiologiquement semblables, ayant des réponses similaires à l'influence de différents facteurs d'une part et/ou des effets semblables

sur les écosystèmes d'autre part. Ces similarités de réponses et d'effets s'expliquent par le fait que les espèces présentent un ensemble de traits fonctionnels communs (Lavorel et al., 1997 ; McIntyre et al., 1999 ; Lavorel et Garnier, 2002). On appelle trait fonctionnel ou trait de vie tout caractère morphologique, physiologique, biochimique ou phénologique ayant un effet sur la performance de l'individu (Choler, 2002). Ces traits (durée de vie foliaire, surface spécifique foliaire, taux de matière sèche, teneur en composés chimiques des feuilles, hauteur végétative, masse des graines...) sont donc des indicateurs rendant compte de processus tels que la croissance, la propagation, la compétition (Weiher et al., 1999 ; Cruz et al., 2002).

Les auteurs différencient deux types de traits de vie : les traits « softs » (légers) qui sont facilement mesurables et ne demandent pas un investissement humain et financier trop élevé, et les traits « hardes » (lourds) qui sont ceux reliés directement au fonctionnement de la plante dans l'écosystème (photosynthèse, efficacité d'utilisation des minéraux, vitesse spécifique de croissance...) mais qui sont plus difficilement mesurables (Weiher et al., 1999). Depuis quelques années, plusieurs études ont été menées sur ces traits de vie et les connaissances bibliographiques permettent aujourd'hui de relier des traits « softs » à la physiologie de la plante (Weiher et al., 1999 ; Lavorel et Garnier 2002 ; Cornelissen et al., 2003). Weiher et al. (1999) ont ainsi recensé un petit nombre de traits intégrateurs, relativement faciles à mesurer, permettant de qualifier rapidement le type de stratégie fonctionnelle de l'espèce (Choler, 2002).

Les multiples filtres du milieu sélectionnent ainsi des individus adaptés, c'est-à-dire ayant des réponses fonctionnelles appropriées. Un écosystème peut donc être vu comme un assemblage de traits fonctionnels (Lavorel et Garnier, 2002). C'est ce que nous avons appelé dans le schéma conceptuel (figure 1) la composition fonctionnelle. La réponse de la végétation aux pratiques agricoles est alors étudiée en termes de stratégie fonctionnelle adaptative.

Par ailleurs, les traits des individus interviennent dans les cycles biogéochimiques. Il apparaît donc possible de relier les processus écosystémiques, notamment la production de biomasse aérienne ou la décomposition de la litière, avec les traits fonctionnels (Lavorel et Garnier, 2002).

Ainsi, il est possible de relier, indirectement, les contraintes du milieu à son fonctionnement, ce via les traits de réponse et les traits d'effet. Lavorel et Garnier (2002) insistent sur le fait que le fonctionnement de l'écosystème ne peut être prédit que si les traits impliqués dans les processus écosystémiques sont également ceux qui répondent aux contraintes du milieu, c'est-à-dire si les traits d'effets et les traits de réponse sont les mêmes.

1.2. La relation entre le fonctionnement et la diversité des usages

Les différents usages des prairies de montagne sont relativement bien détaillés dans la littérature. Bien que la vocation principale de la prairie est l'utilisation fourragère (Hédin et al., 1972), Ces prairies présentent des fonction « environnementales » non négligeables. Ainsi, il est reconnu qu'elles regorgent d'une biodiversité exceptionnelle (Cossée, 1999 ; MacDonald et al., 2000). Des études menées sur les prairies des Alpes du Nord ont permis de recenser 520 espèces végétales différentes. Parmi ces nombreuses espèces, 150 sont caractéristiques des milieux d'altitude, c'est-à-dire qu'elles n'existent pas en dessous de 1000 m d'altitude du fait de l'exigence de conditions écologiques particulières (période d'enneigement prolongée, période de végétation courte, fort contraste thermique entre jour et nuit, fort rayonnement lumineux). Ainsi, à la notion de richesse spécifique, s'ajoute celle de rareté (Bornard et Cozic, 1998). En effet, ces prairies constituent un réservoir d'espèces, parfois menacées d'extinction, absentes d'autres formations (Green, 1990 in Guillot-Fleury, 1995), De plus, la richesse biologique n'est pas seulement végétale, mais également animale (Guillot-Fleury, 1995 ; Masson et al., 2000 ; Bornard et Cozic, 1998). Par ailleurs, les prairies

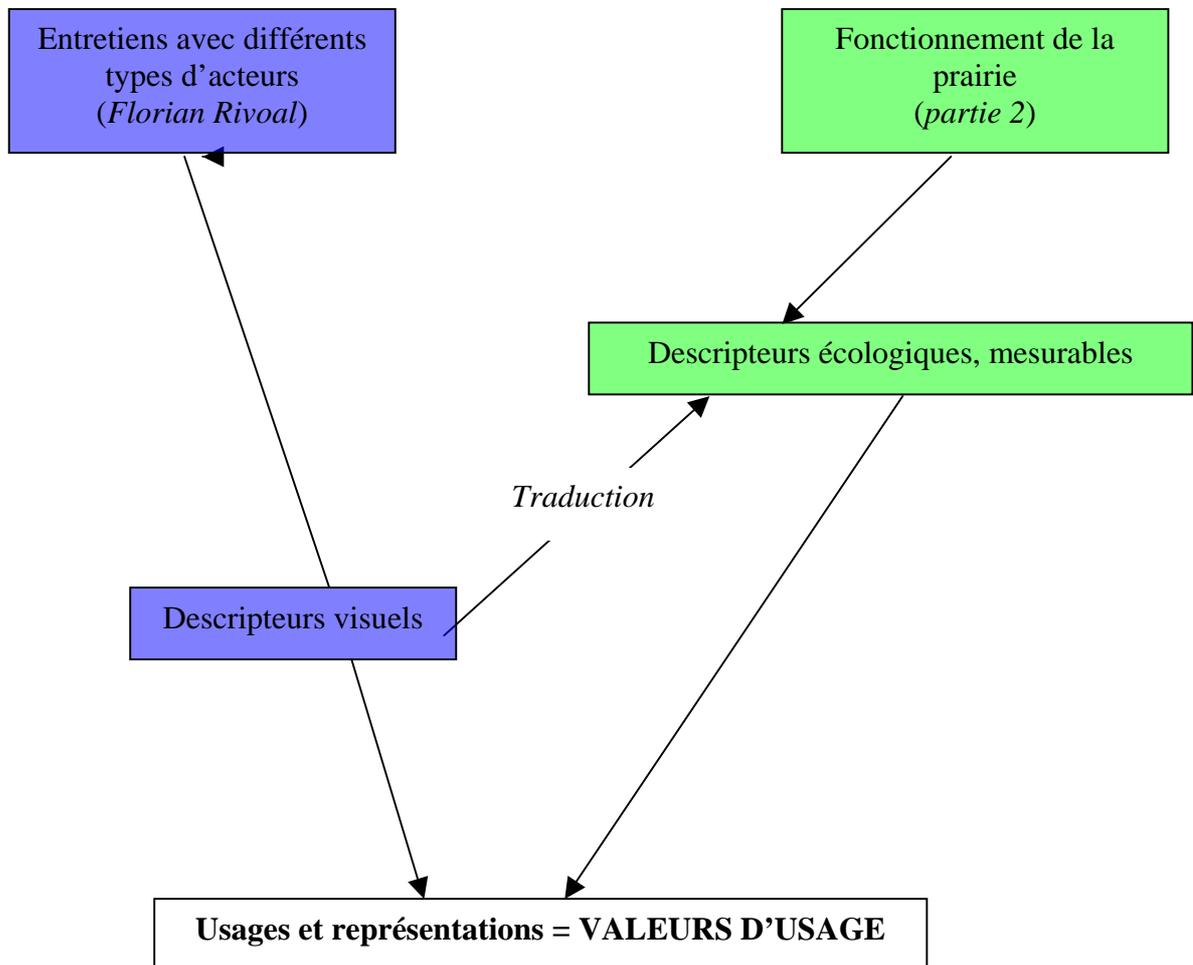


Figure 2 : schéma de la mise en relation du fonctionnement du couvert prairial avec les valeurs d'usages qui lui sont attribuées.

de montagne jouent un rôle non négligeable dans la perception du paysage (Cossée, 1999 ; Bornard et Cozic, 1998). En effet, bien que leur aspect change au cours de l'année, ces écosystèmes constituent un élément stable du paysage agricole de par leur couverture totale et constante du sol. Par ailleurs, les prairies, à travers les activités qui s'y conduisent (pâturage d'herbivores, fauche), concourent à « faire vivre le paysage ». Elles permettent également de lire l'usage passé et peuvent ainsi renvoyer à l'histoire d'un territoire (Guillot-Fleury, 1995).

Enfin, en accueillant différentes activités de loisirs qui autorisent la consommation et l'animation du paysage, les prairies participent au « tourisme vert » ou aux activités cynégétiques. Elles apportent ainsi une plus-value locale qui, bien que difficile à chiffrer, s'ajoute aux produits de l'élevage (Cossée, 1999).

Dans le cadre du projet VISTA, l'évaluation de la vulnérabilité des écosystèmes passe donc par la mise en relation du fonctionnement des écosystèmes et des usages qui en sont faits. Il est donc fondamental d'identifier d'une part les différentes valeurs d'usage accordées à ces écosystèmes et d'autre part d'identifier les caractéristiques de l'écosystème qui participent à ces valeurs d'usage.

Dans le cadre de ce stage, les usages ont été identifiés à travers des entretiens menés en juin et juillet 2003 auprès des différents groupes d'acteurs. Ces entretiens, conduits par Florian Rivoal, élève ingénieur de l'Institut National d'Horticulture d'Angers, ont permis d'une part d'identifier les valeurs que ces acteurs accordent aux prairies, et d'autre part, de déterminer des descripteurs prairiaux de ces valeurs. Ces descripteurs divers devront ensuite être mis en relations avec des descripteurs écologiques des prairies. En effet, ces descripteurs écologiques étant directement liés au fonctionnement de l'écosystème prairial, il sera alors possible de relier les valeurs d'usage avec le fonctionnement des écosystèmes prairiaux (Figure 2).

L'ensemble des sigles, abréviations et variables employés dans ce rapport est détaillé en fin de rapport.

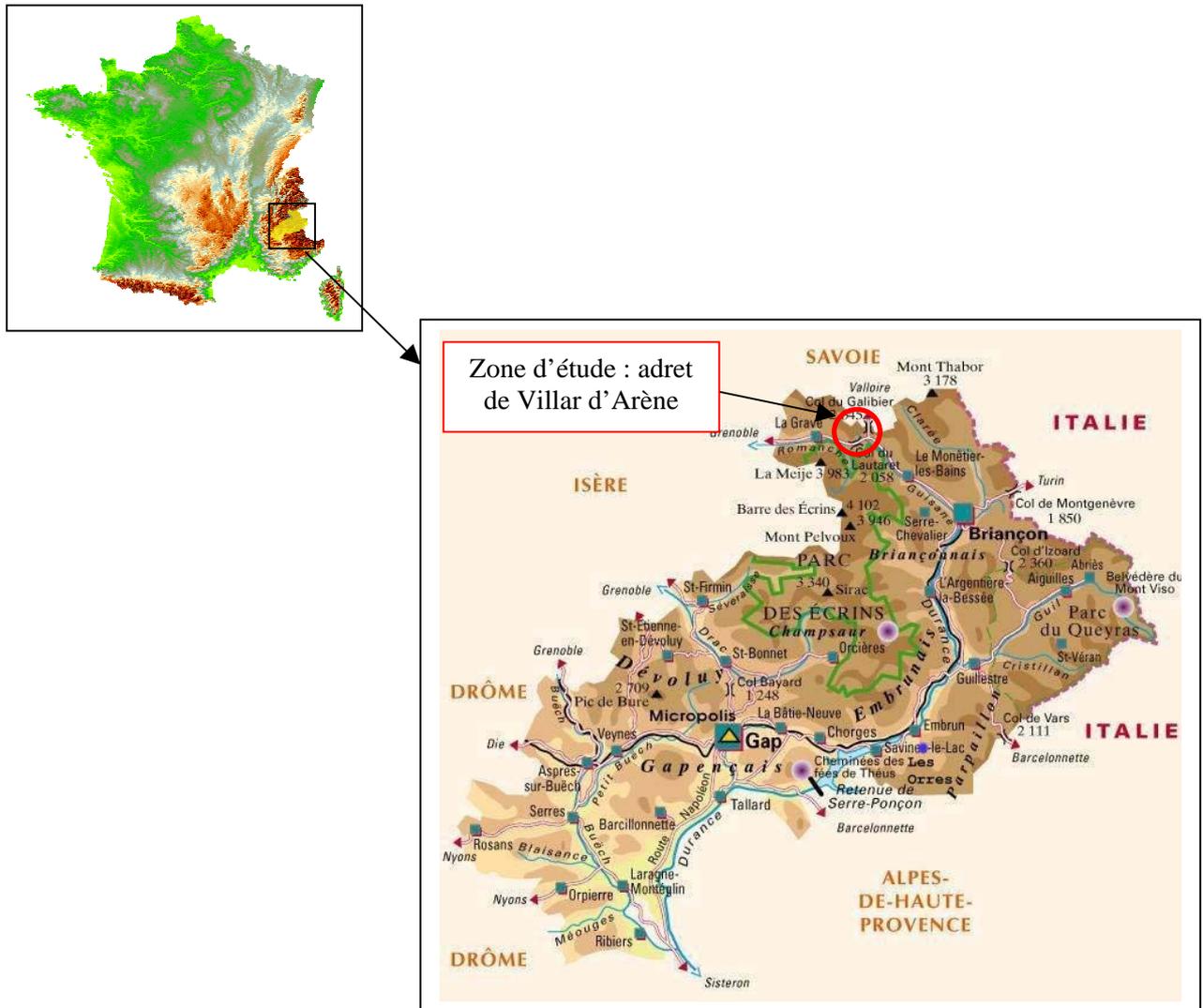


Figure 3 : localisation géographique du site d'étude

2. Présentation du site d'étude

Nous présentons dans cette partie le site d'étude dans sa globalité ainsi que la méthodologie de sélection des zones d'étude sur lesquelles ont été acquises les données.

2.1. L'adret de Villar d'Arène

La commune de Villar d'Arène (Chef lieu à 1650m) est l'un des 11 sites européens (répartis dans 9 pays) étudiés dans le cadre du programme européen VISTA. L'adret de cette commune, d'une superficie d'environ 24km² au total, étendu entre 1550 et 2971 m d'altitude (Lavorel et al., 2004) est majoritairement agricole. Ce versant constitue le site de référence pour les paysages semi-naturels de haute montagne du projet VISTA.

Cette commune des Hautes-Alpes (05) se situe à la frontière entre Alpes du Nord et du Sud d'une part, et Alpes externes et internes d'autre part (Figure 3). Le Col du Lautaret, situé à la frontière Est de la commune, constitue une véritable barrière climatique. A l'Ouest, les précipitations du régime océanique restent relativement importantes ; à l'Est se situent les Alpes internes où sèches, zone dans laquelle l'effet d'abri entraîne une certaine continentalité (Ozenda, 1985). La pluviosité moyenne annuelle sur la zone étudiée est de 956mm. Les précipitations, bien que réparties tout au long de l'année, sont légèrement plus abondantes en hiver. Les étés sont relativement secs. Le climat y est sub-alpin avec des températures moyennes annuelles allant de -7,4°C au mois de février, à 19,5°C durant le mois de juillet. Nos travaux se concentrent sur des prairies situées sur une bande d'altitude de 220m (1830 à 2050m) et développées sur un substrat schisteux (Lavorel et al., 2004).

Le paysage est dominé par des prairies en terrasses (Photo de couverture), témoins d'une activité agricole passée intense. En effet, jusqu'au milieu du XIX^{ème} siècle, la majeure partie des terres étaient cultivées. Des terrasses ont été construites, les terres ont été épierrées et labourées, ceci afin de faciliter les cultures (pommes de terre, seigle et froment principalement). Ces cultures étaient situées sur le bas du versant, alors que les zones en herbe les plus hautes étaient destinées à l'élevage (pâturage des bovins et ovins ainsi qu'activités de fauche pour la fourniture de foin hivernale). Les dernières terrasses, situées à près de 2000m d'altitude, ont été construites vers la moitié du 19^e siècle, lors du maximum démographique de la commune. A partir de cette date, la population diminuant progressivement, les terrasses ont été peu à peu abandonnées. Durant la première moitié du 20^e siècle, la région s'est progressivement orientée vers une dominante pastorale.

Aujourd'hui, ce sont donc les activités d'élevage, réparties entre fauche et pâture, qui sont prépondérantes sur ces prairies. Les quelques parcelles cultivées subsistant ne permettent qu'une production locale. Le maintien de la fauche est notamment lié aux obligations vis-à-vis du Parc National des Ecrins (Villar d'Arène est située en zone périphérique du Parc) et du classement en zone Natura 2000 (site Lautaret-Combeynot-Ecrins). En effet, la position frontière de la zone étude en fait un espace d'une grande richesse floristique. On estime que l'on peut découvrir près de 1 500 plantes différentes à proximité du Col du Lautaret, ce qui constitue un tiers de la richesse floristique du territoire français métropolitain.

Comme dans l'ensemble des vallées internes, la majorité des prairies de fauche est située dans l'étage montagnard et dans l'étage subalpin de 1200m à 2000m d'altitude. A l'étage montagnard, les pâtures sont rares et sont concentrées dans les alpages aux étages subalpin et alpin. (Fleury, 1994).

On appelle trajectoire d'utilisation des terres l'histoire des pratiques agricoles réalisées sur une parcelle donnée. Les pratiques agricoles passées et actuelles ont permis d'identifier

Tableau 1 : Trajectoires d'utilisation des terres étudiées dans le cadre du projet VISTA sur l'adret de Villar d'Arène

Code de la Trajectoire	Histoire des pratiques agricoles	Année du choix de la trajectoire
1	Terrasse anciennement labourée, aujourd'hui fauchée et régulièrement fertilisée	2003
2	Terrasse anciennement labourée, aujourd'hui fauchée et non fertilisée	2003
3a	Terrasse anciennement labourée, puis fauchée et aujourd'hui utilisée comme pâture pour les ovins pendant l'intersaison (printemps et automne)	2003
3b	Terrasse anciennement labourée, puis fauchée et aujourd'hui utilisée comme pâture pour les bovins pendant l'intersaison (printemps et automne)	2004
4	Parcelle n'ayant jamais été labourée. Elle a toujours été fauchée et l'est encore actuellement	2003
5a	Parcelle n'ayant jamais été labourée. Elle a été autrefois fauchée mais est aujourd'hui transformée en alpage pour le troupeau ovin communal	2003
5b	Parcelle n'ayant jamais été labourée. Elle a été autrefois fauchée mais est aujourd'hui transformée en alpage pour les troupeaux bovins	2004
6	Parcelle n'ayant jamais été labourée. Elle a été autrefois fauchée mais est aujourd'hui abandonnée	2004
A	Terrasse anciennement labourée et aujourd'hui uniquement fauchée. L'abandon du labour est plus ancien que dans la trajectoire 1	2004
B	Terrasse anciennement labourée et aujourd'hui uniquement pâturée en juin par le troupeau ovin communal. L'abandon du labour est plus ancien que dans la trajectoire 3a	2004

différentes trajectoires d'utilisation des terres sur l'adret de Villar d'Arène. L'étude de ces trajectoires nous permet d'identifier les réponses des prairies aux changements d'utilisation des terres et d'apporter ainsi des éléments de réponse à la première partie du projet VISTA.

2.2. La sélection des trajectoires et parcelles d'étude

2.2.1. Sélection des trajectoires d'utilisation des terres

Les différentes trajectoires d'utilisation des parcelles de l'adret de Villar d'Arène ont été établies à partir des données cadastrales disponibles, soit entre 1810 (cadastre napoléonien) et 2003 (Mallen, 2002), et de photos aériennes (1952, 1960, 1971, 1986, 1994 et 2001). Ces trajectoires ont été informatisées sous Système d'Information Géographique (SIG) par Ana Garcia Bautista en 2004 (Annexe 1).

En 2003, cinq des trajectoires dominantes de l'adret ont été étudiées. En 2004, nous avons choisi d'étendre l'étude à 5 nouvelles trajectoires. Le choix des trajectoires a été réalisé sur la base de leur importance spatiale sur le versant et, dans l'optique du projet VISTA, sur les évolutions possibles, en termes de pratiques agricoles, dans les années à venir (abandon des parcelles par exemple). Le tableau 1 résume l'ensemble des trajectoires sur lesquelles porte l'étude.

2.2.2. Choix de parcelles représentatives des trajectoires étudiées

Pour chaque trajectoire d'utilisation des terres, 3 parcelles ont été étudiées. Chaque parcelle étant considérée comme un échantillon représentatif de la trajectoire d'utilisation des terres, le choix du nombre de parcelles est un compromis entre un nombre de réplicats minimum et une période de terrain potentielle assez limitée du fait de la courte durée de la saison de végétation à cette altitude. Par ailleurs, le choix des parcelles sur le terrain a été réalisé après discussion et demande d'autorisation auprès des agriculteurs. Les trois parcelles représentatives d'une même trajectoire ont volontairement été choisies de façon à limiter l'hétérogénéité inter et intra parcelles (végétation homogène sur la parcelle et entre les parcelles d'une même trajectoire). Sur chaque parcelle choisie, nous avons délimité un espace de 200m² environ (placette d'étude), réservé aux mesures de terrain liées au projet VISTA.

Par simplification, nous appelons « parcelles 2003 » les parcelles ayant été choisies en 2003 (correspondant aux trajectoires choisies en 2003) et « parcelles 2004 » celles que nous avons choisies cette année.

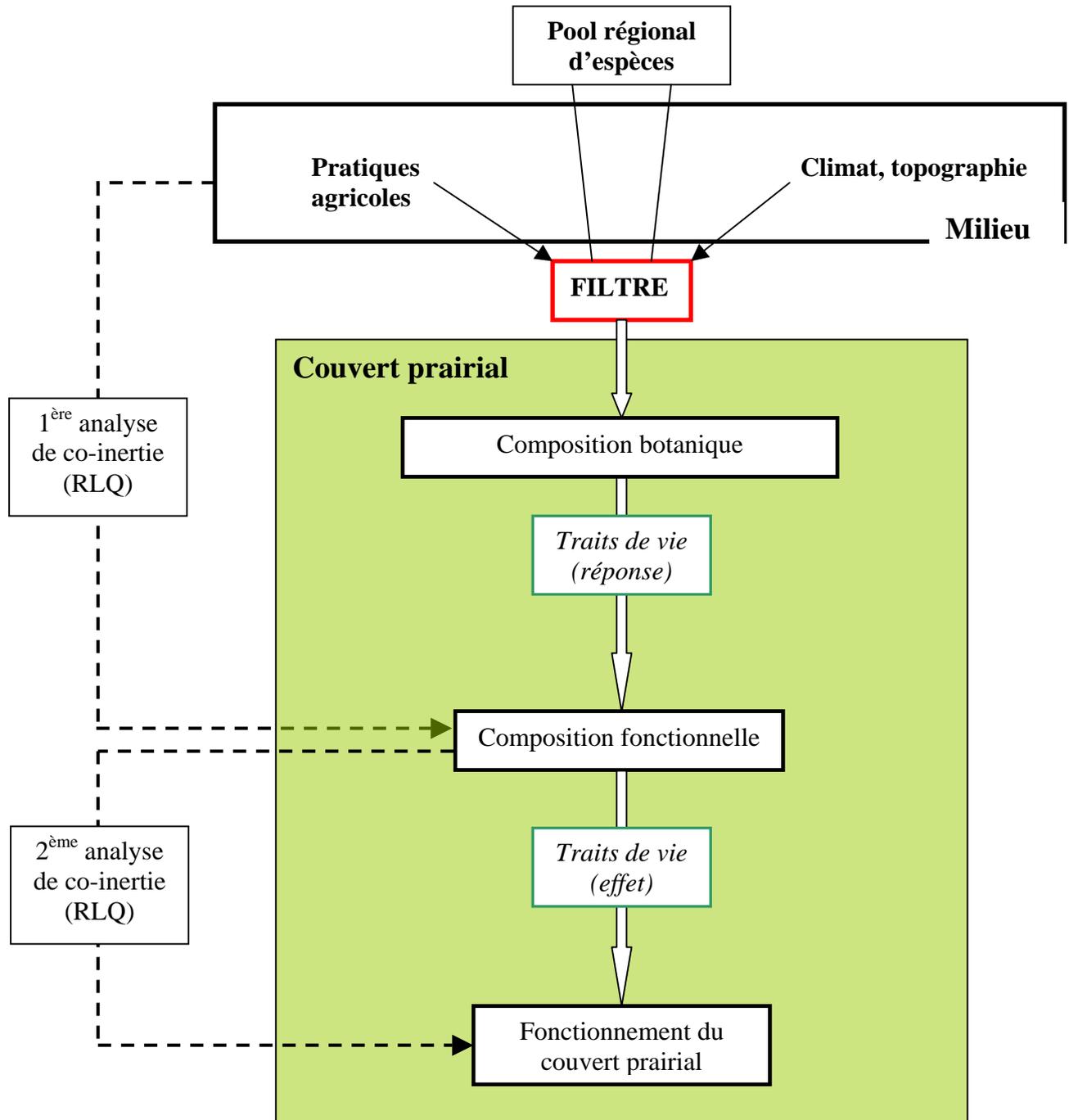


Figure 4 : schéma conceptuel de la démarche employée pour décrire le fonctionnement de l'écosystème prairial

3. Les traits, un outil pour décrire le fonctionnement d'un écosystème prairial

3.1. Introduction

Dans cette partie, nous allons dans un premier temps tester l'effet des variables topographiques sur les variables phénologiques. Cela nous permettra de discuter de l'influence des facteurs topographiques par rapport aux variables édaphiques dans les variations phénologiques entre les parcelles d'étude. Dans un deuxième temps, nous étudierons la végétation d'un point de vue de sa composition floristique, ceci afin de discuter de l'effet des pratiques agricoles passées et actuelles sur cette composition. Enfin, dans un troisième temps, nous étudierons la végétation d'un point de vue fonctionnel afin de mettre en relation la réponse fonctionnelle de la végétation aux conditions du milieu d'une part et les effets des traits fonctionnels sur le fonctionnement de l'écosystème d'autre part (Figure 4). Il restera, dans une dernière partie, à tester les relations entre les variables de milieu et les trajectoires d'utilisation des terres. Ceci permettra de réinsérer l'étude du fonctionnement écosystémique dans le cadre et les objectifs du projet VISTA.

3.2. Matériel et méthodes

3.2.1. Acquisition des données floristiques

Des relevés floristiques ont été effectués dans toutes les parcelles en juin 2003 et 2004 (selon l'année du choix de la trajectoire) en utilisant la méthode des points quadrats. Nous avons placés trois transects linéaire de 8m au hasard dans la parcelle en veillant toutefois à ce qu'ils ne se croisent pas. Selon Amiaud (1998), réaliser les relevés sur trois transects différents permet de considérer le groupement végétal dans son ensemble et de traduire ainsi la variabilité due à une éventuelle hétérogénéité de la perturbation (hétérogénéité du pâturage par exemple). Le long de ces transects, tous les 20 cm, nous avons relevé toutes les espèces entrant en contact avec une aiguille descendue verticalement dans la masse végétale. Cette méthode, permettant d'évaluer les fréquences de toutes les espèces recensées, est reconnue pour sa fiabilité (Daget et Poissonnet, 1969). Nous obtenons donc un total de 120 relevés sur une placette (40 relevés par transect), soit 360 relevés par trajectoire d'utilisation des terres. Les espèces ont été identifiées grâce à différentes flores (Blamey et Grey-Wilson, 1991 ; Aeschiman et Burdet, 1994 ; Dorée, 1995 ; Bonnier et de Layens, 1998 ; Dorée, 2000 ; Lauber et Wagner, 2001). La liste de l'ensemble des espèces présentes est présentée en annexe 2.

3.2.2. Mesures des variables de milieu

Nous n'avons pas considéré, dans le cadre de cette étude, les contraintes biotiques. Notre modèle simplifié considère donc que trois types de variables agissent sur la communauté végétale : les variables micro-climatiques et topographiques et les variables dues aux activités agricoles : la fertilisation et la perturbation du milieu. Ces variables ont été recueillies entre mai et août 2004 (Tableau 2).

3.2.2.1. Variables topographiques

Nous avons mesuré l'altitude de toutes les parcelles (30) à l'aide d'un altimètre. L'exposition a été mesurée à partir d'une boussole et ramenée au sud. Ainsi, plus une parcelle à un angle fort, plus elle est proche de l'exposition sud. Enfin, la pente a été mesurée à l'aide

Tableau 2 : Variables de milieu et libellés utilisés dans les analyses statistiques

Variables de milieu	Libellés pour les analyses statistiques
Altitude (m)	Alt.
Exposition (°)	Exp.
Pente (°)	Pente
Indice de nutrition azotée	IN
Indice de nutrition Phosphorée	IP
Intensité perturbation mesurée par la hauteur végétative	IntPerturb
Intensité de perturbation mesurée par la biomasse	IntPerturb2
Date perturbation (en jours depuis le début de saison de végétation)	DatePerturb
Indice phénologique	IndPheno

d'un tasseau de bois, d'un niveau et d'un rapporteur. L'angle mesuré est celui entre le tasseau posé sur la ligne de plus forte pente et le niveau placé à l'horizontale.

3.2.2.2. *Variables phénologiques*

Le suivi phénologique réalisé au cours de la saison sur l'ensemble des parcelles permet d'estimer la date de début de saison de végétation des parcelles. En effet, selon Fleury (1994), la croissance des végétaux commence 50 jours avant l'épiaison de *Dactylis glomerata*. Grâce à cette date, nous pouvons construire une variable appelée **Précocité**. Cette variable est d'autant plus grande que la saison de végétation a commencé tôt.

Nous avons également estimé le nombre de jours entre la date de début de saison de végétation et le stade milieu de floraison du dactyle. Le choix du stade milieu de floraison est justifié par le fait qu'au 15 juillet, date d'arrêt des suivis phénologiques, la plupart des populations de *Dactylis glomerata* avaient atteint ce stade. L'inverse du nombre de jours permet d'obtenir une valeur d'autant plus grande que le nombre de jours entre le début de la saison de végétation et la floraison est petit et donc que le milieu est favorable à une floraison rapide. Nous appelons cet indice, l'**indice phénologique**.

3.2.2.3. *Estimation de la fertilité du sol*

Nous avons fait analyser la végétation de l'ensemble des parcelles afin d'obtenir des indices de nutrition minérale. Ces indices sont considérés comme le meilleur indicateur de la fertilité, au niveau de la plante. Pour ce faire, nous avons prélevé 1m² de biomasse aérienne dans toutes les parcelles. Le quart du prélèvement a été trié en séparant la litière de la partie vivante. Au sein de la partie vivante, nous avons également séparé les inflorescences et les légumineuses. Nous disposons ainsi des indices de nutrition azotée et phosphorée pour l'ensemble des parcelles.

3.2.2.4. *Variables de perturbation du milieu*

Connaissant la date de perturbation (fauche ou pâturage) sur les parcelles, nous avons pu replacer cette date par rapport au début de la saison de végétation de chaque parcelle. La variable **DatePerturb** est d'autant plus grande que la perturbation a été tardive. Enfin, les mesures de la hauteur de végétation avant et après la perturbation permettent d'obtenir une intensité de perturbation (**IntPerturb**). Nous avons également estimé l'intensité de perturbation par un prélèvement de biomasse aérienne effectué juste après la perturbation. **IntPerturb2** correspond à la différence entre la biomasse aérienne prélevée en juillet (considérée comme le pic de biomasse) et celle prélevée suite à la perturbation, cette différence étant ramenée à la biomasse aérienne de juillet.

3.2.3. Mesures des variables de fonctionnement

Nous appelons variables de fonctionnement des variables permettant de quantifier les processus écosystémiques. Les deux processus que nous avons pris en compte sont la production de biomasse vivante d'une part et la décomposition de la litière d'autre part. L'ensemble des variables de fonctionnement est résumé dans le tableau 3.

3.2.3.1. *Mesures de productivité*

Des prélèvements de biomasse aérienne ont été réalisés à trois dates différentes sur l'ensemble des parcelles des trajectoires choisies en 2003 : entre le 10 et le 12 mai, entre le 14 et 21 juin et entre le 6 et le 15 juillet 2004. Le prélèvement de mai correspond à une quantité de biomasse aérienne minimale puisque la saison de végétation venait à peine de recommencer. Le prélèvement de juillet a été effectué au pic de biomasse et juste avant la fauche. Nous considérons donc que nous avons une valeur de quantité de biomasse maximale. Le prélèvement de juin reflète donc une quantité de biomasse intermédiaire. Ces

Tableau 3 : Variables de fonctionnement et libellés utilisés dans les analyses statistiques

Variables de fonctionnement	Libellés pour les analyses statistiques
Productivité (TdeMS/ha/jour)	Prod
Productivité spécifique de début de saison (%deMS/ha/jour)	ProdSpe_debut
Productivité spécifique sur la saison (%deMS/ha/jour)	ProdSpe
Biomasse sur pied maximum (Biomasse verte et jaune) en T/ha	BiomTot
Part de biomasse verte dans la biomasse sur pied maximale	%BiomVert
Litière accumulée en début de saison (T/ha)	QteLitiere
"Productivité spécifique" de la litière au cours de la saison	ProdSpeLitiere
Perte de Litière (%)	Perte_litiere
Interception de la lumière par le couvert (%)	Interception
Hauteur de végétation maximale (cm)	HautVegMax

prélèvements, d'une surface totale de 1m², ont été réalisés avec une tondeuse à main (WOLF SP75), à raison de 4 répétitions de 0,25 m² par parcelle (Barbaro, 1999). Cette taille de quadrat apparaît être un bon compromis entre la variabilité des prélèvements due à la micro-hétérogénéité intra-parcelle et le temps nécessaire à la récolte (Amiaud, 1998).

Les quatre prélèvements de chaque parcelle ont été mélangés puis pesés. Nous avons alors prélevé un quart du poids frais total afin de le trier pour séparer et peser la partie vivante (verte) de la partie sèche, que nous appelons litière (Weiher et al., 1999). Après un séchage de 48h à l'étuve à 60°C, tous les poids secs ont été relevés. Nous avons alors pu estimer la productivité spécifique² de début de saison (entre la mi-mai et la mi-juin) et celle de la saison (entre la mi-mai et la mi-juillet). Selon Garnier et al. (2004), la productivité spécifique est une variable de fonctionnement bien corrélée à certains traits foliaires. Nous disposons également de la quantité de biomasse sur pied maximum (prélevée en juillet) et de la part de biomasse verte dans cette quantité. Enfin, le prélèvement de mai nous permet d'estimer la quantité de litière accumulée en début de saison. Le prélèvement de biomasse de la mi-juin a été réalisé sur l'ensemble des 30 parcelles, ce qui nous permet donc d'avoir une estimation de la productivité de l'ensemble des parcelles à cette période depuis la date de début de saison de végétation.

3.2.3.2. *Mesures sur la litière (sur pied et au sol)*

Avec les quantités de biomasse sèche à la mi-mai, à la mi-juin et à la mi-juillet 2004 sur les parcelles des trajectoires choisies en 2003, nous avons pu estimer un taux de sénescence au cours de la saison, c'est-à-dire la production spécifique de biomasse sèche.

Par ailleurs, des sacs de litière en polyéthylène (10cm x 10cm) ont été fixés horizontalement dans le couvert végétal à l'automne 2003 (Aerts et al., 2003). Ces sacs contenaient 1 gramme de litière expérimentale constituée de l'ensemble des espèces présentes sur la parcelle, la biomasse de chaque espèce dans les sacs étant proportionnelle à sa biomasse dans la parcelle (Knops et al., 2001). En mai 2004, nous avons effectué un premier prélèvement de 10 sacs de litière sur chacune des parcelles 2003. Le contenu des sacs a été séché à l'étuve à 60°C puis pesé au dixième de milligramme près. Nous obtenons ainsi une estimation du taux de décomposition de la litière pendant l'hiver (Knops et al., 2001).

3.2.3.3. *Mesures de hauteur de végétation*

Nous avons relevé la hauteur de végétation de l'ensemble des parcelles entre le 14 mai et le 15 juillet 2004. Les mesures consistent en 10 relevés aléatoires de hauteur d'herbe sur la placette. La hauteur est mesurée sur la végétation en place sans étirer les feuilles (Fleury, 1994).

3.2.3.4. *Mesures d'interception de la lumière par le couvert*

La fermeture du couvert a été mesurée à l'aide d'une canne PAR (Photosynthetically Active Radiation) mesurant la radiation photosynthétique active pour les plantes et permettant d'estimer la quantité de lumière incidente. Sur chaque parcelle des trajectoires choisies en 2003, trois mesures ont été réalisées en glissant la canne PAR au dessus du couvert végétal (en tenant la canne horizontalement à bout de bras) et trois autres mesures en glissant la canne PAR horizontalement sous le couvert végétal (en veillant à ne pas écraser la végétation sous la canne). Chaque mesure consiste ensuite en une moyenne établie sur une durée de 15 secondes. Nous avons alors calculé le pourcentage de lumière incidente interceptée par le couvert végétal.

² La productivité spécifique est la productivité par unité de biomasse initiale

Tableau 4 : Traits fonctionnels et les libellés utilisés dans les analyses statistiques

Traits des végétaux	Libellés pour les analyses statistiques
Hauteur végétative (cm)	VegHeigth
Longueur de la canopée	CaLength
Exposition relative de l'inflorescence	Rel.Inflo.exp.
Longueur de la feuille (cm)	LeafL
Surface de la feuille (mm ²)	LeafArea
Surface spécifique Foliaire (mm ² /g)	SLA
Résistance à l'étirement	Tough
Teneur en matière sèche de la feuille (mg/g)	LDMC
Teneur en matière sèche de la tige	SDMC
Teneur en azote de la feuille	LNC
Teneur en carbone de la feuille	LCC
Teneur en phosphore de la feuille	LPC

VegHeigth	Vegetative height
CaLength	Canopy length
Rel.Inflo.exp	.Relative inflorescence exposure
LeafL	Leaf length
LeafArea	Leaf area
SLA	Surface Leaf Area
Tough	Toughness
LDMC	Leaf Dry Matter Content
SDMC	Stem Dry Matter Content
LNC	Leaf Nitrogen content
LCC	Leaf Carbon Content
LPC	Leaf Phosphorus Content

3.2.4. Mesures des traits fonctionnels végétaux

Nous avons mesuré des traits dits « softs » dont les corrélations avec le fonctionnement de la plante sont bien établies (Weiher et al., 1999). Le tableau 4 résume l'ensemble des traits mesurés dont nous disposons pour les analyses statistiques

3.2.4.1. *Sélection des populations*

Nous avons identifié, grâce aux relevés floristiques, les espèces formant au moins 80% de l'abondance totale sur chaque parcelle. Ces espèces sont considérées comme les espèces dominantes sur la parcelle. Pour chaque population³ retenue, différents traits fonctionnels ont été mesurés suivant un protocole standardisé (Cornelissen et al., 2003 ; Garnier et al., 2001b). Les traits mesurés ont été choisis à partir des connaissances bibliographiques des réponses fonctionnelles à la gestion des prairies. Ces traits sont morphologiques et foliaires. En effet, les traits morphologiques apparaissent bien corrélés à la réponse des espèces aux perturbations (Fleury, 1994 ; Lavorel et al., 1997). Les traits foliaires semblent répondre aux gradient de ressources du sol et révèlent les stratégies de gestion des ressources de la plante (Lavorel et Garnier, 2002 ; Cunningham et al. 1999).

3.2.4.2. *Mesure des traits morphologiques*

Pour chaque population considérée, nous avons relevé la hauteur végétative, la hauteur de l'inflorescence et les longueur et largeur de la canopée. Ces mesures ont été effectuées *in situ* sur 20 individus. Les traits morphologiques répondent globalement à la perturbation du milieu (Lavorel et al., 1997). La hauteur végétative est également associée à la vigueur de la compétition (Cornelissen et al., 2003)

De plus, nous avons mesuré la résistance à l'étirement des feuilles. Cette mesure a été effectuée au laboratoire, sur 10 feuilles réhydratées, par l'intermédiaire d'un appareil simulant la force que peut subir une feuille d'une largeur donnée avant de se casser. La variable est appelée Toughness. La résistance à l'étirement des feuilles est un indicateur de l'investissement relatif de carbone dans la protection physique des tissus photosynthétiques (Cornelissen et al., 2003).

3.2.4.3. *Mesures des traits foliaires*

Les mesures de traits foliaires ont été réalisées suivant un protocole standardisé décrit dans Garnier et al. (2001b). Pour chaque population, les mesures ont été réalisées sur 10 feuilles provenant de 10 individus différents. Les feuilles prélevées dans les parcelles ont été enroulées dans du papier humidifié et mises dans une glacière. Au laboratoire, la base du pétiole a été coupée dans l'eau et la feuille immédiatement mise dans un tube à essai rempli d'eau, ceci afin d'éviter tout risque de cavitation des vaisseaux. Les tubes à essai ont été stockés au réfrigérateur pendant six heures, temps nécessaire pour une complète réhydratation des feuilles (Garnier et al., 2001b). Différentes mesures ont ensuite été effectuées sur les feuilles réhydratées : longueur et largeur de la feuille, poids frais et mesure de la surface foliaire à l'aide d'un planimètre. Une fois les mesures effectuées sur les feuilles fraîches, celles-ci ont été séchées en étuve (60°C) pendant 48h puis pesées. Nous avons ainsi obtenu différentes valeurs de traits.

- La surface spécifique foliaire (SLA : Specific Leaf Area) est le rapport de la surface d'une feuille entièrement réhydratée (en mm) sur son poids sec (en g). Ce trait est, entre autres, un indicateur de la richesse minérale du milieu (Cornelissen et al., 2003).

³ On appelle population une espèce donnée sur une trajectoire d'utilisation des terres donnée. Par exemple, l'espèce *Bromus erectus* en trajectoire 1 est une population et cette même espèce en trajectoire 2 est une autre population.

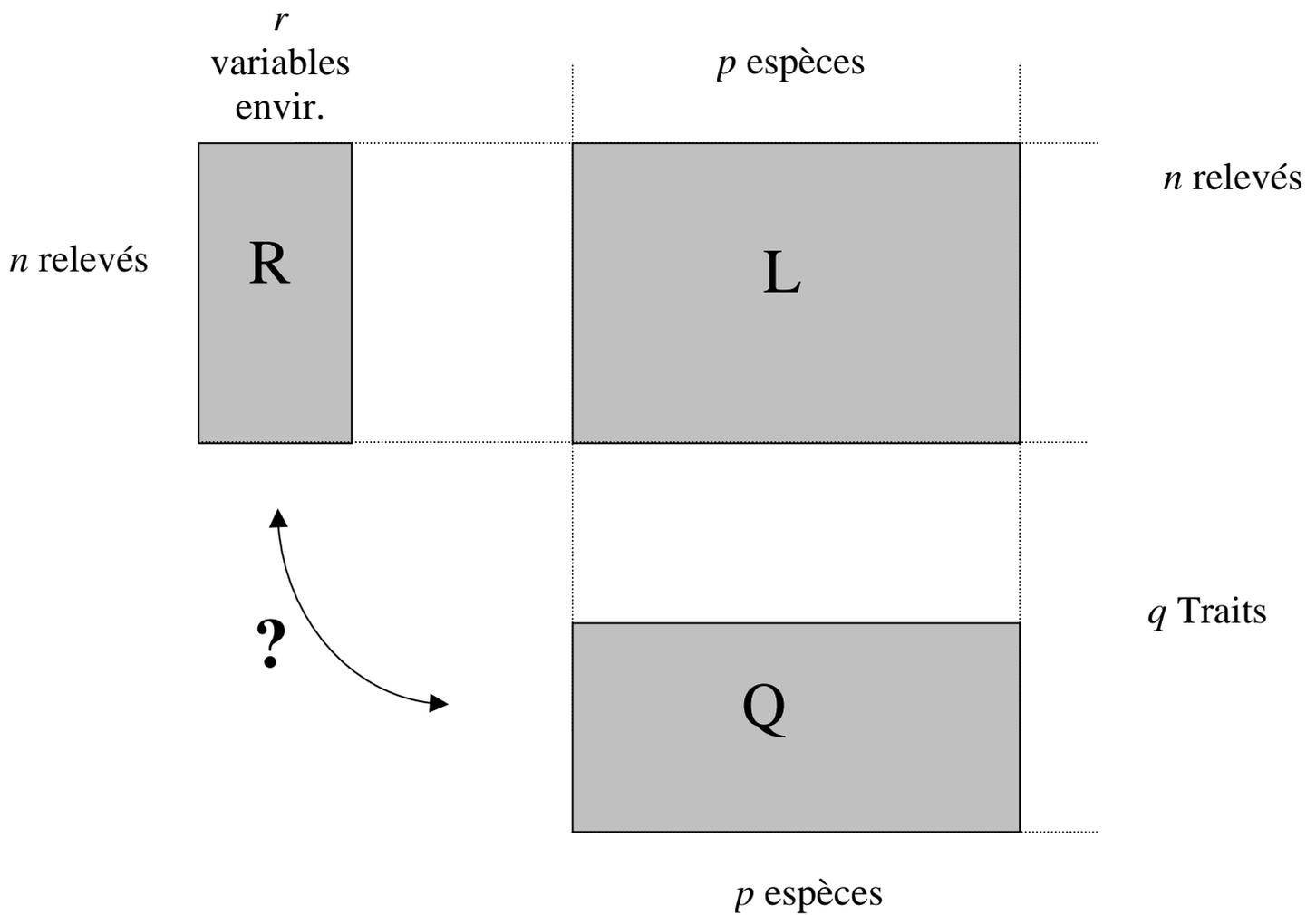


Figure 5 : schématisation de l'analyse de co-inertie RLQ à trois tableaux

R : tableau relevés*variables de milieu ou de fonctionnement

L : tableau relevés*espèces (les espèces présentes dans ce tableau sont les espèces dominantes sur lesquelles les mesures de traits ont été effectuées)

Q : tableau espèces*traits fonctionnels

- La teneur en matière sèche de la feuille (LDMC : Leaf Dry Matter Content) est le rapport du poids sec de la feuille (en mg) sur le poids frais de cette même feuille (en g). Ce trait donnant une approximation de la densité des tissus foliaires est corrélé à la stratégie de conservation des nutriments au sein de la plante (Garnier et al., 2004).
- La teneur en matière sèche des tiges (SDMC : Stem Dry Matter Content) est mesurée de la même façon que la LDMC, mais sur les tiges (Cornelissen et al., 2003, Weiher et al., 1999).

Enfin, les feuilles des espèces sur lesquelles les traits ont été mesurés en 2003 ont été analysées chimiquement. Nous avons donc les teneurs en carbone (LCC : Leaf Carbon Content), azote (LNC : Leaf Nitrogen Content) et phosphore (LPC : Leaf Phosphorus Content) de ces populations. La teneur en azote en particulier est liée à la stratégie de recyclage des nutriments (Garnier et al., 2004).

3.2.5. Analyses statistiques

3.2.5.1. *Régression linéaire multiple*

Les corrélations entre les variables climatiques et les variables phénologiques seront testées par des régressions linéaires multiples. Ces régressions, permettant de tester les corrélations entre différents facteurs et combinaisons de facteurs sont réalisées avec la modalité MultCorCoeff (MLR) de l'outil de régression linéaire (LinearReg) du logiciel ADE-4. La significativité de la relation sera testée sous le logiciel SPSS 11.0 avec un test de Pearson.

N'ayant pas de valeur phénologique sur les parcelles de la trajectoire 4 et sur une parcelle de la trajectoire 5a (*Dactylis glomerata* absent sur les parcelles), nous n'effectuons les régressions linéaires qu'à partir des données des 11 autres parcelles.

3.2.5.2. *Analyse Factorielle des Correspondances des relevés linéaires*

L'ensemble des relevés linéaires effectués en juin 2003 et 2004 est analysé par une analyse factorielle des correspondances (Barbaro, 1999). Cette analyse est réalisée sous le logiciel ADE-4.

3.2.5.3. *Analyse de co-inertie*

L'analyse des relations entre traits fonctionnels et variables environnementales peut être réalisée par l'intermédiaire d'une analyse de co-inertie généralisée entre trois tableaux, appelée analyse RLQ (Barbaro, 1999 ; Chessel et al., 1997). Cette méthode permet une ordination simultanée de trois matrices dans laquelle L est la matrice relevés*espèces, avec, aux marges des relevés, la matrice relevés*variables de milieu R et aux marges des espèces, la matrice espèces*traits fonctionnels Q (Barbaro, 1999) (Figure 5). Quand la matrice centrale est analysée par une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC), l'analyse RLQ maximise la covariance entre combinaison linéaire des colonnes de R et de Q (Dolédec et al., 1996).

La première étape de l'analyse consiste à traiter séparément la matrice L relevés*espèces par une AFC et les matrices R et Q par deux Analyses en Composantes Principales (ACP) en conservant la pondération des lignes (relevés) et colonnes (espèces) de l'AFC. Un test de permutation de Monte Carlo permet ensuite d'évaluer la relation statistique entre R et Q.

L'analyse RLQ est ensuite l'analyse du triplet d'analyse des correspondances de R, L et Q, c'est-à-dire l'analyse d'inertie d'un tableau croisé permettant de relier les modalités de la matrice R à celles de la matrice Q. Nous pouvons alors comparer les inerties totales des analyses séparées, celles des analyses de co-inertie entre R et L d'une part et entre L et Q

Tableau 5 : résultats des régressions linéaires multiples entre les variables topographiques et les variables basées sur la phénologie des espèces.

Régression multiple	R ² (n=11)	Précocité		Indice phénologique	
		R ²	p	R ²	p
Variables topographiques explicatives	Alt	0.001	0,93	0.038	0,59
	Pte	0.236	0,57	0.151	0,41
	Exp	0.037	0,13	0.087	0,27
	Alt & Pte	0.273		0.151	
	Alt & Exp	0.052		0.087	
	Pte & Exp	0.256		0.206	
	Alt, Pte & Exp	0.397		0.231	

d'autre part et celle de l'analyse de co-inertie généralisée entre R, L et Q. De plus, le rapport de la valeur propre du premier axe de chaque analyse séparée et celle du premier axe de l'analyse RLQ donne le pourcentage d'inertie projetée des analyses séparées pris en compte par l'analyse RLQ (Barbaro, 1999).

Nous réalisons de la même façon des analyses RLQ avec les tableau relevés*espèces, espèces*traits et relevés*variables de fonctionnement. La matrice L reste le tableau relevés*espèces et la matrice Q reste le tableau espèces*traits. La matrice R devient le tableau relevé*variables de fonctionnement. Cela nous permet de mettre alors en relation les traits avec les variables de fonctionnement du couvert.

Ainsi, à la suite de deux analyses RLQ (relevés-traits-milieu et relevés-traits-fonctionnement), il est possible de relier, indirectement, le milieu et son fonctionnement via les traits fonctionnels végétaux.

3.2.5.4. *Etude de corrélation entre les traits fonctionnels et les variables*

Les corrélations mises en évidence par les analyses RLQ entre les variables de milieu ou fonctionnement et les traits seront testées par un test de Pearson sous le logiciel SPSS 11.0. Pour cela, il est nécessaire de calculer les valeurs de traits par communauté végétale (parcelle). Pour un trait donné dans une parcelle donnée, la valeur du trait de chaque population est pondérée par l'abondance absolue de la population. Cette pondération est justifiée par le fait qu'une espèce affecte d'autant plus les processus écosystémiques qu'elle a une contribution importante dans la structure de la biomasse (Grime, 1998). La somme des traits pondérés sur la parcelle est ensuite rapportée à l'abondance totale de la parcelle. On obtient ainsi le trait moyen de la communauté végétale. Ce sont ces traits moyens qui sont utilisés dans les tests sous SPSS La signification statistique des coefficients de régression sera prise avec un risque d'erreur de 15%.

3.2.5.5. *Analyses de variance à un ou plusieurs facteurs*

L'analyse RLQ permet d'extraire des tendances concernant la réponse des traits aux variables de milieux d'une part et les effets de traits sur les variables de fonctionnement du milieu d'autre part. Afin de pouvoir relier les pratiques agricoles au fonctionnement du milieu, il est donc nécessaire de relier les variables de milieu aux trajectoires d'utilisation des terres. Nous testerons les effets des pratiques agricoles, anciennes ou actuelles, sur les variables de milieu par des analyses de variance à un facteur ou par un modèle linéaire généralisé lorsque nous testons les interactions entre pratiques (test de l'effet de certaines pratiques sachant d'autres pratiques). Ces analyses sont effectuées sous le logiciel SPSS 11.0.

3.3. Résultats

3.3.1. Test de l'influence des facteurs topographiques

La régression linéaire multiple effectuée avec les variables topographiques d'une part et les variables phénologiques (précocité de la saison de végétation et indice phénologique) d'autre part donnent des valeurs de coefficient de corrélation R^2 systématiquement inférieures à 0,4 (Tableau 5). Les valeurs des probabilités critiques (p) sont toujours supérieures à 0,05. Les variables topographiques ne sont pas corrélées significativement avec les variables basées sur la phénologie des plantes. Les variations abiotiques n'ayant pas d'effet statistiquement significatif sur les variables liées à la phénologie, il n'y a pas de biais des résultats lié à la localisation spatiale des parcelles d'études. Dans notre modèle, les variations interparcelles sont donc uniquement le fait des pratiques agricoles (car nous ne prenons pas en compte les contraintes biotiques).

Il n'y aura pas de biais des résultats liés à la localisation spatiale des parcelles.

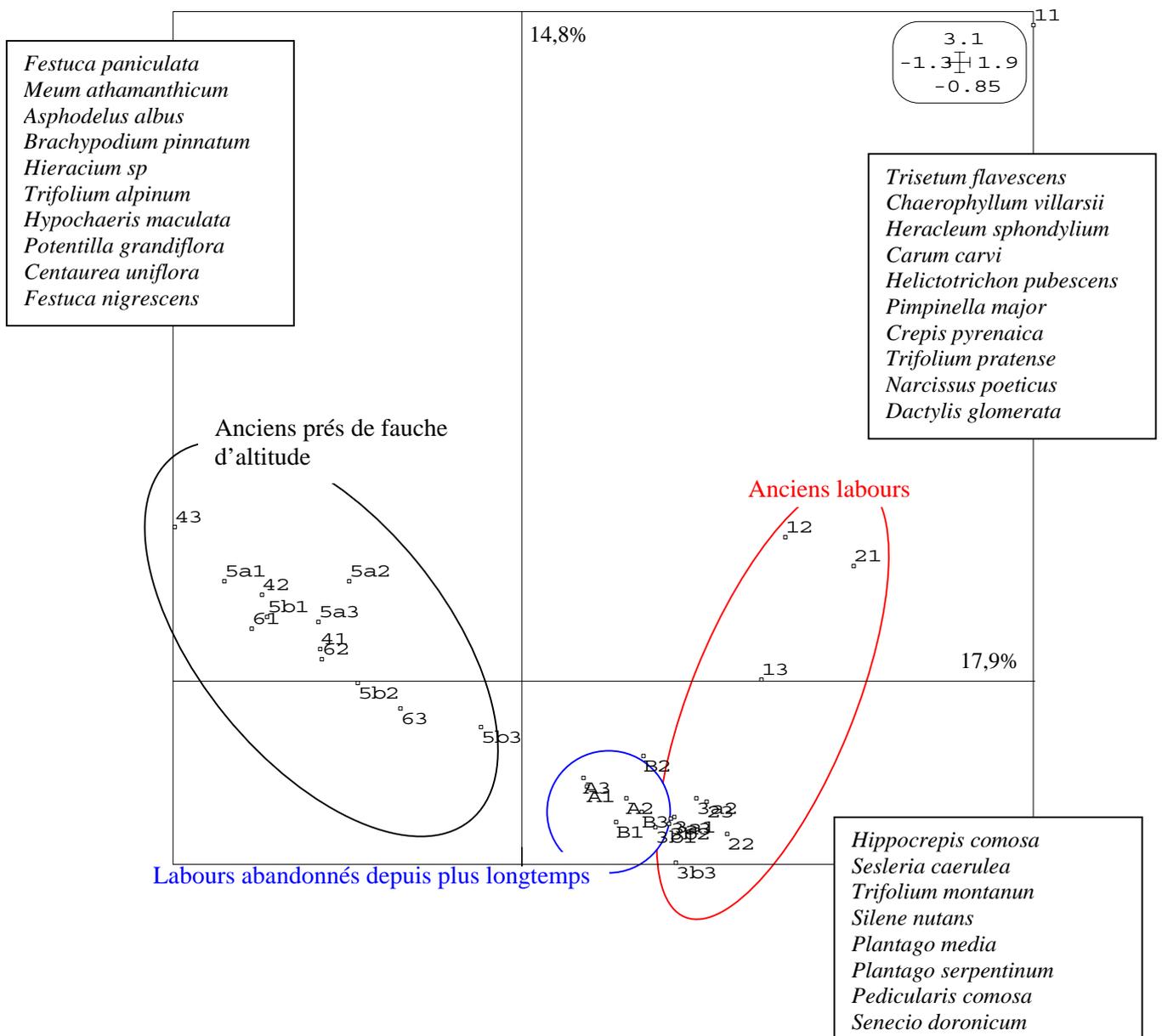


Figure 6 : distribution des relevés et des espèces sur le plan factoriel de l'AFC réalisée sur le tableau relevés*espèces.

Un filtrage des espèces rares (apparaissant dans moins de 5%) des relevés a été effectué.

3.3.2. Les relations entre pratiques agricoles et caractéristiques floristiques

Le pourcentage d'inertie totale projetée sur l'axe 1 de l'AFC est de 17,9% et de 14,8% sur l'axe 2 (Figure 6). L'axe 1 discrimine très nettement les parcelles anciennement labourées (trajectoires 1, 2, 3a et 3b) des parcelles n'ayant jamais été labourées, situées sur d'anciens prés de fauche d'altitude (Trajectoires 4, 5a et 5b et 6). La projection des espèces dans l'espace d'inertie permet de mettre en évidence les principales espèces de ces deux groupes.

Les parcelles situées sur les anciens prés de fauche d'altitude sont des pelouses à *Festuca spadicea* (Code Corine Biotope 36.331), caractérisées par la présence de *Festuca paniculata*, *Meum athamanthicum*, *Asphodelus albus*, *Brachypodium pinnatum*, *Hypochaeris maculata*, *Potentilla grandiflora*, *Centaurea uniflora* ou encore *Festuca nigrescens*. Les groupements végétaux des anciens labours aujourd'hui fauchés sont des *Polygono-Trisetion* (Code Corine Biotope 38.3). Ces parcelles présentent une flore diversifiée composée de *Trisetum flavescens*, *Chaerophyllum villarsii*, *Heracleum sphondylium*, *Carum carvi*, *Helictotrichon pubescens*, *Pimpinella major*, *Crepis pyrenaica*, *Narcissus poeticus* et *Dactylis glomerata* entre autres.

Il apparaît donc que la pratique ancienne du labour a fortement modifié la végétation prairiale. Cependant, la position des parcelles des trajectoires A et B sur le plan factoriel de l'AFC montre un gradient de la composition floristique des anciens labours aux anciens prés de fauche d'altitude. Or les parcelles des trajectoires A et B sont d'anciens labours abandonnés depuis plus longtemps que ceux des trajectoires 1, 2, 3a et 3b.

Il existe un gradient continu de la composition floristique le long des trajectoires d'utilisation des terres étudiées.

3.3.3. Les relations entre les traits et les variables de milieu

Nous réalisons une analyse RLQ des tableaux relevés*espèces, espèces*traits et relevés*variables de milieu. Le résultat du test de Monte-Carlo à 10000 permutations montre que la relations statistique entre R et Q est significative à $p=0,00468$ (Chessel et al., 1997).

L'inertie totale de l'analyse RLQ est 2,37. Les axes 1 et 2 portent respectivement 75.7 et 16.4 % de cette inertie. Les deux premiers axes extraient donc la quasi-totalité de la variabilité totale. La part d'inertie projetée par l'axe 1 de l'ACP sur le tableau des variables de milieux prise en compte par le premier axe de l'analyse RLQ (R/RLQ) est de 86,6 %. La part d'inertie projetée par l'axe 2 de l'ACP prise en compte par l'axe 2 de la RLQ est de 81,1 %. Les parts d'inertie projetées par l'ACP sur le tableau des traits fonctionnels prise en compte par les axes 1 et 2 de l'analyse RLQ sont respectivement de 87,2 % et 65,7 %. Les inerties des matrices R et Q sont donc bien projetées sur les axes 1 et 2 de l'espace de co-inertie de la RLQ (Tableau 6).

La projection des variables de milieu dans l'espace de co-inertie formé par les deux premiers axes de l'analyse RLQ (Figure 7) montre des tendances de corrélation que nous confirmons par l'étude des poids canoniques de ces variables sur les axes (tableau 7).

L'indice de nutrition phosphorée et l'indice phénologique sont corrélés à l'axe 1 (poids canoniques respectifs sur l'axe 1 de -0,64 et 0,50). Toutefois, la forte corrélation de l'indice de nutrition phosphorée avec l'axe 1 est principalement due à la parcelle 11 (Figure 7). Une nouvelle analyse RLQ sans cette parcelle montre que le premier axe est en fait surtout dû à l'indice phénologique et, dans une moindre mesure, la date et l'intensité de la perturbation (annexe 3). La forte corrélation de l'indice phénologique avec l'axe 1 n'est pas le seul fait des parcelles 3a1 et 3a3, contrairement à ce que pourrait laisser penser la projection

Tableau 6 : résultats de l'analyse RLQ des tableaux de relevés, milieu et traits.

Analyses séparées							
	Inertie totale	Inertie projetée sur l'axe 1 de RLQ	%	Inertie projetée sur l'axe 2 de RLQ	%	Inertie projetée sur l'axe 3 de RLQ	%
R (ACP)	6.00	2.71	45.1	1.11	18.4	0.87	14.6
Q (ACP)	12.00	4.25	35.4	3.10	25.8	1.50	12.5
Analyse RLQ							
Inertie RLQ	2.37	1.80	75.7	0.39	16.4	0.13	5.5
R/RLQ		2.35	86.6	0.90	81.1	0.93	106.8
Q/RLQ		3.71	87.2	2.04	65.8	1.23	82.0

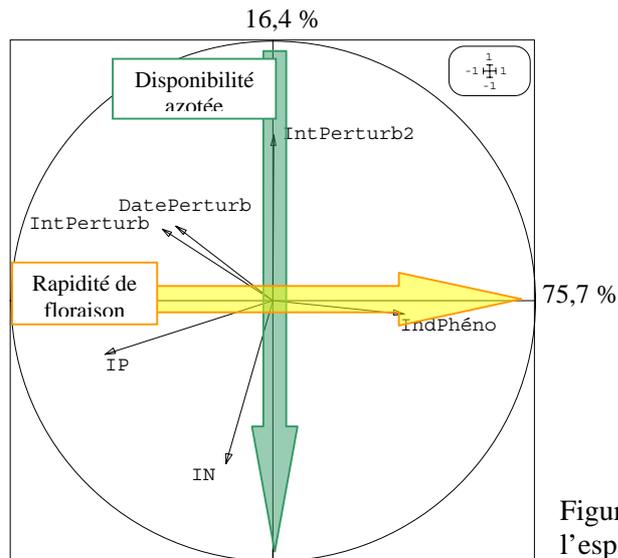


Tableau 7 : poids canoniques des variables de milieu sur les axes de la RLQ

	Axe 1	Axe 2
IndPhéno	0.50	-0.05
IN	-0.18	-0.63
IP	-0.64	-0.21
IntPerturb	-0.42	0.27
IntPerturb2	0.01	0.63
DatePerturb	-0.37	0.28

Figure 7 : Projection des variables de milieu dans l'espace de co-inertie formé par les axes 1 et 2 de l'analyse RLQ.

	Axe 1	Axe 2
VegHeight	0.12	-0.63
CaLength	0.13	-0.30
Rel.inflo.exp	0.04	0.19
LeafL	0.04	0.26
LeafArea	-0.11	-0.15
SLA	-0.53	-0.12
Tough	0.31	-0.32
LDMC	0.27	0.44
SDMC	0.17	0.00
LCC	0.04	0.27
LNC	-0.43	-0.01
LPC	-0.54	0.05

Tableau 8 : poids canoniques des traits fonctionnels sur les axes de la RLQ

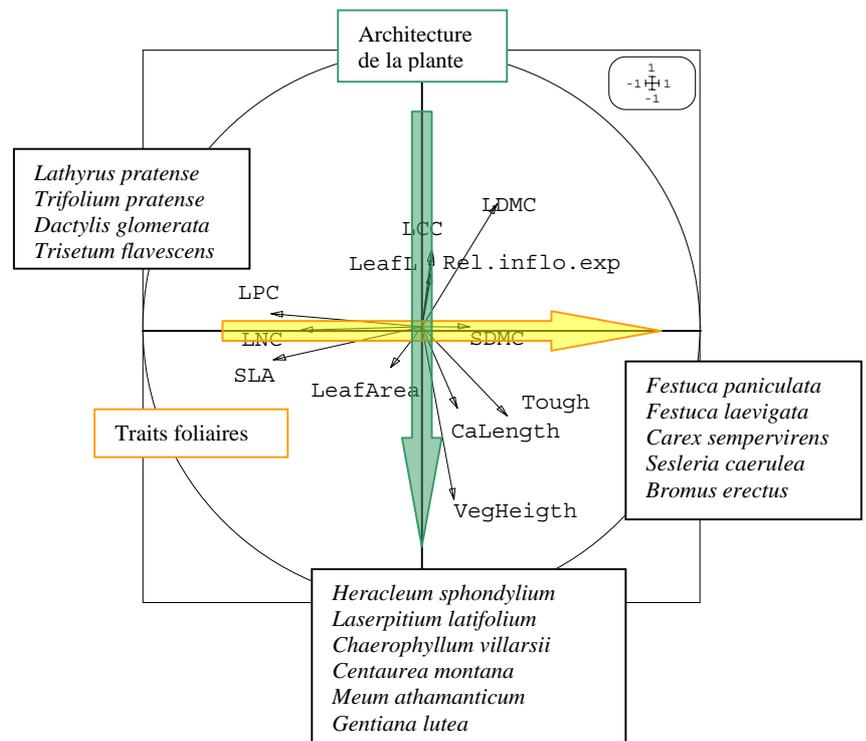


Figure 9 : projection des traits fonctionnels et des espèces caractéristiques dans l'espace de co-inertie formé par les axes 1 et 2 de l'analyse RLQ.

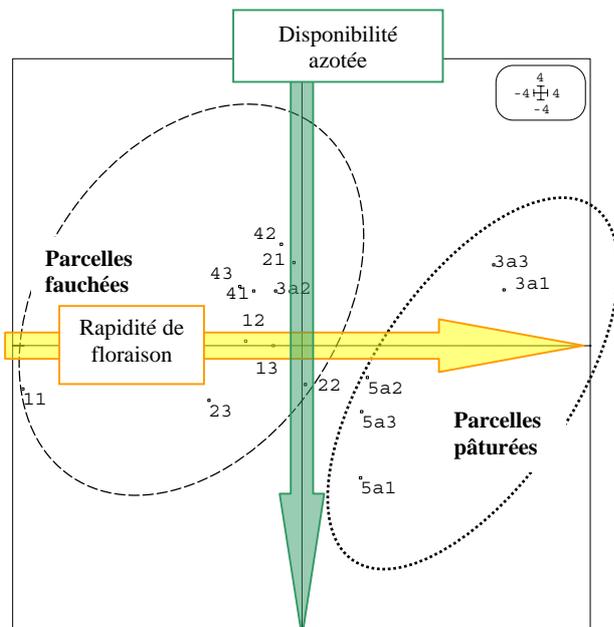


Figure 8 : projection des relevés dans l'espace de co-inertie

des relevés dans l'espace d'inertie (Annexe 4). L'axe 1 sépare les milieux fauchés et les milieux pâturés (Figure 8). L'axe 1 oppose donc les milieux sur leur indice phénologique, donc sur la rapidité de floraison, et sur la nature de la perturbation actuelle (mesurée par la hauteur de végétation).

L'indice de nutrition azotée et l'intensité de la perturbation (mesurée par la biomasse aérienne) sont fortement corrélés à l'axe 2 (-0,63 et 0,63). Le deuxième axe oppose des riches en azote faiblement perturbés, à des milieux pauvres en azote et fortement perturbés. L'axe 2 est un axe de fertilité minérale.

Les traits foliaires (SLA, LNC, LPC et résistance à l'étirement) sont corrélés à l'axe 1. Les traits végétatifs (hauteur végétative et étalement latéral de la canopée) sont corrélés à l'axe 2 (Tableau 8). La teneur en matière sèche des feuilles et leur résistance à l'étirement sont également corrélées au deuxième axe. Nous pouvons identifier deux grands axes sur lesquels se différencient les traits (Figure 9). Un premier axe est lié à la stature et l'architecture des plantes et se superpose à l'axe de disponibilité azotée. Le second est lié aux traits foliaires et la gestion des ressources minérales par la feuille. Il se superpose à la rapidité de la floraison et la nature de la perturbation.

Les traits morphologiques semblent répondre à la fertilité du milieu. Les traits foliaires semblent être corrélés à la rapidité de la floraison et la nature de la perturbation.

Nous testons les hypothèses des liens entre les variables de milieu et les traits fonctionnels à l'aide de tests de corrélations (Annexe 5). Nous enlevons des analyses la parcelle 11, trop particulière du point de vue de sa teneur en phosphore. Nous prenons une valeur de risque à 0,15. Les traits foliaires SLA, LNC et LPC étant fortement corrélés entres eux, nous ne testons pas la teneur en phosphore des feuilles.

Seule la hauteur végétative est corrélée à la fertilité du milieu ($p=0,14$). La surface spécifique foliaire est corrélée à l'indice phénologique ($p=0,11$) et à la date et l'intensité de perturbation, mesurée par la hauteur de la végétation ($p=0,13$).

Les espèces des milieux riches en azote présentent une hauteur végétative élevée. Les espèces des milieux favorables à une floraison tardive et perturbés précocement ont une surface spécifique foliaire élevée.

3.3.4. Les relations entre les traits et les variables de fonctionnement

Nous réalisons une analyse RLQ entre les tableaux relevés*espèces, espèces*traits et relevés*variables de fonctionnement. D'après le test de Monte-Carlo à 10000 permutations, la relations statistique entre R et Q est significative à $p=0,0021$ (Chessel et al., 1997).

Tableau 9 : résultat de l'analyse RLQ des tableaux de relevés, variables de fonctionnement et traits.

Analyses séparées							
	Inertie totale	Inertie projetée sur l'axe 1 de RLQ	%	Inertie projetée sur l'axe 2 de RLQ	%	Inertie projetée sur l'axe 3 de RLQ	%
R (ACP)	10.00	3.57	35.7	2.15	21.5	1.87	18.7
Q (ACP)	12.00	4.25	35.4	3.10	25.8	1.50	12.5
Analyse RLQ							
Inertie RLQ	5.79	4.24	73.2	1.31	22.6	0.20	3.5
R/RLQ		2.61	73.2	2.14	99.5	2.55	136.0
Q/RLQ		3.68	86.5	2.60	84.0	0.58	36.8

	Axe 1	Axe 2
VegHeight	0.40	-0.53
CaLength	0.37	-0.22
Rel.inflo.exp	-0.09	0.13
LeafL	-0.01	0.06
LeafArea	-0.02	-0.27
SLA	-0.32	-0.31
Tough	0.48	-0.09
LDMC	0.03	0.56
SDMC	0.23	0.11
LCC	-0.06	0.01
LNC	-0.37	-0.27
LPC	-0.40	-0.26

Tableau 10 : poids canoniques des variables « traits fonctionnels » sur les axes de la RLQ

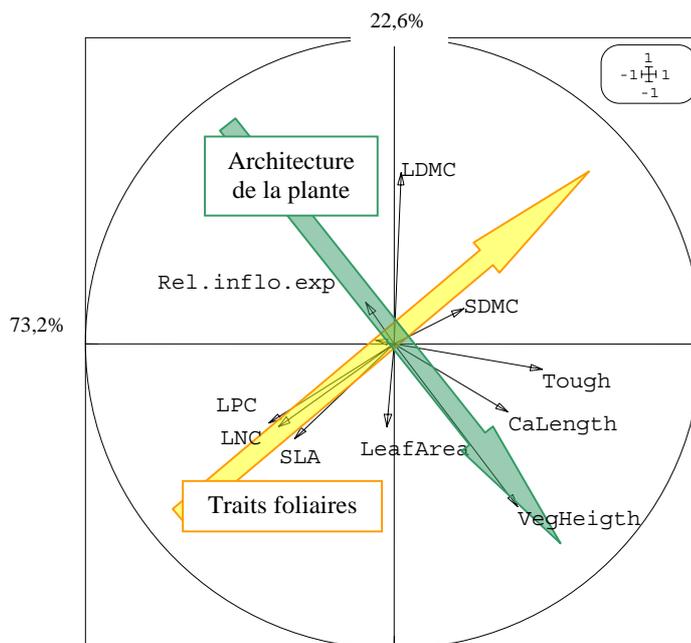


Figure 10 : projection des variables « traits fonctionnels » dans l'espace de co-inertie de la RLQ.

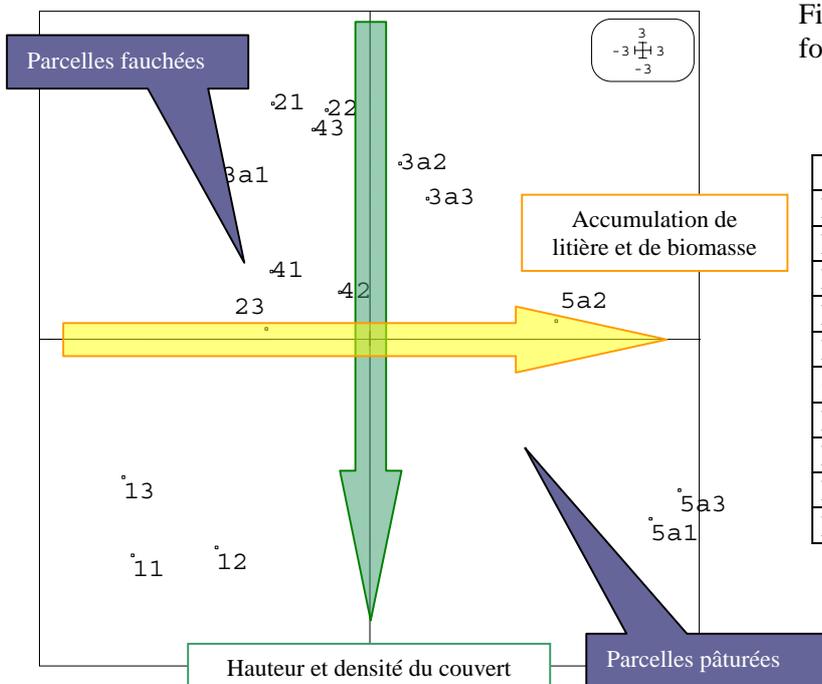


Figure 12 : projection des relevés dans l'espace de co-inertie formé par les axes 1 et 2 de l'analyse RLQ.

	Axe 1	Axe 2
Prod	0.16	-0.41
ProdSpe_debut	0.08	0.07
ProdSpe	0.10	0.09
BiomVert (%)	-0.37	-0.09
BiomTot	0.37	-0.13
QteLitiere	0.57	-0.15
ProdSpeLitiere	-0.34	-0.06
Perte_litiere	-0.44	-0.01
HautVegMax	0.01	-0.62
Interception	-0.21	-0.62

Tableau 11 : poids canoniques des variables de fonctionnement sur les axes de la RLQ.

L'inertie totale de l'analyse RLQ est 5,79. Les deux premiers axes extraient la majeure partie de la variabilité totale (95,8%). Les inerties des matrices R et Q sont relativement bien projetées sur les axes 1 et 2 de l'espace de co-inertie de la RLQ (Tableau 9).

L'axe 1 oppose des espèces avec fort développement végétatif (hauteur et étalement de la canopée) et une forte résistance à l'étirement à des espèces à fortes teneurs foliaires en azote et phosphore et une surface spécifique foliaire élevée (Tableau 10). L'axe 2 oppose des espèces à forte LMDC (0,56) à des espèces à forte stature (VegHeight à -0,53) et forte SLA (-0,31). Les traits sont organisés selon deux axes distincts : un axe d'architecture de la plante et un axe lié aux traits foliaires (Figure 10).

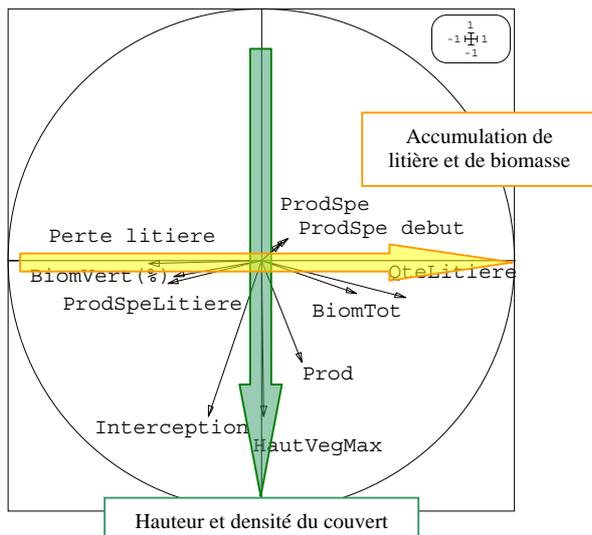


Figure 11 : projection des variables de fonctionnement dans l'espace de co-inertie

Les variables de fonctionnement montrant les plus fortes corrélations avec l'axe 1 de l'analyse RLQ (tableau 11) sont la quantité de litière accumulée en début de saison, la biomasse maximale sur pied (0,57 et 0,37), la perte de litière au cours de l'hiver et la part de biomasse verte dans la biomasse sur pied maximale (-0,44 et -0,37). Le premier axe est donc lié à l'évolution de la biomasse au cours de la saison. Il oppose ainsi des milieux accumulant de la biomasse, cette biomasse étant principalement composée de litière, à des milieux plus productifs, décomposant bien la litière et dont la majeure partie de la biomasse en place est constituée de matériel vivant, vert (Figure 11). La projection des relevés dans l'espace de co-inertie met en évidence une séparation nette entre les parcelles pâturées et

les parcelles fauchées selon cet axe (Figure 12). L'accumulation de la litière est donc corrélée aux pratiques agricoles actuelles. En effet, les parcelles pâturées sont celles qui présentent le plus d'accumulation de litière en début de saison. C'est également sur ces parcelles que l'on observe la plus grande production de biomasse aérienne.

La hauteur végétative maximale et l'interception maximale de lumière incidente par le couvert végétal sont corrélées négativement à l'axe 2 (-0,62). La densité du couvert est le rapport de l'interception du couvert sur sa hauteur. Donc, l'axe 2 différencie les milieux selon la hauteur et la densité de leur couvert végétal (Figure 11).

L'architecture des plantes est corrélée à l'accumulation de biomasse dans les parcelles. Les traits foliaires sont corrélés à la densité du couvert végétal.

Nous testons les hypothèses de corrélation entre les traits et les variables de fonctionnement par des régressions linéaires (Annexe 6).

La quantité de litière accumulée en début de saison et l'accumulation de biomasse sur la saison sont corrélées positivement à la hauteur végétative (p respectifs de 0,00 et 0,02) et la résistance à l'étirement des feuilles (p=0,00 et p=0,12). La part de biomasse verte dans la biomasse maximale, le taux de décomposition de la litière et sa productivité spécifique sont corrélés positivement à la teneur en phosphore des feuilles et la surface spécifique foliaire et négativement à la résistance des feuilles à l'étirement. L'accumulation de litière en début de saison est corrélée négativement à la SLA et à la LNC.

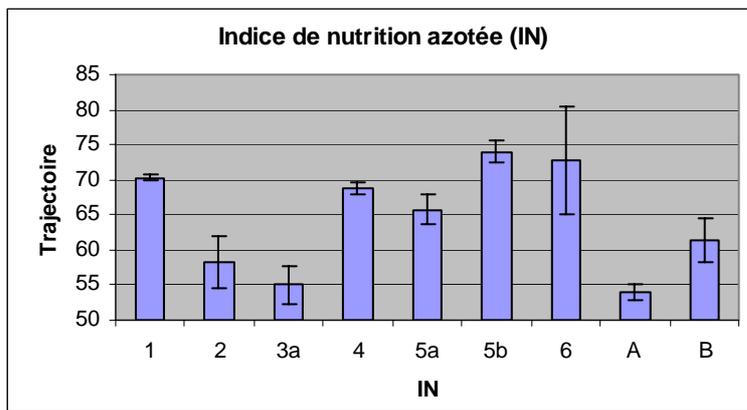


Figure 13 : valeurs moyennes des indices de nutrition azotée sur les trajectoires étudiées.

Tableau 12 : résultats des tests d'analyse de variance ou des modèles linéaires généralisés sur l'indice de nutrition azotée.

Facteurs testés	Valeur de F	p
<i>Fertilisation</i>	4,947	0,036
<i>Labour</i>	7,476	0,011
<i>Fauche</i>	0,047	0,830
<i>Labour*fauche</i>	0,294	0,593

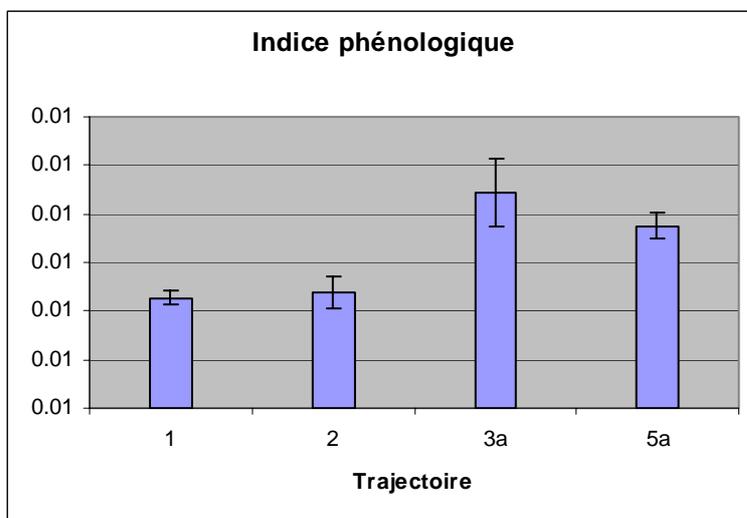


Figure 14 : valeurs moyennes des indices phénologiques sur les trajectoires

Tableau 13 : résultats des tests d'analyse de variance ou des modèles linéaires généralisés sur l'indice phénologique.

Facteurs testés	Valeur de F	p
<i>Fauche</i>	7,124	0,024
<i>Labour</i>	0,495	0,500
<i>Fauche en considérant le labour</i>	6,399	0,032

La hauteur végétative maximale et la productivité du couvert sont corrélées positivement à la hauteur végétative de la communauté ($p=0,03$) et négativement à la teneur en matière sèche des feuilles ($p=0,01$). L'interception de la lumière par le couvert végétal est essentiellement expliquée par les traits foliaires, c'est-à-dire les teneurs en matières sèches ($p=0,00$), en azote ($p=0,04$) et la surface spécifique foliaire ($p=0,04$)

L'accumulation de la matière est corrélée positivement à une hauteur végétative élevée et des feuilles résistantes à l'étirement et négativement aux traits foliaires (SLA et LNC). La densité et la productivité du couvert sont principalement corrélées aux traits foliaires.

3.3.5. La relation entre les trajectoires et les variables de milieu

Les deux axes de différenciation de l'analyse RLQ entre les variables de milieu et les traits sont un axe lié à l'indice phénologique et un axe lié à la disponibilité en azote. Des analyses de variances sur ces variables permettent de voir s'il existe une corrélation entre ces variables et les trajectoires d'utilisation des terres.

3.3.5.1. *Analyse de variance de l'indice de nutrition azotée*

Les indices de nutrition azotée des trajectoires 1, 4, 5a, 5b et 6 sont très supérieurs à ceux des autres trajectoires (Figure 13). Il semblerait donc que l'indice de nutrition azotée soit différent selon que les parcelles aient été anciennement labourées ou non. Nous testons cette hypothèse par un test d'analyse de variance à un facteur. La différence de l'indice de nutrition azotée des parcelles anciennement labourées et de celles situées sur les anciens prés de fauche est statistiquement significative à $p=0,011$ (tableau 12). Les anciens prés de fauche ont un plus fort indice de nutrition azotée que les anciens labours.

Nous testons si les pratiques actuelles (fauche/pâturage) ont un effet significatif sur l'indice azoté, ce sachant les pratiques anciennes (labour/ancien pré de fauche).

Les résultats du modèle linéaire généralisé univarié montrent que l'indice de nutrition azoté des prairies ne diffère pas selon les pratiques actuelles (fauche/pâturage), et ce même en tenant compte des pratiques anciennes ($p=0,830$). Par contre, la fertilisation anthropique entraîne bien une augmentation significative de l'azote ($p=0,036$).

L'indice de nutrition azotée est plus élevé dans les anciens prés de fauche d'altitude et il augmente avec la fertilisation du milieu.

3.3.5.2. *Analyse de variance de l'indicateur phénologique*

La représentation graphique de l'indice phénologique moyen des différentes trajectoires semble montrer que l'indice phénologique des trajectoires pâturées (3a et 5a) est supérieur à celui des parcelles fauchées (Figure 14). Nous testons cette hypothèse par une ANOVA et un modèle linéaire généralisé. La probabilité critique s'élève à 0,024 (Tableau 13). L'indice phénologique est significativement plus élevé dans les parcelles pâturées que dans les parcelles fauchées. Par ailleurs, il n'y a pas d'effet des pratiques anciennes.

L'indice phénologique est corrélé aux pratiques actuelles. La floraison est plus rapide dans les parcelles pâturées que dans les parcelles fauchées

3.4. Discussion

3.4.1. La réponse floristique de la végétation

La discrétisation des parcelles anciennement labourées et des anciens prés de fauche d'altitude montre que le labour a modifié la composition floristique des prairies. Il en résulte même, aujourd'hui, deux types d'habitats différents.

Cependant, le positionnement des anciens labours abandonnés depuis plus longtemps montre un gradient continu de la composition. Il semble donc qu'après l'abandon du labour, la composition floristique des parcelles évolue de nouveau et tend à se rapprocher de la composition floristique des anciens prés de fauche d'altitude. L'étude botanique de la végétation ne dissocie pas les trajectoires selon les pratiques agricoles actuelles (fauche vs. Pâturage). Cela corrobore l'idée selon laquelle la réponse floristique de la végétation est peut-être trop lente pour pouvoir évaluer les conséquences du changement d'utilisation des terres sur un pas de temps relativement court (Diaz et al., 1999 *in* Landsberg et al., 1999). Il est regrettable que nous n'ayons pas les dates de transitions entre les différentes pratiques sur les parcelles. En effet, nous aurions alors pu évaluer le temps de réponse de la composition floristique aux changements de pratiques agricoles et estimer alors le nombre d'années dans lequel il sera possible de voir l'effet des pratiques actuelles, donc de la conversion au pâturage ou de l'abandon des parcelles par exemple. Cependant, nous savons que les premiers labours ont été abandonnés dans la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle. Les parcelles des trajectoires A et B étant les parcelles les plus éloignées du village de Villar d'Arène, nous pouvons penser qu'elles ont été les premières à ne plus être labourées, il y a environ 150 ans. La composition botanique de ces parcelles évolue encore actuellement puisque, si elles ne présentent plus la composition floristique typique des anciens labours, elles ne présentent pas encore celle des anciens prés de fauche d'altitude, si c'est ce vers quoi elles convergent. Le projet VISTA ayant une vision à 50 années, il est, *a priori*, justifié de ne pas se fier à la composition botanique des milieux pour évaluer la vulnérabilité des paysages aux changements des pratiques agricoles.

3.4.2. Le fonctionnement de l'écosystème prairial peut être relié au milieu via les traits fonctionnels végétaux

Les traits fonctionnels de réponse des espèces aux variables du milieu témoignent des stratégies adaptatives de ces espèces au milieu (Lavorel et al., 1997 ; Weiher et al., 1999 ; Cornelissen et al., 2003 ; Eviner et Chapin, 2003). Dans les milieux étudiés à Villar d'Arène, les espèces s'organisent selon deux axes stratégiques. Le premier axe est lié à la teneur en azote et la surface spécifique des feuilles (LNC et SLA), traits spécifiques des espèces à stratégie d'acquisition de ressources, par opposition aux espèces stress-tolérantes qui développent une stratégie de conservation des ressources (Grime, 1977 ; Cunningham et al., 1999 ; Weiher et al., 1999 ; Shippers et Olff, 2000 ; Cornelissen et al., 2003). Par ailleurs, les traits morphologiques sont souvent le résultat d'une stratégie compétitrice (Grime, 1977). La hauteur végétative, trait morphologique corrélé au deuxième axe, pourrait donc exprimer la stratégie compétitrice des espèces pour la ressource lumineuse (Weiher et al., 1999 ; Shippers et Olff, 2000 ; Cornelissen et al., 2003).

Le gradient de l'indice phénologique discrimine les espèces sur leur stratégie d'acquisition ou de conservation des ressources. Les espèces ayant de faibles valeurs de SLA et LNC étant des espèces stress-tolérantes, l'indice phénologique, basé sur la rapidité de floraison du Dactyle pourrait donc être un indice de stress. Il a été montré que chez certaines espèces comme la luzerne ou les arbres fruitiers, un stress hydrique favorise la mise à fleur

(Soltner, 1981), il serait intéressant d'étudier le gradient hydrique sur les parcelles (donnée que nous n'avons pas à l'heure de la rédaction de ce rapport) afin d'étudier la corrélation entre indice phénologique et ressource hydrique. Le fait que cet axe des stress discrimine les parcelles selon les pratiques actuelles (fauche vs. Pâturage) laisse penser que le facteur pente n'est pas anodin. En effet, à Villar d'Arène, les parcelles les plus pentues, sur lesquelles la pratique de la fauche est impossible, sont laissées en pâture. Le stress pourrait être corrélé à ce facteur pente. Il apparaît donc que les parcelles fauchées, peu pentues, présentent un stress (hydrique ?) limité, ce qui favorise des espèces à stratégies d'acquisition de ressource et inversement pour les parcelles pâturées.

Les milieux étudiés sont organisés selon un gradient de stress et un gradient de compétition pour la lumière. Les stratégies des espèces sont axées sur le recyclage des nutriments (acquisition ou conservation des ressources) et la compétition pour la lumière.

Bien que le nombre, l'abondance relative et l'identité des espèces d'une communauté influencent potentiellement les processus écosystémiques, Garnier et al., (2004) insistent sur le fait que le fonctionnement instantané des écosystèmes est déterminé, pour une grande part, par les valeurs de traits des espèces dominantes. En effet, ces traits influencent les processus physiologiques à l'échelle de l'espèce, processus déterminant eux-mêmes le fonctionnement du couvert végétal. Dans les milieux étudiés sur le site, nous avons montré que la présence d'espèces à forte hauteur végétative, espèces répondant à la disponibilité en azote du milieu et donc à la fertilisation (Soltner, 1978) est corrélée à la forte hauteur de la végétation prairiale. Par ailleurs, la présence d'espèces ayant de fortes valeurs de SLA et de LNC est corrélée à une décomposition de la litière végétale importante. Cela est cohérent en ce sens où ces traits sont associés à une stratégie d'acquisition de ressource et donc de recyclage rapide des nutriments (Eviner et Chapin, 2003 ; Lavorel et al., 2004 ; Garnier et al., 2004).

D'après nos résultats, les espèces des milieux stressés riches en azote, c'est-à-dire pâturés, sont de grande taille et présentent des feuilles à faible LNC et SLA, résistantes à l'étirement. La résistance à l'étirement est un indicateur de l'investissement de carbone dans la protection des tissus photosynthétiques de la plante. Une forte résistance à l'étirement traduit donc une meilleure protection des tissus contre les dommages biotiques ou abiotiques et donc une plus faible rapidité de décomposition de la matière (Cornelissen et al., 2003). Ceci explique donc que la résistance à l'étirement des feuilles soit corrélée positivement avec l'accumulation de litière en début de saison et l'accumulation de la biomasse sur la saison. La résistance à l'étirement étant corrélée négativement avec la part de biomasse verte, la biomasse totale corrélée avec ce trait est principalement composée de biomasse sénescence, ce qui est en accord avec le fait que les feuilles aient de faibles valeurs de SLA et de LNC. En effet, la plante adopte une stratégie de conservation plutôt que d'acquisition des nutriments. Les parcelles actuellement pâturées étaient fauchées avant. La conversion de la fauche au pâturage entraîne donc une augmentation de l'accumulation de litière et de biomasse sénescence dans la parcelle.

Les espèces des milieux peu stressés avec une faible disponibilité en azote, c'est-à-dire les parcelles fauchées qui ne sont plus fertilisées actuellement, abritent des espèces à fortes valeurs de SLA et LNC et faible hauteur végétative. Ces traits sont caractéristiques d'une stratégie de recyclage rapide des nutriments et de tolérance à l'ombre. Au niveau écosystémiques, ces traits contribuent donc à un recyclage rapide de la matière, donc une faible accumulation de biomasse. Par ailleurs, de fortes valeurs de SLA et LNC sont corrélées à une forte interception de la lumière par la feuille. Ces espèces étant de faible stature, la densité du couvert est très importante (la densité est le rapport de l'interception de la lumière sur la hauteur du couvert végétal) et la productivité faible. Donc l'arrêt de la fertilisation sur

les parcelles fauchées entraîne un abaissement général de la hauteur du couvert et de sa productivité. En effet, le couvert végétal de ces parcelles est relativement ras et dense, peu productif et il n'y a pas d'accumulation de matière du fait d'un recyclage rapide des nutriments. Ceci correspond tout à fait à ce que nous avons pu observer sur le terrain.

Les espèces de milieux peu stressés et riches en azote, c'est-à-dire fauchés et fertilisés, sont caractérisées par de fortes valeurs de SLA et LNC et une grande taille. Au niveau du fonctionnement écosystémiques, ces traits sont corrélés à une décomposition rapide de la litière d'une part, et avec de fortes densité et productivité du couvert prairial. Là encore, les résultats sont cohérents et en accord avec la littérature. En effet les fortes valeurs de SLA et LNC sont associées, au niveau écosystémique, à une production rapide et importante de biomasse aérienne (Garnier et Laurent, 2001a). Il est donc normal que ces milieux peu stressés et riches en azote présentent une productivité et une densité importantes étant donné qu'elles abritent de grandes espèces produisant beaucoup de biomasse et recyclant très vite la matière. Cependant les parcelles de la trajectoire 5a sont dominées par des espèces à forte productivité malgré de faibles valeurs de SLA et LNC. Il existerait donc sur ces parcelles des espèces ne répondant pas au schéma attendu sur la relation entre les traits et les processus écosystémiques.

Sur le site d'étude, la mise en relation du milieu avec les traits de réponse et des traits d'effet avec le fonctionnement apporte des résultats généralement cohérents quant à la relation entre le milieu et les processus écosystémiques. Les traits fonctionnels répondent très rapidement aux changements d'utilisation des terres. Il est donc a priori possible de relier la trajectoire d'utilisation des terres au fonctionnement écosystémique du couvert.

3.4.3. Le cas particulier de *Festuca paniculata*

La mise en relation des variables de milieu et des variables de fonctionnement par les traits fonctionnels végétaux des espèces nécessite que les traits de réponse au milieu et les traits d'effet sur le fonctionnement soient les mêmes (Lavorel et Garnier, 2002).

Les parcelles de la trajectoire 5a sont caractérisées par une dominance d'espèces présentant un développement végétatif important et des feuilles résistantes à l'étirement. Effectivement l'espèce largement dominante de ces parcelles est la fétuque paniculée, *Festuca paniculata*. Cette espèce présente une teneur foliaire en matière sèche et une hauteur végétative parmi les cinq valeurs les plus fortes. Elle présente également les plus fortes valeurs de résistance à l'étirement, ce qui explique que les parcelles de la trajectoire 5a présentent les accumulations de biomasse et de litière les plus importantes de toutes les parcelles étudiées.

Les études sur les traits indiquent que le taux de croissance relative des espèces (relative growth rate – RGR) et le taux de photosynthèse instantanés sont directement corrélés à leur surface spécifique foliaire. En effet, une forte SLA autorise un taux photosynthétique élevé qui se répercute dans une croissance relative importante (Reich et al., 1997 in Garnier et al., 2004; Weiher et al., 1999 ; Cornelissen et al., 2003). Par ailleurs, la croissance relative d'une espèce étant corrélée à la production spécifique de biomasse aérienne de l'espèce (Shippers et Olf, 2000 ; Garnier et Laurent, 2001), la productivité de la communauté est corrélée aux RGR des espèces dominantes.

La fétuque paniculée présente les valeurs de SLA parmi les plus faibles de l'ensemble des populations étudiées. Les parcelles dominées par *Festuca paniculata* devraient donc avoir une productivité très faible due à un faible taux d'accroissement relatif (RGR) de la fétuque. Or, nous observons que les parcelles des trajectoires 5a sont les plus productives. Cette espèce présente donc un RGR élevé malgré une SLA très faible, ce qui laisserait supposer que la

croissance relative de *Festuca paniculata* à un moment donné n'est pas le seul fait de la photosynthèse. Les observations de terrain mènent à penser que cette espèce puise dans ses réserves souterraines pour se développer. En effet, nous avons vu les premières pousses de *Festuca paniculata* traverser la couche de neige qui recouvrait encore les parcelles le 25 avril 2004. Par ailleurs, les racines de cette espèce sont particulièrement développées, ce qui corrobore l'hypothèse d'un stockage des réserves dans ces organes et d'une réallocation des nutriments des organes souterrains vers les organes aériens au début de la saison de végétation. Une étude de la physiologie de *Festuca paniculata* et notamment de sa partie souterraine serait donc très intéressante pour comprendre plus en détails le fonctionnement de l'écosystème des anciens prés de fauche d'altitude aujourd'hui pâturés de Villar d'Arène.

Cette discussion permet d'émettre quelques limites sur la méthode employée en ce sens où la physiologie d'une seule espèce dominante d'un écosystème peut contribuer à elle seule au fonctionnement de l'écosystème. De plus, l'exemple de *Festuca paniculata* montre qu'il peut être dangereux d'utiliser les traits comme indicateurs du fonctionnement d'un écosystème sans connaître la physiologie des espèces dominant la communauté.

Dans l'ensemble, le fonctionnement de l'écosystème prairial peut être relié au milieu et à l'histoire des pratiques via les traits fonctionnels végétaux. Ainsi, les milieux peu pentus, fauchés, abritent des espèces présentant des traits foliaires caractéristiques d'une stratégie d'acquisition des ressources et de recyclage rapide des nutriments (SLA et LNC élevées). Ces traits sont corrélés à une forte décomposition de la litière et une productivité importante. La productivité diminue cependant lorsque la fertilisation n'est plus pratiquée. Ces milieux ne présentent pas d'accumulation de litière, contrairement aux parcelles pâturées (milieu pentu et fortement stressé).

Toutefois, les parcelles de la trajectoire 5a, pâturées, qui abritent des espèces présentant les traits caractéristiques d'un recyclage lent des nutriments (SLA et LNC faibles) et d'une accumulation de litière (résistance à l'étirement), sont les plus productives.

***Festuca paniculata*, du fait d'une physiologie particulière serait responsable de cette inadéquation entre les résultats obtenus sur la relation milieu-fonctionnement sur cette trajectoire du site d'étude et le modèle théorique de la relation entre le milieu, les traits fonctionnels végétaux et le fonctionnement du couvert végétal tel qu'il est prédit par la bibliographie. Cet exemple montre qu'il faut rester vigilants sur la mise en relation des traits avec le milieu ou le fonctionnement des écosystèmes. Ainsi, utiliser les traits fonctionnels végétaux pour prédire l'évolution de l'écosystème ne doit se faire qu'avec prudence, notamment lorsque la physiologie des espèces dominantes est mal connue.**

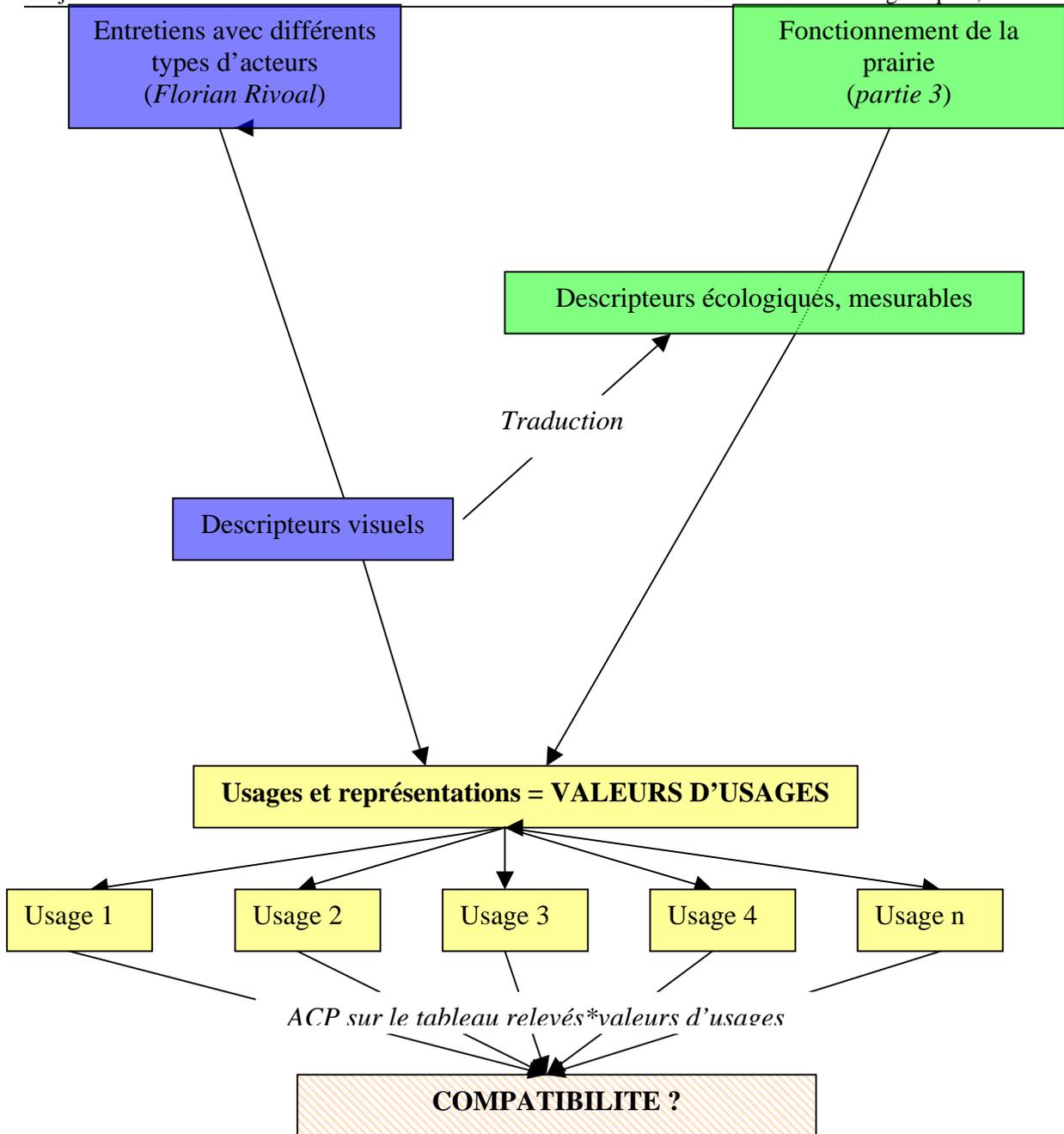


Figure 15 : schématisation de la méthodologie employée pour étudier la contribution du fonctionnement aux valeurs d'usage des prairies.

4. La contribution du fonctionnement aux valeurs d'usage des prairies

4.1. Introduction

Les usages des prairies sont influencés par leur fonctionnement écologique. Dans cette partie, nous allons dans un premier temps, caractériser les différents usages et représentations des prairies. C'est ce que nous appelons leur valeur d'usage. Ensuite, nous allons étudier les corrélations entre ces valeurs et le fonctionnement des prairies tel qu'il a été étudié dans ce rapport. Cette étude passe par l'intermédiaire de descripteurs d'usage. Nous appelons descripteur d'usage les attributs du couvert végétal dont se servent les groupes d'acteurs pour donner une valeur à une prairie. Ces descripteurs, empiriques, doivent donc être mis en relation avec des descripteurs écologiques, c'est-à-dire des éléments caractérisant l'environnement mais n'ayant pas d'effet physiologique direct sur les êtres vivants (Fleury, 1994). Ce sont ces descripteurs écologiques que nous mettrons en relation avec les différentes valeurs. Enfin, dans le contexte actuel de multi-fonctionnalité, nous étudierons les compatibilités entre les différentes valeurs sur les prairies de l'adret de Villar d'Arène (Figure 15).

4.2. Matériel et méthodes

4.2.1. Détermination des valeurs d'usage des prairies

Des entretiens auprès de différents groupes d'acteurs ont été menées entre mai et juillet 2004 par Florian Rivoal, stagiaire de fin d'étude de l'Institut National d'Horticulture d'Angers. Les groupes d'acteurs identifiés sont présentés en annexe 7.

Des valeurs d'usage des prairies ont été identifiées par Florian Rivoal à la suite de ses entretiens (Annexe 7). Ces valeurs d'usage sont l'association des usages et représentations qu'ont les personnes interrogées de ces prairies. Les valeurs peuvent donc être les usages même des prairies dans le contexte local (valeur agricole, valeur thérapeutique et culinaire, valeur éducative, valeur écologique), mais la valeur de la prairie peut également être plus spirituelle, comme par exemple la valeur pour les générations futures, la valeur historique et culturelle ou encore la valeur esthétique.

4.2.2. Détermination de descripteurs d'usage

A l'issu de ces entretiens, nous avons pu identifier différents descripteurs d'usage liés aux valeurs d'usage des prairies. La mise en relation de ces descripteurs d'usage avec des descripteurs écologiques s'est révélée assez immédiate. Le tableau 14 détaille les descripteurs d'usages issus des entretiens et leur mise en relation avec des descripteurs écologiques mesurables dans les parcelles à partir des données recueillies au cours des saisons 2003 et 2004.

Descripteurs issus des entretiens	Descripteurs écologiques
Espèces (citation d'espèces particulières)	Abondance de l'espèce
Hauteur de la végétation	Mesure de la hauteur de végétation
Productivité	Mesure de productivité (quantité de biomasse), densité du couvert
Diversité floristique	Relevés floristiques, indices de diversité
Espèces patrimoniales	Création d'un indice de valeur patrimoniale
Diversité des couleurs	Création d'un indice de floraison

Tableau 14 : Descripteurs d'usages recueillis au cours des entretiens et descripteurs écologiques mesurables correspondants.

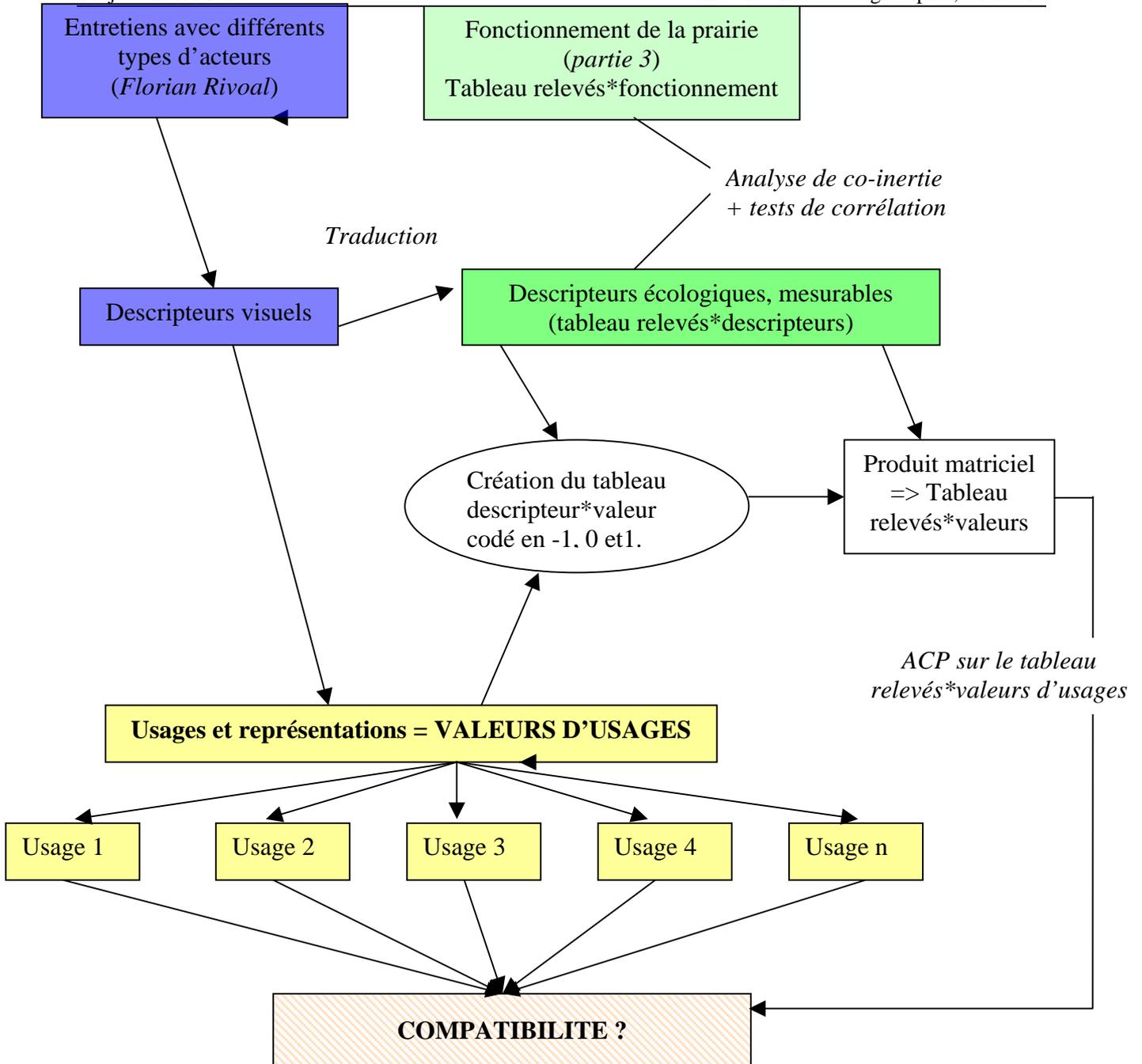


Figure 16 : bilan des analyses statistiques employées pour étudier la contribution du fonctionnement aux valeurs d'usage des prairies.

	Valeur agronomique	Valeur écologique	Valeur esthétique	Valeur thérapeutique et culinaire	Valeur éducative	Valeur faune/habitat
Densite	1	0	0	0	0	1
Simpson.inv.	0	1	1	0	1	0
%Gram	-1	-1	0	0	0	0
%Leg	1	0	0	0	0	0
%Ros.	0	1	0	0	0	0
Prod	1	0	0	0	0	0
HautVegMax	1	0	0	0	0	1
IndPatri	0	1	1	1	1	0
NbMoyFleurs	1	1	1	1	1	0

Tableau 15 : Matrice des corrélations entre les descripteurs et les valeurs d'usages

4.2.2.1. Descripteurs basés sur les relevés linéaires

Le nombre total de contact avec l'aiguille dans une parcelle donne la valeur du descripteur *densité*. A partir des résultats des relevés floristiques, nous avons calculé la part, pour chacune des trente parcelles, des légumineuses, graminées, plantes en rosettes et autres dicotylédones dans la communauté végétale.

Nous utilisons l'indice de diversité inversé de Simpson. Cet indice varie entre 0 et 1 (pour une diversité maximale). Il correspond à la probabilité inverse que deux individus tirés au hasard appartiennent à la même espèce.

$$L = 1 - \sum_{i=1}^N \frac{Ni * (Ni - 1)}{N * (N - 1)}$$

4.2.2.2. Elaboration d'un indice de valeur patrimoniale

Cet indice a été élaboré sur la base conjointe des entretiens et de la bibliographie. Les entretiens nous ont permis d'identifier les espèces que les acteurs apprécient particulièrement. Nous considérons ces espèces comme patrimoniales au sens où elles jouent un rôle particulier dans la perception du territoire. Par ailleurs, pour le Parc National des Ecrins, patrimonial signifie bénéficiant d'une protection ou réglementation quelconque. Nous avons donc recherché dans la liste d'espèces, toutes les espèces bénéficiant d'une protection à quelque niveau que ce soit (Chas, 1994 ; Danton et Baffroy, 1995 ; Olivier et al., 1995). Nous avons donc pu établir une liste d'espèces considérées comme patrimoniales (Annexe 8)

Nous avons attribué des points à chaque espèce selon le nombre de fois où elle avait été citée dans les entretiens et selon qu'elle bénéficie ou non d'une protection. Cela nous permet de donner une « note patrimoniale » à chaque espèce (Annexe 8)

Entre le début du mois de mai et le 15 juillet 2004, nous avons relevé, toutes les semaines, les espèces en fleurs sur les parcelles. Les relevés floristique et suivis des floraisons effectués sur la saison nous ont permis de noter la présence ou non de ces espèces sur les différentes parcelles. La note patrimoniale de la parcelle est la somme des notes patrimoniales des espèces repérées au minimum une fois sur la parcelle.

4.2.2.3. Elaboration d'un indice de floraison

Les gens semblent attachés à la diversité des couleurs. A partir des suivis de floraison effectués au long de la saison, nous avons pu compter le nombre d'espèces différentes en fleurs dans chaque parcelle à chaque date. Il aurait été trop laborieux de compter le nombre de couleurs présentes à chaque date sur chaque parcelle, d'autant plus que les couleurs sont extrêmement variées. Nous avons donc décidé de considérer que la diversité des couleurs peut être corrélée à la diversité des espèces en fleurs.

4.2.3. Analyses statistiques

Les différentes étapes et analyses statistiques sont schématisées sur la figure 16.

4.2.3.1. Analyse de co-inertie

L'analyse de la corrélation entre le fonctionnement de la prairie et les descripteurs d'usage est réalisée grâce à une analyse de co-inertie sous ADE-4. En effet, nous disposons de deux tableaux portant sur les mêmes relevés et contenant des variables (colonnes) de nature différentes. Or l'analyse de co-inertie est une méthode de couplage de tableaux qui maximise la covariance entre les coordonnées des projections des lignes de chacun des tableaux, respectivement dans l'espace des colonnes du premier tableau et dans celui des colonnes du deuxième tableau. Ainsi, conformément à la définition d'une covariance, l'analyse de co-inertie conduit à l'optimisation du produit de la corrélation et des variances, elle apporte donc

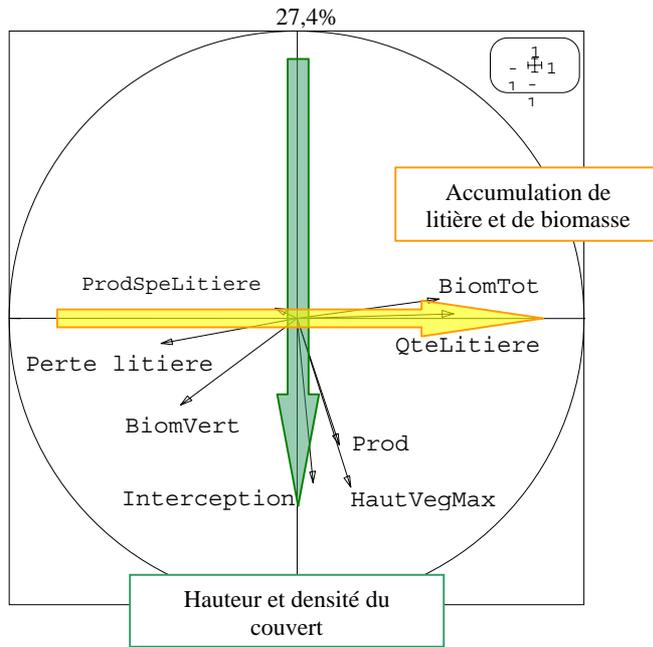


Tableau 16 : poids canoniques des variables de fonctionnement sur les deux premiers axes de l'analyse de co-inertie

56,8%

	Axe 1	Axe 2
Prod	0.15	-0.44
ProdSpe_debut	-0.07	-0.12
ProdSpe	-0.02	-0.06
BiomTot	0.50	0.06
BiomVert (%)	-0.40	-0.30
HautVegMax	0.19	-0.59
QteLitiere	0.55	0.02
ProdSpeLitiere	-0.08	0.04
Interception	0.06	-0.57
Perte_litiere	-0.47	-0.09

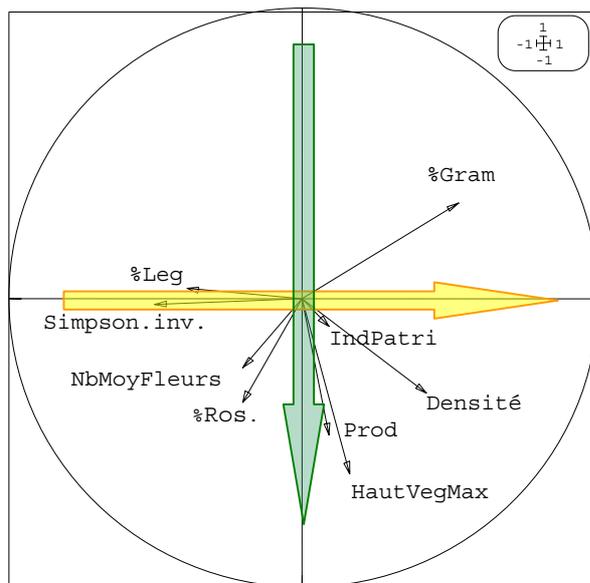


Figure 17 : projection des variables de fonctionnement dans l'espace de co-inertie formé par les deux premiers axes de l'analyse.

Accumulation de litière et de biomasse

Figure 18 : projection des descripteurs dans l'espace de co-inertie

Corrélations	n=15	Densité	Simpson inv.	%Gram	%Leg	IndPatri
BiomTot		0.52	-0.73	0.76	-0.46	0.27
	Sig.	0.04	0.00	0.00	0.08	0.34
BiomVert(%)		-0.33	0.48	-0.75	0.58	0.04
	Sig.	0.23	0.07	0.00	0.02	0.89
Perte_Litiere		-0.55	0.64	-0.78	0.40	-0.32
	Sig.	0.04	0.01	0.00	0.14	0.24
Qte_Litiere		0.61	-0.77	0.81	-0.66	-0.04
	Sig.	0.02	0.00	0.00	0.01	0.89

Tableau 17 : résultat des tests de corrélation de Pearson entre les variables liées à l'accumulation de litière et de biomasse et les descripteurs

Tableau 18 : résultats de tests de corrélation sur les variables liées à la densité et la productivité du couvert.

Corrélations	n=15	Densité	Simpson inv.	%Ros	NbMoy Fleurs	HautVeg Max	Prod
Interception		0.49	0.02	0.43	0.24	0.80	0.30
	Sig.	0.06	0.95	0.11	0.39	0.00	0.27
HautVegMax		0.63	-0.13	0.36	0.21	1.00	0.25
	Sig.	0.01	0.63	0.19	0.46	.	0.37
Prod		0.35	-0.39	0.16	0.07	0.25	1.00
	Sig.	0.20	0.15	0.57	0.80	0.37	.

une information plus riche que l'analyse canonique (Blanc, 1992). L'analyse de co-inertie est réalisée sur le jeu de données des parcelles 2003, plus complet.

4.2.3.2. *Test de corrélation de Pearson*

Les corrélations entre les variables de fonctionnement et les descripteurs d'usage présumées à partir de l'analyse de co-inertie sont testées par des tests de corrélation de Pearson, sous le logiciel SPSS 11.0, prenant en compte le jeu de données des parcelles 2003.

4.2.3.3. *Construction d'un tableau liant les relevés aux valeurs d'usages*

A la suite des entretiens, nous avons construit un tableau descripteurs*valeur d'usage. Ce tableau est codé en 1, -1 ou 0 selon que le descripteur favorise la valeur d'usage, lui est néfaste ou neutre (Tableau 15). Un produit matriciel entre le tableau relevés*descripteurs et descripteurs*valeurs d'usage permet de construire un tableau relevés*valeurs d'usage. Disposant des descripteurs sur l'ensemble des parcelles 2003 et 2004, nous obtenons un tableau complet sur les parcelles des trajectoires choisies en 2003 et 2004.

4.2.3.4. *Analyse en composantes principales*

Nous réaliserons une Analyse en Composantes Principales (ACP) sous ADE-4 sur le tableau relevés*valeurs d'usages afin d'étudier les compatibilités ou incompatibilités entre les différentes valeurs d'usages étudiées.

4.3. Résultats

4.3.1. Corrélations entre descripteurs écologiques et fonctionnement de l'écosystème

La superposition des deux tableaux de l'analyse de co-inertie permet de mettre en évidence quelques tendances fortes entre fonctionnement du couvert et descripteurs écologiques.

Comme dans l'analyse RLQ réalisée précédemment, les variables de fonctionnement s'organisent selon deux axes. L'axe 1 est lié à l'accumulation de litière et de biomasse, et l'axe 2 est un axe lié à la hauteur du couvert (Figure 17). L'accumulation de litière et de biomasse semble corrélée positivement au pourcentage de graminées dans la parcelle, ainsi qu'à la densité du couvert (Figure 18). En revanche, elle paraît corrélée négativement au pourcentage de légumineuses et l'indice de Simpson inverse.

La hauteur végétative et la productivité de la parcelle sont liées à la hauteur du couvert. Nous l'avons déjà montré dans la partie 3. Dans une moindre mesure, le nombre moyen d'espèces en fleurs sur la saison et le pourcentage de plantes en rosette dans la parcelle sont également corrélés à cet axe (Tableau 16)..

Nous testons ces hypothèses par un test de corrélation de Pearson. Les parts de graminées et de légumineuses dans la communauté végétale, la densité du couvert et l'indice inverse de Simpson sont fortement corrélés à la dynamique de la litière végétale des milieux (Tableau 17). Ainsi, les milieux à forte accumulation de litière et de biomasse présentent un couvert plus dense et plus riche en graminées que des milieux à forte décomposition de litière et ayant une part plus importante de biomasse vivante, verte. Ces milieux sont riches en légumineuses et en biodiversité. L'indice de valeur patrimoniale n'est pas corrélé aux variables d'accumulation de litière et de biomasse.

Le pourcentage de plantes en rosette, la densité du couvert ainsi que la hauteur végétative de la communauté sont corrélés à l'interception de la lumière incidente par le couvert (Tableau 18). La productivité est corrélée négativement à l'indice de diversité ($p=0,15$).

Matrice des corrélations de l'ACP

```
[ 1] 1000
[ 2] -239 1000
[ 3] 52 500 1000
[ 4] 57 490 1000 1000
[ 5] 52 500 1000 1000 1000
[ 6] 993 -347 -23 -17 -23 1000
```

```
1 Val.Agro
2 Val.Ecolo
3 Val.Esthé
4 Val.Thérap&Culi
5 Val.Educat
6 Val.Faune/habitat
```

Figure 19 : projection des valeurs d'usages dans l'espace d'inertie de l'ACP

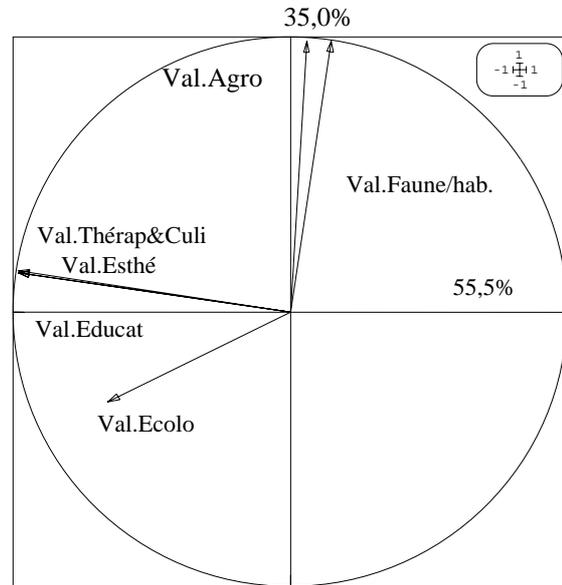


Tableau 19 : poids canoniques des valeurs d'usages sur les axes 1 et 2 de l'ACP.

	Axe 1	Axe 2
Val.Agro	0.06	0.98
Val.Ecolo	-0.65	-0.33
Val.Esthé	-0.98	0.14
Val.Thérap&Culi	-0.98	0.15
Val.Educat	-0.98	0.14
Val.Faune/habitat	0.15	0.98

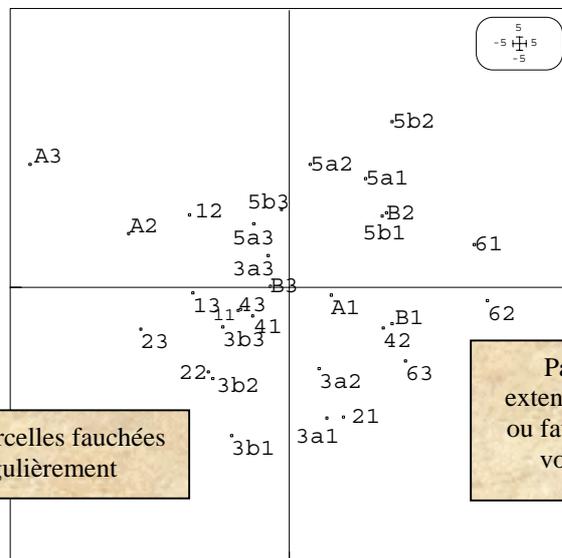


Figure 19 : projection des relevés dans l'espace de l'ACP

Tableau 20 : Résultats de l'analyse de variance à un facteur (fauche).

Valeurs	F	Sig.
Valeur agronomique	.161	.852
Valeur écologique	16.442	.000
Valeur esthétique	8.054	.002
Valeur thérapeutique	7.796	.002
Valeur éducative	8.054	.002
Valeur Faune/habitat	.343	.713

4.3.2. Corrélations entre trajectoires d'utilisation et valeurs d'usage.

La part d'inertie totale projetée sur l'axe 1 de l'Analyse en Composantes Principales est de 55,5%. Cette part est de 35% sur l'axe 2. Les deux premiers axes extraient donc la majeure partie de l'inertie totale.

La matrice des corrélations indique que les valeurs esthétique, éducative et thérapeutique et culinaires sont complètement corrélées entre elles. De plus, elles sont fortement corrélées à l'axe 1 (-0,98), de même que la valeur écologique (-0,65). Les valeurs agronomique et faune/habitats sont très fortement corrélées à l'axe 2 (0,98) (Tableau 19 et Figure 19).

L'ANOVA sous SPSS permet de confirmer les tendances (Tableau 20). Les parcelles fauchées présentent une plus grande valeur écologique, éducative, esthétique et thérapeutique et culinaire que les parcelles pâturées ($p < 0,05$). Il semble donc que l'intensité de la perturbation soit corrélée à ces valeurs. Effectivement, le test de régression linéaire entre la valeur écologique et l'intensité de la perturbation mesurée par la hauteur de la végétation, réalisé sous SPSS, donne une corrélation significative à $p = 0,039$.

La valeur agronomique et la valeur faune/habitat ne sont pas significativement corrélées à la trajectoire d'utilisation des terres.

4.4. Discussion

4.4.1. L'extensification des pratiques agricoles induit une perte de biodiversité

Sur le site d'étude, la pratique de la fauche, de part ses conséquences sur le fonctionnement de l'écosystème et notamment sur la vitesse de décomposition de la litière, augmente la diversité floristique et la part de légumineuses dans les communautés végétales. Ces conclusions sont en conformité avec les constatations de Fischer et Wipf (2002) sur les prairies suisses subalpines gérées de façon similaire à celles de Villar d'Arène. En revanche, la fertilisation anthropique, en augmentant la disponibilité en azote du sol, favorise la productivité du couvert. Productivité et indice inverse de Simpson étant corrélés négativement, la fertilisation tend à faire diminuer la diversité végétale. Cette conclusion est également en accord avec celle de Fischer et Wipf (2002). En effet, dans les prairies subalpines suisses, la fertilisation augmente la production de biomasse, notamment les parts de graminées et légumineuses, et donc diminue la diversité.

Ainsi, une utilisation extensive des prairies (pâturage), en augmentant l'accumulation de litière et de biomasse et en limitant la productivité des prairies, entraîne une augmentation de la proportion de graminées de la communauté et une baisse de la diversité floristique. Fischer et Wipf (2002) expliquent la diminution de la diversité par la forte capacité de régénération des graminées par rapport aux autres familles. A l'inverse, l'intensification des pratiques (fauche), en favorisant l'élévation de la hauteur du couvert d'une part et en limitant l'accumulation de biomasse et la productivité d'autre part, conduit à une diminution de la part des graminées dans la parcelle et à l'augmentation de la diversité floristique. Toutefois, trop d'intensification n'est pas bénéfique. En effet, l'augmentation de la productivité due à la fertilisation anthropique conduit à une perte de diversité botanique. Nous retrouvons là le principe de la perturbation intermédiaire.

Dans le cadre d'un diagnostic environnemental, la quantité de litière accumulée sur la prairie au début du printemps ou la hauteur de la végétation du couvert peuvent donc constituer des indicateurs de la diversité floristique. Le Parc National des Ecrins, par exemple,

utilise l'indicateur d'accumulation de litière pour savoir si les objectifs environnementaux des Mesures Agri-Environnementales (MAE) sont atteints.

Par ailleurs, l'indice patrimonial et l'indice de floraison ne sont pas reliés au fonctionnement du couvert. En ce qui concerne l'indice patrimonial, cela n'est pas surprenant dans le sens où il a été construit à partir des conclusions des entretiens et non sur des critères « écologiques ». Concernant l'indice de floraison, même si la corrélation n'est pas significative, il semblerait que l'augmentation de la part des graminées dans les parcelles soit négativement corrélée au nombre moyen d'espèces en fleurs sur la saison. Cela est appuyé par le fait que l'augmentation de la part de graminées dans la communauté conduit à l'élimination des espèces faiblement compétitrices comme les héliophiles dans les prairies à fétuque par exemple (Fischer et Wipf, 2002). Nous pouvons donc émettre l'hypothèse qu'un couvert végétal constitué par une grande proportion de graminées contribuerait à limiter la floraison des autres espèces.

4.4.2. La multifonctionnalité : compatibilité entre les valeurs d'usage

Les valeurs d'usage des prairies s'orientent selon deux grands axes. En effet, les valeurs écologique, éducative, esthétique et thérapeutique et culinaire sont liées aux composantes de la végétation (indice de diversité, indice patrimonial, indice de floraisons) alors que la valeur agronomique et la valeur faune/habitat sont liées aux caractéristiques globales de la végétation (hauteur et densité du couvert, productivité). Toutefois, malgré ces deux axes bien distincts, il n'y a pas d'incompatibilité entre les valeurs d'usages.

Par ailleurs, la valeur agronomique n'est pas corrélée à son usage agricole. Ceci confirme les informations recueillies auprès des agriculteurs lors des entretiens. En effet, ce sont essentiellement des contraintes topographiques qui sont à l'origine de la décision de la gestion d'une parcelle. Les agriculteurs de Villar d'Arène fauchent en priorité les parcelles les moins pentues et les plus accessibles. Par ailleurs, du fait des contraintes liées au cahier des charges de Natura2000, ils fauchent également les parcelles contractualisées. Ceci explique, entre autres, la corrélation positive entre la pratique de la fauche et la valeur écologique de la parcelle. Toutes les parcelles non fauchées, du fait d'une pente trop importante ou d'un accès trop difficile sont laissées en pâtures.

Enfin, d'après les interviews, il semble que le principal descripteur des valeurs écologique et esthétique des prairies soit l'entretien de ces prairies. Par « prairies entretenues », les personnes interrogées entendent prairies à végétation rase et hauteur homogène. Ce descripteur peut donc être traduit en terme écologique par l'intensité de la perturbation mesurée par la hauteur de la végétation. Il existe effectivement une corrélation positive entre la valeur écologique et l'intensité de la perturbation. Les valeurs esthétiques et écologiques pourraient donc être reliées à la notion d'entretien des prairies exprimée par les personnes interrogées.

Le fait qu'aucune valeur d'usage ne soit corrélée ou anti-corrélée avec la valeur d'usage agricole (excepté la valeur d'habitat pour la faune) nous amène à nous poser la question de l'échelle d'étude. Est-ce effectivement à l'échelle de la parcelle qu'il est souhaitables de relier les valeurs d'usage ? En effet, il est possible que ce qui fasse la beauté du paysage de Villar d'Arène ne soit pas les prairies en tant que telles mais plutôt, à une échelle plus large, l'agencement spatial des prairies dans le paysage, la présence des pierriers (ou clapiers), le contraste avec l'ubac... Ce sont des échelles que nous aurions aimé explorer mais le manque de temps ne nous l'a pas permis. C'est toutefois une dimension qui devrait être intégrée dans le cadre du projet VISTA.

Conclusion et perspectives

Dans le cadre du programme européen VISTA, nous avons cherché à caractériser la réponse de la végétation des prairies de l'adret de Villar d'Arène aux changements de pratiques agricoles d'une part et la contribution de la végétation aux usages et représentations qui sont attribuées à ces prairies d'autre part.

Nous avons montré que la réponse de la composition botanique est relativement lente puisque l'on observe aujourd'hui une végétation caractérisée par des pratiques anciennes de 150 ans. Ainsi, l'étude de la réponse floristique de la végétation n'apparaît pas être adaptée au cadre du programme européen VISTA, programme qui vise à estimer la vulnérabilité des paysages aux changements des pratiques des 50 prochaines années. Une approche fonctionnelle de la végétation a donc été privilégiée et c'est sur cette approche que nous avons travaillé.

L'approche fonctionnelle consiste à considérer des groupes fonctionnels, c'est-à-dire des groupes d'espèces, indépendamment de leur parenté taxonomique, ayant les mêmes réponses aux contraintes du milieu et/ou les mêmes effets sur les processus écosystémiques. Cette approche est basée sur l'étude des traits fonctionnels des végétaux. Ces traits sont des indicateurs des performances des individus. Pour cette étude, nous avons sélectionné des traits foliaires (teneur en azote des feuilles (LNC), teneur en matière sèche (LDMC), surface spécifique foliaire (SLA), résistance à l'étirement) et morphologiques (hauteur végétative).

Nous avons ainsi montré qu'il était possible de mettre en relation les pratiques agricoles et le fonctionnement des écosystèmes. En effet, de part la différenciation des pratiques actuelles (fauche vs. Pâturage) le long d'un axe de stress, il est apparu que les milieux pâturés abritent des espèces à faibles teneur en SLA et LNC, donc à stratégie de conservation des nutriments, ce qui est relié, au niveau écosystémique, à une accumulation importante de biomasse et une faible productivité. Inversement, les espèces des prairies de fauche présentent des SLA et LNC élevées. Elles ont donc une stratégie d'acquisition et de recyclage rapide des nutriments, ce qui est corrélé avec une forte productivité, une forte densité du couvert et une bonne décomposition de la litière. Nous avons cependant montré, par l'exemple de *Festuca paniculata*, que les relations entre le milieu, les traits et le fonctionnement ne sont pas toujours en adéquation avec ce qu'on pourrait attendre d'après la bibliographie sur le sujet. En effet, probablement du fait d'une physiologie particulière, cette espèce, malgré de faibles valeurs de SLA contribue à la forte productivité des anciens prés de fauche d'altitude aujourd'hui pâturés.

Nous avons ensuite pu relier les processus écosystémiques avec différents descripteurs d'usage. En effet, des entretiens menés durant l'été par Florian Rivoal ont permis de définir les valeurs d'usages des prairies de ce versant d'une part et les attributs du couvert dont se servent les personnes interrogées pour donner une valeur à une prairie d'autre part. Nous avons ensuite traduit ces descripteurs en termes écologiques. Une étude des corrélations entre les processus écosystémiques et ces descripteurs nous a permis de mettre en évidence que l'extensification des pratiques, c'est-à-dire l'utilisation des terres en pâturage, contribue à une augmentation de la part de graminées dans les prairies et à une baisse de la diversité. De même, une intensification trop importante, c'est-à-dire, dans le cas de la zone étudiée, la fertilisation anthropique, favorise une augmentation de la productivité aux dépens de la diversité floristique.

Malgré ces conclusions, l'étude de la compatibilité des valeurs d'usages a montré qu'une forte valeur agricole n'était pas incompatible avec une forte valeur écologique. En

effet, les prairies aujourd'hui fauchées et sur lesquelles la pratique de la fertilisation a été arrêtée depuis plusieurs années déjà, relativement productives, sont d'une richesse floristique extraordinaire. Ce sont ces prairies qui sont contractualisées Natura2000 et que le Parc national des Ecrins tente de maintenir. Par ailleurs, les valeurs d'usages basées sur la description floristique de la végétation sont toutes corrélées à la valeur écologique. Il apparaît donc que le maintien de l'agriculture contribue aux valeurs que les usagers attribuent aux prairies. Il semble que, plus que la pratique en elle-même, c'est le résultat qui intéresse les personnes interrogées. En effet, le plus important pour eux, du moins pour les valeurs écologique et esthétique, est le fait que la prairie paraisse entretenue.

Il est important d'insister sur le fait que toutes les conclusions que nous avons tirées de cette étude s'appliquent au mode de gestion des agriculteurs de Villar d'Arène. En effet, les résultats que nous obtenons, notamment pour l'augmentation de la diversité floristique avec la pratique de la fauche ne sont valides que pour les prairies fauchées tardivement, puisqu'une fauche tardive favorise la dissémination des espèces. De même, les pâturages sont menés très extensivement, ce qui influence probablement l'accumulation de litière ; la fertilisation quant à elle, principalement organique, reste très inférieure à ce qui peut être pratiqué dans des régions d'agriculture plus intensive. Villar d'Arène est bien une zone agropastorale dite marginale

Enfin, pour conclure, nous reviendrons sur l'hypothèse selon laquelle ce n'est peut être pas le fonctionnement écologique des parcelles qui contribuent le plus aux valeurs d'usage, mais plutôt, à une échelle plus large, l'agencement spatial de ces parcelles sur l'adret, mais également par rapport à l'ubac. De plus, à ce niveau d'altitude où la saison de végétation est très courte, nous avons pu voir, en 5 mois, l'ensemble des saisons de l'année. De la fonte de la neige fin avril au début de la croissance des végétaux en mai, la pleine explosion des floraisons en juin, la floraison des graminées en juillet et leurs ondulations sous l'effet du vent, puis la fauche à partir du 15 juillet... C'est également toute cette succession qui fait la beauté de ce paysage et l'attachement des gens. Il aurait donc été intéressant de pouvoir matérialiser l'évolution temporelle des prairies, et du paysage plus globalement, afin de relier cette succession de couleurs, hauteurs, densités avec les valeurs d'usages aux différents stades de l'évolution de ce paysage.

Bibliographie

Aerts R., De Caluwe A., Beltman B., 2003. Plant community mediated vs. Nutritional controls on litter decomposition rates in grasslands. *Ecology* **84**: 3198-3208.

Amiaud B., 1998. *Dynamique végétale d'un écosystème prairial soumis à différentes modalités de pâturage. Exemple de communaux du marais poitevin*. Thèse de Doctorat. Université de Rennes 1, Rennes, France.

Barbaro L. 1999. *Dynamique agro-écologique des communautés de pelouses sèches calcicoles du Vercors méridional – Application à la gestion conservatoire de la biodiversité par le pastoralisme*. Thèse de doctorat ès biologie. Université Joseph Fourier, Grenoble, France. 189 pages.

Béranger C., 2002. La multifonctionnalité des prairies : les acquis et les interrogations du 19^{ème} Congrès Européen des Herbages. *Fourrages* **171**, 227-237.

Blanc L., 2000. *Données spatio-temporelles en écologie et analyses multitableaux : examen d'une relation*. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard, Université de Lyon 1, Lyon, France. 274 pages.

Bissardon M., Guibal L., 1997. Corine Biotopes – Types d'habitats français. Sous la direction de Rameau JC. Laboratoire de recherches en sciences forestières – Equipe « écosystèmes forestiers et dynamique des paysages ». Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts, Nancy, France.

Bornard A., Cozic P., 1998. Milieux pâturés d'altitude. II- Intérêts multiples de ces milieux gérés par le pâturage domestique. *Fourrage* **153**, 81-95.

Chas E., 1994. *Atlas de la flore des Hautes-Alpes*. Conservatoire botanique national alpin de Gap-Charance – Conservatoire des espaces naturels de Provence et des Alpes du Sud – Parc National des Ecrins. Gap. 816 pages

Chessel D., Doledec S et Chamely S., 1997. *Triplet d'analyse des correspondances. Documentation de la programmatisation ADE-4 « Analyses multivariées et expression graphiques des variables environnementales »*. Université de Lyon 1, Lyon, France. 64 pages.

Choler P., 2002. *La distribution des pelouses alpines à Carex curvula (s.l) en Europe : essai de biogéographie fonctionnelle et évolutive*. Thèse de doctorat ès biologie. Université Joseph Fourier, Grenoble, France. 197 pages.

Cornelissen J.H.C., Lavorel S., Garnier E., Diaz S., Buchman N., Gurvich D.E., Reich P.B., Ter Steege H., Morgan H.D., Van Der Heijden M.G.A., Pausas J.G. and Poorter H. 2003. A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of botany* **51**: 335-380.

COSSEE B., 1999. La plurifonctionnalité des prairies. *Fourrage* **160**, 333-343.

Cruz P., Duru M., Théron O., Théau J.P., Ducourtieux C., Jouany C., Al Haj Khaled R., Ansquer P., 2002a. Une nouvelle approche pour caractériser les prairies naturelles et leur valeur d'usage. *Fourrage* **72**, 335-354.

Cunningham S.A., Summerhayes B., Westoby M., 1999. Evolutionary divergences of leaf structure and chemistry comparing rainfall and soil nutrient gradients. *Ecological Monographs* **69**: 569-588.

Daget P., Poissonnet J., 1969. *Analyse phytologique des prairies. Applications agronomiques.* Montpellier, CNRS, CEPE. Doc.n°48, 67 pages.

Danton P., Baffroy M., 1995. *Inventaire des plantes protégées en France.* Association française pour la conservation des espèces végétales. Editions Nathan. Mulhouse, France. 293 pages.

Daily G., 1997, *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems.* Island Press. 412 p.

Doledec S., Chessel D., Ter Braak C.J.F., et Champely S., 1996. Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method. *Environmental and Ecological Statistics* **3**: 143-166.

Ducourtieux C., 2002. *Caractérisation agronomique des prairies naturelles par les traits foliaires des espèces.* Mémoire de fin d'étude de l'Ecole Supérieure d'Agriculture. INRA de Toulouse. 55 pages + annexes.

Eviner V.T., Chapin F.S., 2003. Functional matrix: a conceptual framework for predicting multiple plant effects on ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **34** : 455-483.

Fischer M., Wipf S., 2002. Effect of low-intensity grazing on the species-rich vegetation of traditionally mown subalpine meadows. *Biological Conservation* **104** : 1-11.

Fleury P., 1994. *Le diagnostic agronomique des végétations prairiales et sont utilisation dans la gestion des exploitations agricoles.* Thèse de doctorat ès Science agronomiques. Institut National Polytechnique de Lorraine. 139 pages + annexes.

Garnier E., Laurent G., Bellman A., Debain S., Berthelie P., Ducout B., Roumet C., Navas M.L., 2001a. Consistency of species ranking based on functional leaf traits. *New Phytologist* **152** : 69-83.

Garnier E., Cortez J., Billès G., Navas M.L., Roumet C., Debussche M., Laurent G., Blanchard A., Aubry D., Bellmann A., Neill C. and Toussaint J.P., 2004. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. *Ecology*. In press.

Garnier E., Shipley B., Roumet C., Laurent G., 2001b. A standardized protocol for determination of specific leaf area ad leaf dry matter content. *Functionnal Ecology* **15**: 688-695.

Grime J.P., 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relative relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist* **111**(982): 1169-1194.

- Grime J.P.**, 1998. Benefits of plant diversity to ecosystems : immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology* **86**: 902-910.
- Guillot-Fleury P.**, 1995. *Aptitudes des couverts prairiaux à assurer des fonctions agricoles et environnementales – Recherche méthodologique et application aux prairies de fauche des Alpes du Nord*. Thèse de doctorat ès sciences agronomiques, Institut National Polytechnique de Lorraine, 87 pages+annexes.
- Hédin L., Kerguelen M., De Montard F.**, 1972. *Ecologie de la prairie permanente française*. Collection de monographies de botanique et de biologie végétale, Masson et Compagnie éditeurs, Paris. 229 pages.
- Hervieu B.**, 2002. La multifonctionnalité : un cadre conceptuel pour une nouvelle organisation de la recherche sur les herbages et systèmes d'élevage. *Fourrages* **171**, 219-226.
- Huyghes G., Lemaire G.**, 2002. Le congrès de la Fédération Européenne des Herbages de la Rochelle. Ses objectifs et son organisation. *Fourrages* **171**, 211-217.
- Knops J.M.H., Wedin D and Tilman D.**, 2001. Biodiversity and decomposition in experimental grassland ecosystems. *Oecologia* **126**: 429-433.
- Landsberg J., Lavorel S., Stol J.**, 1999. Grazing response groups among understorey plant in arid rangelands. *Journal of Vegetation Science* **10**: 683-696.
- Lavorel S., Garnier E.**, 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* **16**: 545-556.
- Lavorel S., McIntyre S., Landsberg J and Forbes TDA.**, 1997. Plant functional classification ; from general groups to specific groupes based on response to disturbance. *Trends in Ecology and Evolution* **12**: 414-424.
- Lavorel S., Quétier F., Gaucherand S., Choler P.**, 2004. Apports des traits fonctionnels végétaux pour l'évaluation écologique des trajectoires de gestion en milieu prairiaux. Actes des Journées AFPP.
- MacDonald D., Crabtree J.R., Wiesinger G., Dax T., Stamou N., Fleury P., Gutierrez Lazpita J and Gibon A.**, 2000. Agricultural abandonment in mountain areas of Europe : Environmental consequences and policy response. *Journal of Environmental Management* **59**: 47-69.
- Mallen M.**, 2002. Fauche et pâturage sur les prés du Lautaret. 1810-2000 Villar d'Arène. Site Pro2 – Lautaret – Combeynot – Ecrins. Rapport rendu au Parc National des Ecrins, Domaine de Charance, Gap. France
- Masson N., Fleury P., Plaige V.**, 2000. *Alpages et prairies de montagne : un patrimoine biologique et agricole*. Parc National de la Vanoise, Chambéry. 60 pages.
- McIntyre S., Lavorel S., Landsberg J and Forbes T.D.A.**, 1999. Disturbance response in vegetation- towards a global perspective on functional traits. *Journal of Vegetation Science* **10**: 621-630.

Olivier L., Galland J.P., Maurin H., 1995. *Livre rouge de la flore menacée de France. Tome I – Espèces prioritaires*. Institut d'écologie et de gestion de la biodiversité, service du patrimoine naturel. Collection patrimoines naturels. Volume 20. Série patrimoine génétique. Paris. 486 pages + annexes.

Ozenda P., 1985. La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen. Editions Masson, Paris, France.

Prévot P., 2003. *Caractérisation des gradients de fertilité et d'intensité d'utilisation des prairies naturelles – Approches par les traits biologiques des espèces*. Rapport de deuxième année de DUT Génie Biologie option agronomie. INRA de Toulouse. 29 pages + annexes.

Schippers P., Olf H., 2000. Biomass partitioning, architecture and turnover of six herbaceous species from habitats with nutrient supply. *Plant Ecology* **149**: 219-231.

Soltner D., 1978. Les bases de la production végétale. Tome I – Le sol. 7^{ème} édition. Collection Sciences et techniques agricoles. Angers. 456pages.

Soltner D., 1981. Les bases de la production végétale. Tome II – Le Climat. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Angers. 311 pages.

Weihner E., Van Der Werf A., Thompson K., Roderick M., Garnier E., Eriksson O., 1999. Challenging theophrastus: A common core list of plant traits for functional ecology. *Journal of Vegetation Science* **10**: 609-620.

Flores utilisées pour l'identification des espèces

Aeschimann D et Burdet H.M., 1994. Flore de la Suisse et des territoires limitrophes. 2^{ème} édition. Editions du Griffond, Neufchâtel, Suisse. 603 pages.

Blamey M., Grey-Wilson C., 1991. *Guide des fleurs de montagne*. Delachaux et Niestlé. Paris. 384 pages.

Bonnier G., De Layens G., 1998. *Flore complète portative de la France, de la Suisse et de la Belgique*. Editions Belin. 425 pages.

Dorée A. 1995. *Flore pastorale de montagne. Tome I – Les graminées*. Cemagref Editions et Editions Boubée. Grenoble. 207 pages

Dorée A., 2000. *Flore pastorale de montagne. Tome II – Légumineuses et autres plantes fourragères*. Cemagref Editions. Grenoble. 227 pages.

Fitter R., Fitter A., Blamey M., 1997. *Guide des fleurs sauvages*. Sixième édition entièrement revue et augmentée. Les Compagnons d naturaliste. Delachaux et Niestlé. Lausanne-Paris. 352 pages.

Lauber L., Wagner G., 2001. Flora Helvetica-Flore illustrée de Suisse. 2^{ème} édition. Editions Haupt. Bern, Suisse. 1615 pages.

Table des matières

Sommaire	1
Introduction	2
1. Présentation de la problématique	5
1.1. La réponse des écosystèmes aux pratiques agricoles : des indicateurs floristiques aux traits fonctionnels	5
1.2. La relation entre le fonctionnement et la diversité des usages	6
2. Présentation du site d'étude	10
2.1. L'adret de Villar d'Arène	10
2.2. La sélection des trajectoires et parcelles d'étude	12
2.2.1. Sélection des trajectoires d'utilisation des terres	12
2.2.2. Choix de parcelles représentatives des trajectoires étudiées	12
3. Les traits, un outil pour décrire le fonctionnement d'un écosystème prairial.....	14
3.1. Introduction	14
3.2. Matériel et méthodes	14
3.2.1. Acquisition des données floristiques	14
3.2.2. Mesures des variables de milieu	14
3.2.2.1. Variables topographiques	14
3.2.2.2. Variables phénologiques	16
3.2.2.3. Estimation de la fertilité du sol	16
3.2.2.4. Variables de perturbation du milieu	16
3.2.3. Mesures des variables de fonctionnement	16
3.2.3.1. Mesures de productivité	16
3.2.3.2. Mesures sur la litière (sur pied et au sol)	18
3.2.3.3. Mesures de hauteur de végétation	18
3.2.3.4. Mesures d'interception de la lumière par le couvert	18
3.2.4. Mesures des traits fonctionnels végétaux	20
3.2.4.1. Sélection des populations	20
3.2.4.2. Mesure des traits morphologiques	20
3.2.4.3. Mesures des traits foliaires	20
3.2.5. Analyses statistiques	22
3.2.5.1. Régression linéaire multiple	22
3.2.5.2. Analyse Factorielle des Correspondances des relevés linéaires	22
3.2.5.3. Analyse de co-inertie	22
3.2.5.4. Étude de corrélation entre les traits fonctionnels et les variables	24
3.2.5.5. Analyses de variance à un ou plusieurs facteurs	24
3.3. Résultats	24
3.3.1. Test de l'influence des facteurs topographiques	24
3.3.2. Les relations entre pratiques agricoles et caractéristiques floristiques	26
3.3.3. Les relations entre les traits et les variables de milieu	26
3.3.4. Les relations entre les traits et les variables de fonctionnement	28
3.3.5. La relation entre les trajectoires et les variables de milieu	32
3.3.5.1. Analyse de variance de l'indice de nutrition azotée	32
3.3.5.2. Analyse de variance de l'indicateur phénologique	32
3.4. Discussion	33
3.4.1. La réponse floristique de la végétation	33
3.4.2. Le fonctionnement de l'écosystème prairial peut être relié au milieu via les traits fonctionnels végétaux	33
3.4.3. Le cas particulier de <i>Festuca paniculata</i>	35

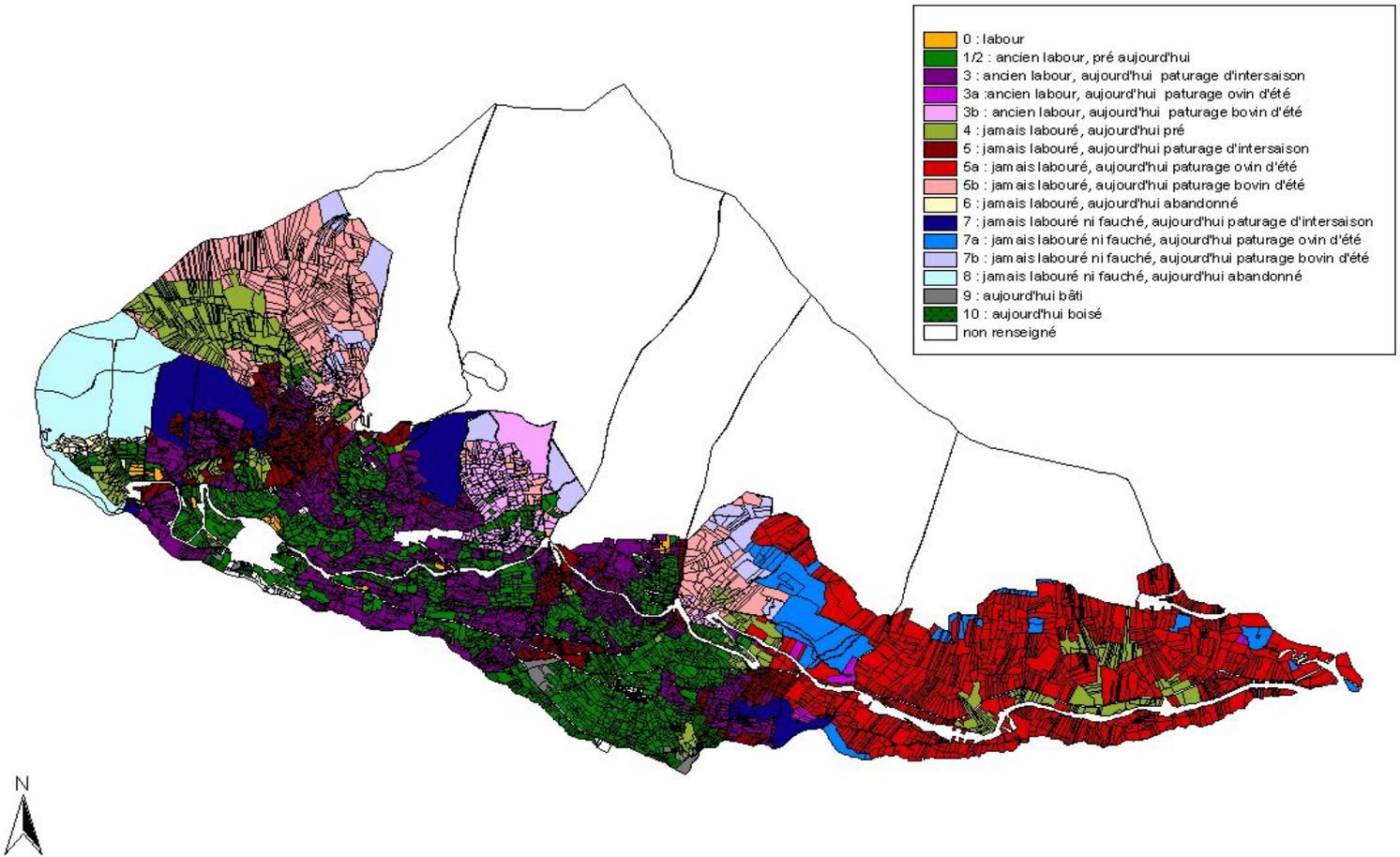
4. La contribution du fonctionnement aux valeurs d'usage des prairies	38
4.1. Introduction	38
4.2. Matériel et méthodes	38
4.2.1. Détermination des valeurs d'usage des prairies	38
4.2.2. Détermination de descripteurs d'usage	38
4.2.2.1. Descripteurs basés sur les relevés linéaires.....	40
4.2.2.2. Elaboration d'un indice de valeur patrimoniale	40
4.2.2.3. Elaboration d'un indice de floraison	40
4.2.3. Analyses statistiques	40
4.2.3.1. Analyse de co-inertie.....	40
4.2.3.2. Test de corrélation de Pearson	43
4.2.3.3. Construction d'un tableau liant les relevés aux valeurs d'usages	43
4.2.3.4. Analyse en composantes principales.....	43
4.3. Résultats	43
4.3.1. Corrélations entre descripteurs écologiques et fonctionnement de l'écosystème	43
4.3.2. Corrélations entre trajectoires d'utilisation et valeurs d'usage.	45
4.4. Discussion	45
4.4.1. L'extensification des pratiques agricoles induit une perte de biodiversité	45
4.4.2. La multifonctionnalité : compatibilité entre les valeurs d'usage	46
Conclusion et perspectives.....	47
Bibliographie.....	49
Table des matières	53
ANNEXES.....	55

ANNEXES

Liste des annexes

- Annexe 1 Cartographie des trajectoires d'utilisation des terres sur l'adret de Villar d'Arène
- Annexe 2 Liste des espèces présentes sur les prairies étudiées
- Annexe 3 Analyse RLQ entre les tableaux de relevés, traits et variables de milieu sans la parcelle 11
- Annexe 4 Analyse RLQ entre les tableaux de relevés, traits et variables de milieu sans les parcelles 3a1 et 3a3
- Annexe 5 Test des corrélations entre les traits fonctionnels et les variables de milieu
- Annexe 6 des corrélations entre les traits fonctionnels et les variables de fonctionnement
- Annexe 7 Groupes d'acteurs interrogés et définition des valeurs d'usages
- Annexe 8 Elaboration de la note de valeur patrimoniale de la parcelle

ANNEXE 1 : Cartographie des trajectoires d'utilisation des terres sur l'adret de Villar d'Arène



Cartographie réalisée par Ana Garcia Bautista, 2004

ANNEXE 2 : Liste des espèces présentes sur les parcelles étudiées

<i>Achillea millefolium</i> L.	<i>Festuca nigrescens</i> Lam.	<i>Phyteuma michelii</i>
<i>Agrostis capillaris</i>	<i>Festuca paniculata</i>	<i>Phyteuma orbiculare</i>
<i>Alchemille</i> sp	<i>Galium verum</i>	<i>Pimpinella major</i> (L.) Hudson
<i>Allium schoenoprasum</i>	<i>Gallium album</i>	<i>Pimpinella saxifraga</i> L. coll.
<i>Anemone narcissiflora</i>	<i>Gallium mollugo</i>	<i>Plantago media</i>
<i>Anthoxantum alpinum</i>	<i>Gentiana acaulis</i>	<i>Plantago serpentina</i>
<i>Anthyllis vulneraria</i>	<i>Gentiana cruciata</i>	<i>Poa alpina</i>
<i>Arabis</i> sp	<i>Gentiana lutea</i> L.	<i>Poa compressa</i>
<i>Arnica montana</i>	<i>Gentiana</i> sp	<i>Poa pratensis</i> subsp. <i>Angustifolia</i>
<i>Artemisia atrata</i>	<i>Gentiana verna</i>	<i>Polygala</i> sp.
<i>Asphodelus albus</i>	<i>Geranium rivulare</i>	<i>Polygonum alpinum</i>
<i>Aster alpinus</i>	<i>Geranium sylvaticum</i> L.	<i>Polygonum bistorta</i>
<i>Astragalus danicus</i>	<i>Gymnadenia conopsea</i>	<i>Polygonum viviparum</i>
<i>Astragalus monspellienssus</i>	<i>Helianthemum grandiflorum</i>	<i>Potentilla crantzii</i>
<i>Astragalus onobrychis</i>	<i>Helictotrichon pubescens</i>	<i>Potentilla grandiflora</i> L.
<i>Avena</i>	<i>Heracleum sphondylium</i> L.	<i>Potentilla</i> sp.
<i>Avenula pubescens</i>	<i>Hieracium glaciale</i>	<i>Potentilla verna</i>
<i>Biscutella laevigata</i>	<i>Hieracium pillosela</i>	<i>Primula officinalis</i>
<i>Botrychium lunaria</i>	<i>Hieracium</i> sp.	<i>Primula veris</i>
<i>Briza media</i> L.	<i>Hieracium umbellatum</i>	<i>Pulmonaria australis</i>
<i>Bromus erectus</i> Hudson	<i>Hippocrepis comosa</i>	<i>Pulsatilla alpina</i>
<i>Campanula barbata</i>	<i>Hypochaeris maculata</i>	<i>Ranunculus acris</i>
<i>Campanula rhomboidalis</i> L.	<i>Sempervivum</i> sp.	<i>Ranunculus bulbosus</i>
<i>Campanula thyrsoides</i>	<i>Knautia arvensis</i>	<i>Ranunculus kuepferi</i>
<i>Carduus defloratus</i>	<i>Knautia dipsacifolia</i>	<i>Ranunculus montanus</i>
<i>Carex caryophyllea</i>	<i>Lasepitium gélicum</i>	<i>Ranunculus</i> sp
<i>Carex sempervirens</i> Vill.	<i>Laserpitium halleri</i>	<i>Rhinanthus alectorolophus</i>
<i>Carum carvi</i> L.	<i>Laserpitium latifolium</i> L.	<i>Rosa</i> sp.
<i>Centaurea alpestris</i>	<i>Laserpitium siler</i>	<i>Salvia pratensis</i>
<i>Centaurea montana</i> L.	<i>Lathyrus heterophyllus</i>	<i>Sanguisorba minor</i>
<i>Centaurea uniflora</i> Turra	<i>Lathyrus occidentalis</i>	<i>Sanguisorba officinalis</i>
<i>Cerastium</i> sp	<i>Lathyrus pratensis</i> L.	<i>Scabiosa arvensis</i>
<i>Cerinthe minor</i>	<i>Leontodon hispidus</i> L.	<i>Scorzonera austriaca</i>
<i>Chaerophyllum hirsutum</i> L.	<i>Leucanthemum vulgare</i>	<i>Scutellaria alpina</i>
<i>Cirsium acaule</i>	<i>Lilium martagon</i>	<i>Senecio doronicum</i>
<i>Cirsium eriophorum</i>	<i>Linum alpinum</i>	<i>Sesleria caerulea</i> (L.) Ard.
<i>Colchicum autumnale</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Silene nutans</i>
<i>Crepis pyrenaica</i> (L.)	<i>Luzula campestris</i>	<i>Silène vulgaris</i>
<i>Crepis</i> sp	<i>Luzula nutans</i>	<i>Stachys recta</i>
<i>Crocus</i>	<i>Medicago lupulina</i>	<i>Taraxacum officinale</i> Weber
<i>Dactylis glomerata</i> L.	<i>Meum athamanticum</i> Jacq.	<i>Thalictrum minus</i>
<i>Dactylorhiza majalis</i>	<i>Myosotis alpestris</i>	<i>Thymus polytrichus</i>
<i>Deschampsia flexuosa</i>	<i>Narcissus poeticus</i> L.	<i>Tragopogon pratensis</i> L.
<i>Dianthus sylvaticum</i>	<i>Nigretella nigra</i>	<i>Traunsteinera globosa</i>
<i>Diantus pavonius</i>	<i>Onobrychis montana</i> DC.	<i>Trifolium badium</i>
<i>Draba aizoides</i>	<i>Orchidacea</i> sp.	<i>Trifolium alpestre</i> L.
<i>Echium vulgare</i>	<i>Orchis militaris</i>	<i>Trifolium alpinum</i> L.
<i>Erigeron acer</i>	<i>Orchis moustique</i>	<i>Trifolium montanum</i>
<i>Euphorbia cyparissias</i> L.	<i>Orchis ustulata</i>	<i>Trifolium pratense</i> L.
<i>Euphorbia verrucosa</i>	<i>Ornithogalum umbellatum</i>	<i>Trisetum flavescens</i> (L.)
<i>Euphrasia officinalis</i>	<i>Oxytropis campestris</i>	<i>Trollius europaeus</i>
<i>Euphrasia rostkoviana</i>	<i>Paradisea liliastrum</i>	<i>Erysimum</i> sp.
<i>Festuca curvula</i>	<i>Pedicularis comosa</i>	<i>Veronique spicata</i> .
<i>Festuca laevigata</i> Gaudin	<i>Phleum pratense</i>	<i>Vicia cracca</i>
		<i>Vicia sepium</i>
		<i>Viola calcarata</i>

ANNEXE 3 : Analyse RLQ entre les tableaux de relevés, traits et variables de milieu sans la parcelle 11.

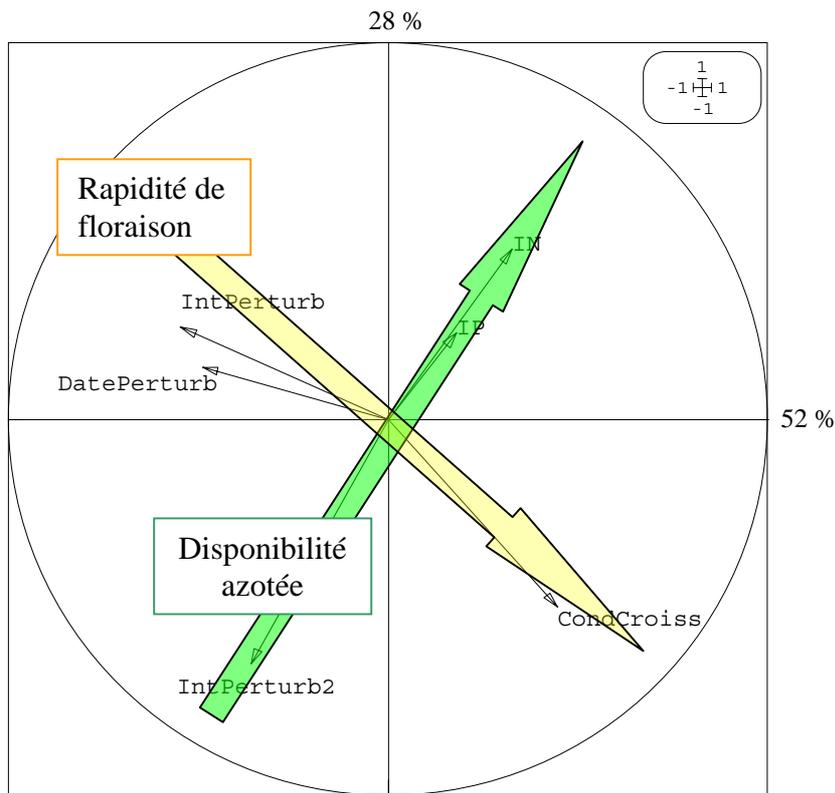


Figure 1 : projection des variables de milieu dans l'espace de co-inertie

Nous remarquons que les variables de milieu s'organise autour de 2 axes : un axe lié à l'indice phénologique et la nature de la perturbation et un autre axe lié à la disponibilité en azote. La contribution de l'indice de nutrition phosphorée à l'axe 1 est maintenant faible. C'était donc bien la parcelle 11 qui était responsable de la contribution importante de cette variable avec l'axe 1.

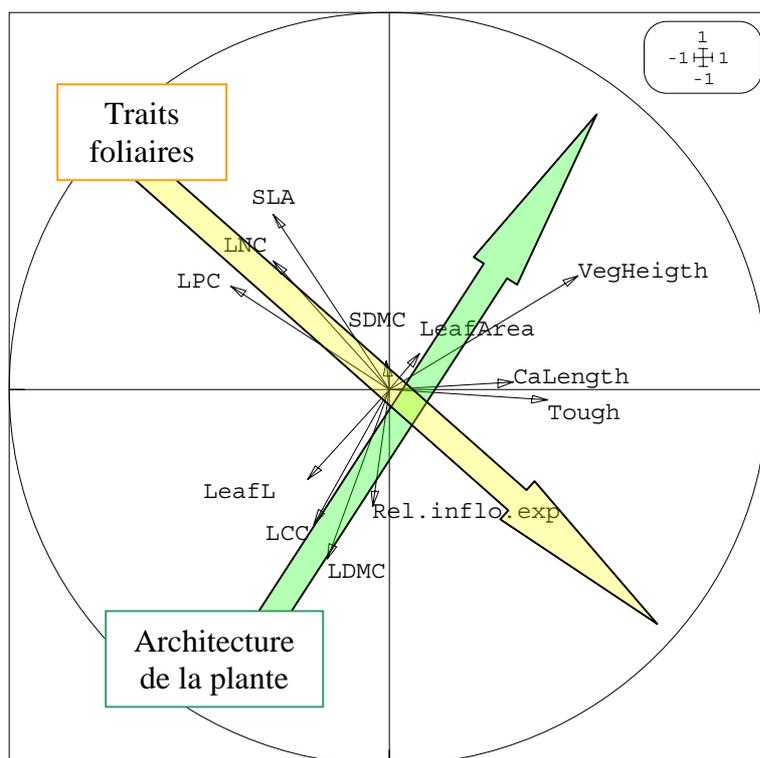


Figure 2 : projection des traits fonctionnels dans l'espace d'inertie

Nous retrouvons les mêmes relations que lorsque nous considérons la parcelle 11. La présence de la parcelle n'affecte donc pas les relations entre les traits fonctionnels et le milieu.

ANNEXE 4 : Analyse RLQ entre les tableaux de relevés, traits et variables de milieu sans les parcelles 3a1 et 3a3.

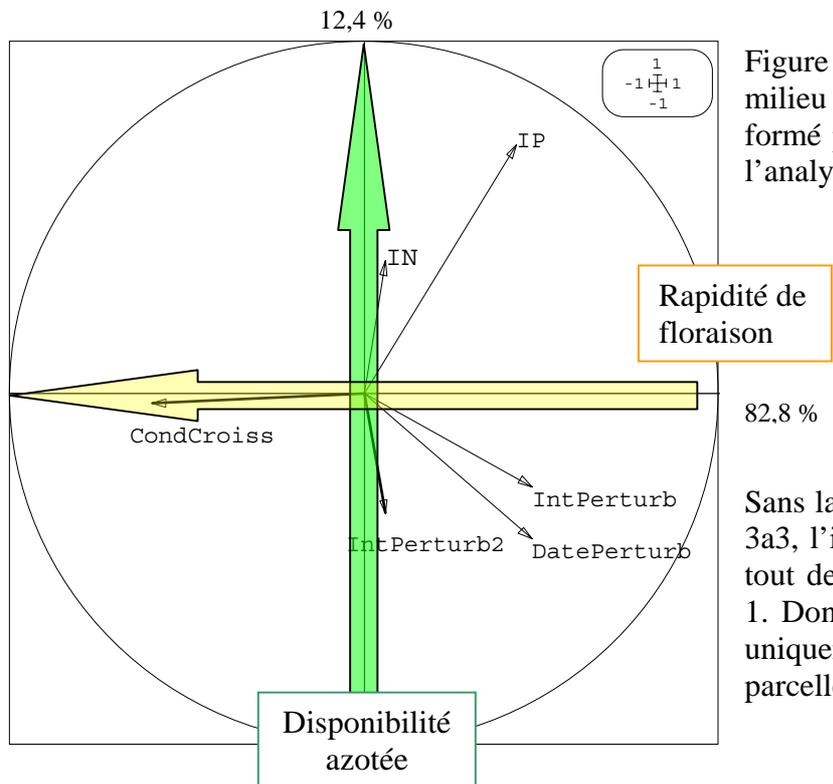


Figure 1 : projection des variables de milieu dans l'espace de co-inertie formé par les deux premiers axes de l'analyse RLQ.

Sans la présence des parcelles 3a1 et 3a3, l'indice phénologique contribue tout de même très fortement à l'axe 1. Donc cette contribution n'est pas uniquement le fait de ces deux parcelles.

ANNEXE 5 : Tests des corrélations entre les traits fonctionnels et les variables de milieu

Les corrélations entre les traits fonctionnels et les variables de milieu sont effectuées selon les deux axes de variables de milieu établis lors de l'analyse RLQ : l'axe de fertilité (IP, IN, intPerturb2) et l'axe lié à la rapidité de la floraison (IndPhéno, IntPerturb, DatePerturb)

Tableau 1 : résultats de l'étude des corrélations entre les variables corrélées à l'axe 1 de l'analyse RLQ (fertilité du milieu (IP, IN) et intensité de la perturbation) et les traits

Corrélations	n=14	VegHeight	Tough	LDMC	LNC	SLA
IN	Pearson Correlation	0.41	0.26	-0.26	0.08	0.10
	Sig.	0.14	0.37	0.37	0.79	0.73
IP	Pearson Correlation	0.01	-0.02	0.01	-0.01	-0.15
	Sig.	0.98	0.96	0.97	0.96	0.60
INTPERT2	Pearson Correlation	-0.07	0.11	0.25	-0.13	-0.06
	Sig.	0.82	0.71	0.38	0.65	0.83

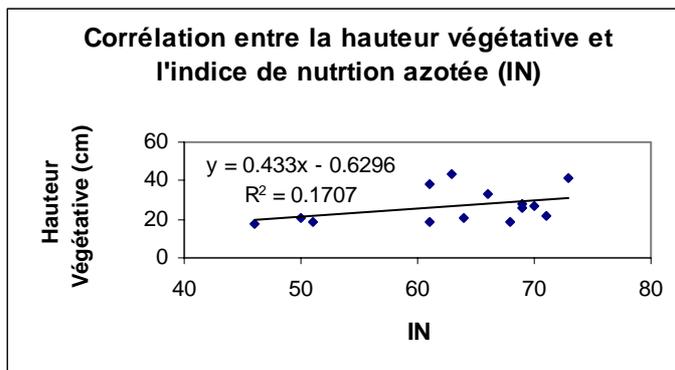
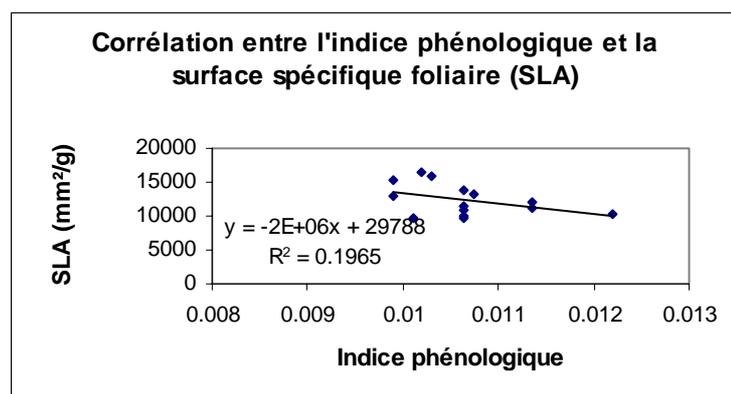


Figure 1 : graphique de la corrélation entre l'indice de nutrition azotée des parcelles et la hauteur végétative des populations dominantes

Tableau 2 : résultats de l'étude de corrélations entre les variables de milieux corrélées à l'axe 2 (Indice phénologique et nature de la perturbation) et les traits fonctionnels.

Corrélations	n=14	VegHeight	Tough	LDMC	LNC	SLA
IndPhéno	Pearson Correlation	0.09	0.22	0.23	-0.34	-0.44
	Sig.	0.77	0.46	0.43	0.23	0.11
IntPerturb	Pearson Correlation	-0.22	-0.19	0.05	0.30	0.31
	Sig.	0.45	0.51	0.88	0.30	0.27
DatePerturb	Pearson Correlation	-0.13	-0.08	0.04	0.17	0.42
	Sig.	0.65	0.79	0.90	0.55	0.13

Figure 2 : graphique de la corrélation entre l'indice phénologique et la surface spécifique foliaire



ANNEXE 6 : Test des corrélations entre les traits fonctionnels et les variables de fonctionnement

Les corrélations entre les traits fonctionnels et les variables de fonctionnement sont effectuées selon les deux axes de variables de fonctionnement établis lors de l'analyse RLQ : l'axe lié à la dynamique de la litière et l'axe lié à la densité et la hauteur du couvert.

Correlations	n=15	BiomTot	QteLitiere	BiomVert(%)	ProdSpeLitiere	Perte_Litiere
VegHeight	Pearson Correlation	0.59	0.78	-0.33	-0.25	-0.50
	Sig	0.02	0.00	0.23	0.37	0.06
Tough	Pearson Correlation	0.42	0.73	-0.42	-0.42	-0.53
	Sig.	0.12	0.00	0.12	0.12	0.04
LDMC	Pearson Correlation	-0.18	-0.13	-0.11	-0.22	-0.04
	Sig.	0.51	0.65	0.70	0.43	0.90
LNC	Pearson Correlation	-0.36	-0.61	0.52	0.41	0.52
	Sig.	0.19	0.02	0.05	0.13	0.05
SLA	Pearson Correlation	-0.32	-0.47	0.39	0.43	0.44
	Sig	0.24	0.08	0.15	0.11	0.10

Tableau 1 : résultats des tests de corrélation de Pearson entre les variables de fonctionnement liées à l'accumulation de litière et de biomasse (Axe 1) et les traits

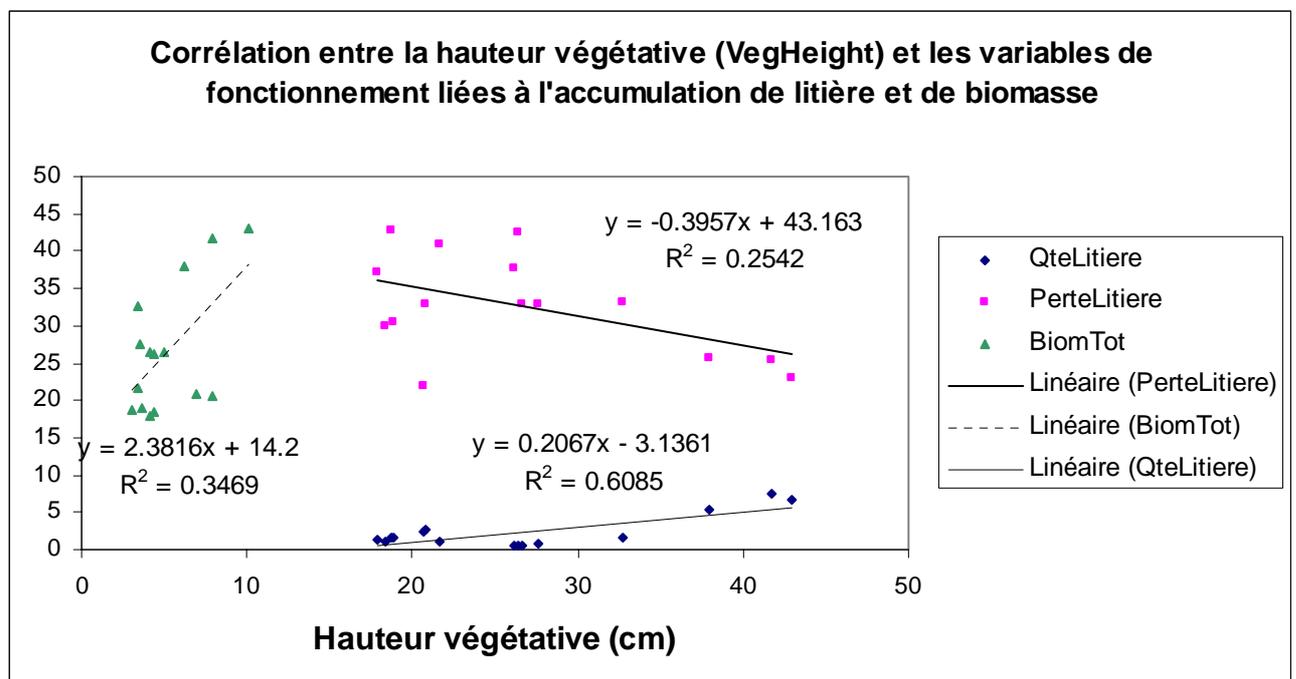
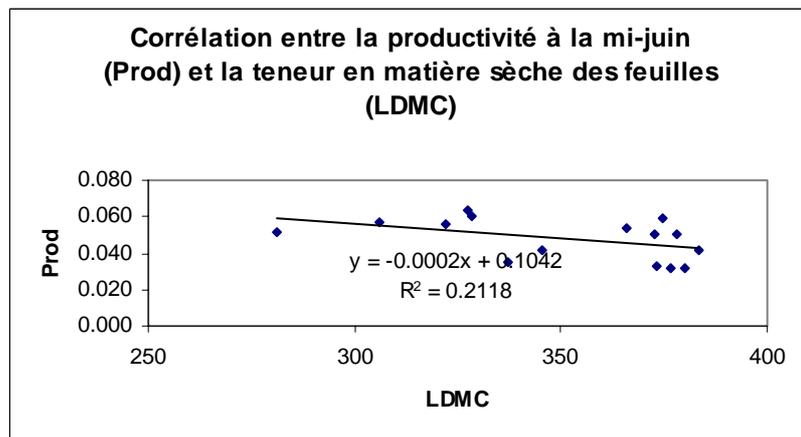
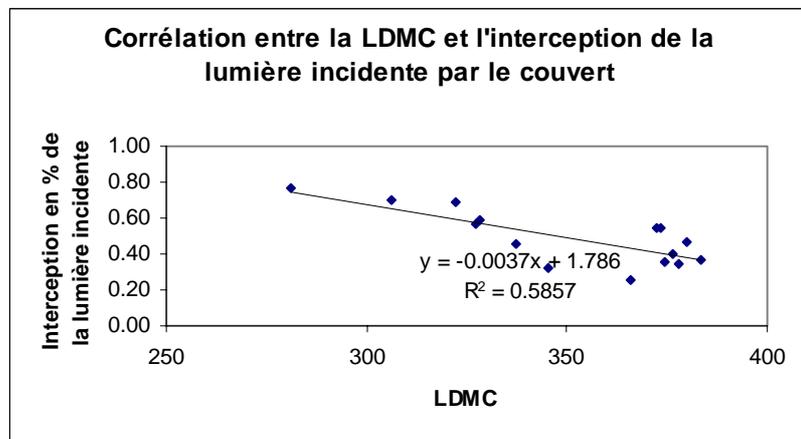
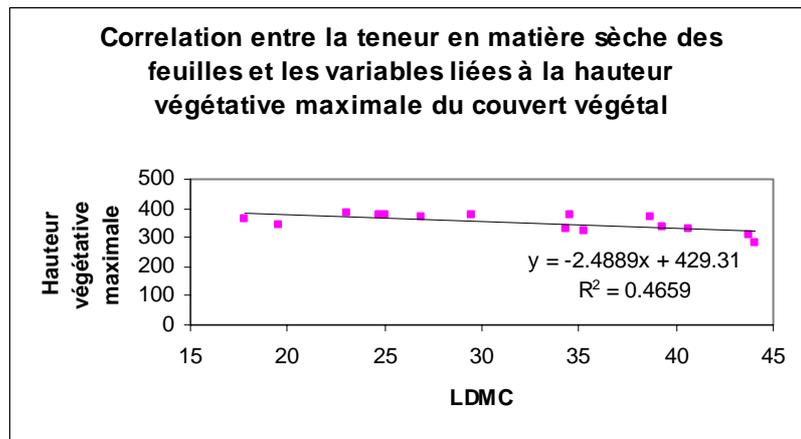


Figure 1 : graphique des régressions linéaires entre la hauteur végétative et les variables d'accumulation de litière et de biomasse

Correlations	n=15	Prod	HautVegMax	Interception
VegHeight	Pearson Correlation	0.56	0.56	0.36
	Sig.	0.03	0.03	0.19
Tough	Pearson Correlation	0.31	0.13	-0.17
	Sig.	0.26	0.64	0.55
LDMC	Pearson Correlation	-0.46	-0.68	-0.77
	Sig.	0.08	0.01	0.00
LNC	Pearson Correlation	0.06	0.29	0.54
	Sig.	0.82	0.29	0.04
SLA	Pearson Correlation	0.14	0.34	0.53
	Sig.	0.62	0.21	0.04

Tableau 2 : Résultats des test de corrélation entre les traits fonctionnels et les variables de productivité et densité du couvert

Figure 2 : graphiques des régressions linéaires illustrant les corrélations significatives entre les traits et les variables de fonctionnement liées à la densité et la hauteur du couvert



ANNEXE 7 : Groupes d'acteurs interrogés et définition des valeurs d'usages

Les personnes interrogées pendant l'été par Florian Rivoal peuvent être classés en différents groupes, *à priori*.

Groupes d'acteurs	Nombre de personnes interrogées
Commerçant locaux	6
Agriculteurs	8
Membre de l' Association Foncière Pastorale (non agriculteur)	2
Maire et membres du conseil municipal	5
Administrations (ONF, PNE, Office Tourisme)	3
Autres locaux	3 institutrices, 2 chasseurs, 1 guide de haute montagne,
Nouveaux résidents (résidence secondaire)	5
Touristes	10

Tableau 1 : Présentation des groupes d'acteurs interrogés par Florian Rivoal.

Ces groupes ont évoqué différentes valeurs d'usage et descripteurs associés que nous présentons ici.

Valeur d'usage agricole

L'agriculture constitue la fonction originelle de ces espaces d'herbe. Même si elle ne constitue pas tout le temps la première valeur exprimée, celle-ci est mentionnée par la quasi-totalité des personnes interrogées.

La valeur agricole vue par les agriculteurs

Les prairies constituent le lieu de travail des agriculteurs. Ils utilisent certains descripteurs bien spécifiques pour juger de la qualité de l'herbe : hauteur et densité de végétation, intensité de la couleur verte vue de loin, diversité floristique au sein des parcelles (alliée éventuellement à la diversité des couleurs), présence ou non de certaines espèces.

En outre, ils mentionnent la notion d'accessibilité de la parcelle : ce point de vue pratique est essentiel dans leur choix de faucher ou non une parcelle. Ce terme regroupe l'accessibilité pour aller jusqu'à la parcelle (dont le temps), ainsi que la facilité pour la parcourir avec un engin motorisé (pente, relief et pierrosité notamment).

La valeur agricole vue par les autres usagers

Pour les autres usagers, ainsi que pour les agriculteurs, elle se traduit notamment par un entretien du paysage : ces activités leurs permettent d'avoir un paysage propre, sécurisé où l'on peut circuler. Si ces activités agricoles sont perçues pour elles-mêmes, elles le sont également à travers d'autres valeurs, qui ont été dissociées : esthétique, de protection ou récréative. Cette valeur agricole vue par les autres usagers est donc parfois plus axée sur le résultat ("le territoire est entretenu") et moins sur la manière d'y arriver (difficultés d'exploitation ou description de l'herbe sous un angle de qualité fourragère par exemple).

Valeur écologique

Les prairies sont reconnues pour leur diversité floristique. Celle-ci détermine d'ailleurs le motif de passage de certaines personnes, qui souhaitent rencontrer des espèces précises, ou au contraire, qui veulent observer cette diversité. Au cours des entretiens menés par Florian Rivoal, plus de 60 espèces rencontrées au sein des prairies ont été mentionnées, certaines revenant à maintes reprises. Ainsi, certaines espèces sont particulièrement appréciées, du point de vue botanique comme du point de vue esthétique.

Valeur thérapeutique et culinaire

Liée le plus souvent à des connaissances empiriques transmises de générations en générations, la valeur thérapeutique est le plus souvent évoquée par les habitants du village (Arnica des montagnes, sauge, mélisse, armoise ou reine des prés).

Parmi les plantes citées pour leur valeur culinaire : les champignons, souvent sur des lieux bien spécifiques, les pissenlits, les campanules en thyrses et les épinards sauvages.

Cependant, peu de personnes collectent aujourd'hui des plantes médicinales ou culinaires dans les prairies, excepté les champignons. La collecte de plantes à vertus thérapeutiques est moins pratiquée par rapport aux générations antérieures, probablement par une perte de ces connaissances empiriques. C'est donc une activité probablement appelée à diminuer, voire disparaître.

Valeur faune/habitat

Les prairies ont également une importance écologique pour la faune : elles sont considérées comme zone d'habitat et de reproduction pour certaines espèces, ainsi que pour des insectes. Ainsi, la fauche tardive permet de conserver les habitats pour les oiseaux. L'importance de l'ouverture du milieu ainsi que des zones de refuge et de nourriture est décrite : bosquets, buissons et talus situés en bordure des prairies sont alors complémentaires.

Valeur esthétique

C'est l'une des valeurs les plus signalées concernant ces prairies. Les enquêtés insistent particulièrement sur la beauté de la flore et dans une moindre mesure sur l'esthétisme des terrasses et sur la qualité de l'entretien. A propos de la végétation, ce sont en premier lieu la diversité floristique et la multitude des couleurs qui sont appréciées. Ces deux diversités combinées sont les éléments majeurs de la description de ces prairies car elles entraînent une diversité visuelle aussi bien au sein des prairies, qu'entre les prairies. La quantité et densité de fleurs présente impressionne généralement les personnes interrogées. Ceux qui ont l'habitude d'aller se promener dans ces prairies trouvent agréable la succession de végétation au cours de la saison : elle participe au renouvellement du paysage dans le détail, qui n'apparaît donc pas comme figé. L'appréciation esthétique est également liée au sens de l'odorat (parfum des pensées (*Viola calcarata*) et narcisses (*Narcissus poeticus*) notamment)

La valeur esthétique des prairies est également appréciée par la présence des terrasses, l'entretien des prairies. Ainsi, la fauche surtout apparaît comme un vecteur de qualité esthétique.

Valeurs récréative et éducative

La valeur récréative fait partie des valeurs les plus citées par les touristes et résidents secondaires. Les prairies constituent pour eux un espace de détente, de loisirs.

Les prairies sont aussi reconnues pour leur valeur éducative : elles constituent un milieu de découverte, notamment au niveau floristique. C'est souvent la diversité floristique et la présence de faune, domestique ou sauvage, qui est mise en avant.

ANNEXE 8 : Elaboration de la note de valeur patrimoniale de la parcelle*Choix des espèces retenues*

Les espèces ont été choisies sur la base des entretiens. A la suite de ses entretiens, Florian Rivoal a sélectionné quelques espèces considérées comme patrimoniales au sens où les personnes interrogées y étaient très attachées. Nous avons été contraint de refaire une sélection ensuite et notamment d'enlever les espèces printanières comme le crocus ou les gentianes (*Gentiana verna* et *Gentiana acaulis*). En effet, au printemps, nous n'avions pas commencé les suivis floristiques sur toutes les parcelles car les parcelles de certaines trajectoires 2004 n'avaient pas encore été choisies. Si nous avions pris en compte ces espèces printanières, les parcelles 2003 auraient donc eu un avantage sur leur note. Les notes auraient été déséquilibrées entre les parcelles des trajectoires des deux années et cela aurait faussé l'analyse.

Elaboration de la note patrimoniale des espèces retenues

Espèce citée dans 25% ou plus de entretiens : 3 points

Espèce citée dans 10 à 25% des entretiens : 2 points

Espèce citée dans moins de 10% des entretiens : 1 points

Espèces protégée régionalement : 3 points

Espèces dont la cueillette est réglementée : 2 points

Espèce	Citée dans les entretiens	Protection	Note patrimoniale
<i>Arnica montana</i>	Oui		3
<i>Dactylorhiza cruenta</i>	Oui		4
<i>Dianthus pavonius</i>	Non	Protection régionale	3
<i>Dianthus sylvestris</i>	Non	Protection régionale	3
<i>Lilium martagon</i>	Oui	Cueillette réglementée	5
<i>Narcissus poeticus</i>	Oui	Cueillette réglementée	5
<i>Nigritella nigra</i>	Oui		1
<i>Onobrychis montana</i>	Oui		3
<i>Trollius europaeus</i>	Oui		2

Tableau 1 : Liste d'espèces patrimoniales et note patrimoniale

Liste des abréviations et sigles utilisés dans le rapport

Variables de milieu

Précocité	Précocité du début de la saison de végétation
IndPhéno	Indice phénologique
IN	Indice de nutrition azotée
IP	Indice de nutrition phosphorée
IntPerturb	Intensité de perturbation mesurée par la hauteur de la végétation
IntPerturb2	Intensité de perturbation mesurée par la quantité de biomasse aérienne
DatePerturb	Date de la perturbation depuis le début de la saison de végétation

Variables de fonctionnement

Prod	Productivité de la parcelle à la mi-juin 2004
ProdSpe_debut	Productivité spécifique entre la mi-mai et la mi-juin 2004
ProdSpe	Productivité spécifique entre la mi-mai et la mi-juillet 2004
BiomVert (%)	Part de biomasse verte dans la biomasse totale maximum (juillet 2004)
BiomTot	Biomasse totale maximum, prélevée à la mi-juillet 2004
QteLitiere	Quantité de litière (biomasse jaune) accumulée en début de saison (mi-mai)
ProdSpeLitiere	Production spécifique de la litière (biomasse jaune) entre mi-mai et mi-juillet
Perte_litiere	Taux de décomposition de la litière entre octobre 2003 et mai 2004
HautVegMax	Hauteur de végétation maximale
Interception	Interception maximale de la lumière incidente par le couvert végétal

Traits fonctionnels

VegHeigth	Hauteur végétative
CaLength	Etalement latéral de la canopée (longueur)
Rel.inflo.exp	Exposition relative de l'inflorescence
LeafL	Longueur des feuilles
LeafArea	Surface des feuilles
SLA	Surface spécifique foliaire (Specific Leaf Area)
Tough	Résistance à l'étirement
LDMC	Teneur en matières sèches des feuilles (Leaf Dry Matter Content)
SDMC	Teneur en matières sèches des tiges (Stem Dry Matter Content)
LCC	Teneur en carbone des feuilles (Leaf Carbone Content)
LNC	Teneur en azote des feuilles (Leaf Nitrogen Content)
LPC	Teneur en phosphore des feuilles (Leaf Phosphorus Content)

Autres sigles utilisés

RGR	Taux d'accroissement relatif (Relative Growth Rate)
ANOVA	Analyse de variance à un facteur