

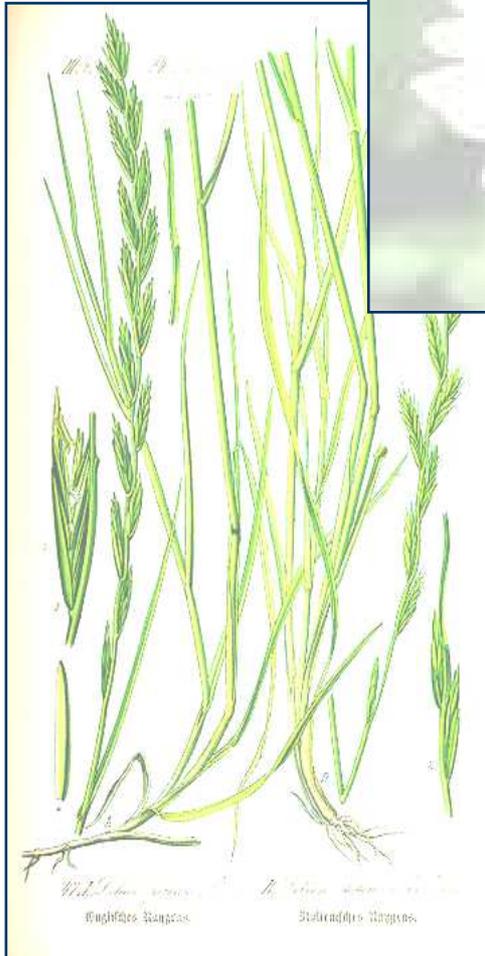


ECOLE SUPERIEURE D'AGRICULTURE  
55, rue Rabelais – B.P. 748  
49007 ANGERS CEDEX 01  
TEL : 02.41.23.55.55



CEDAPA  
2 av. du Chalutier Sans Pitié  
BP 332  
22190 PLERIN cedex

## Rapport Recherche et Innovation



**Facteurs de variation de la  
pérennité du trèfle blanc  
dans les prairies  
d'association « RGA-TB »  
afin de sécuriser le système  
fourrager des éleveurs  
herbagers**

*Promotion 2005  
Année 2009*

Apprenti Ingénieur : AUSSEMS Emmanuel  
Maître d'apprentissage : GOUEREC Nathalie  
Professeur référent : FUSTEC Joëlle



## Rapport Recherche et Innovation



**Facteurs de variation de la  
pérennité du trèfle blanc  
dans les prairies  
d'association « RGA-TB »  
afin de sécuriser le système  
fourrager des éleveurs  
herbagers**

*Promotion 2005  
Année 2009*

Apprenti Ingénieur : AUSSEMS Emmanuel  
Maître d'apprentissage : GOUEREC Nathalie  
Professeur référent : FUSTEC Joëlle

## REMERCIEMENTS

Je tiens vraiment à remercier Nathalie GOUEREC ma maîtresse d'apprentissage pour sa disponibilité tout au long de ce stage et pour son aide lors de la rédaction de mon rapport.

Je tiens aussi à remercier Madame Françoise VERTES qui fait partie de l'INRA de Quimper et qui m'a bien aidé lors de ce travail, son aide précieuse au niveau de la rigueur scientifique a été pour moi très importante.

Je tiens aussi à remercier toutes les personnes m'ont aidé à plus ou moins mesure dans la rédaction et la mise en forme de ce travail. Je remercie en particulier :

- les agriculteurs du Cedapa qui m'ont ouvert leurs portes
- les salariés du Cedapa qui m'ont aidé pour la collecte des informations et m'ont permis de discuter des résultats
- C. COUSSEMENT qui m'a aidé à comprendre un peu mieux le raisonnement de la méthode BRDA-Hérody
- Joëlle FUSTEC, mon professeur référent à l'ESA Angers.
- Et bien d'autres encore...

## TABLE DES ABREVIATIONS

- <b>AB :</b>	Agriculture Biologique
- <b>ACTA :</b>	Réseau des Instituts Techniques Agricoles
- <b>ACM :</b>	Analyse en Composante multiple
- <b>AT :</b>	Alcalino-Terreux
- <b>BRDA :</b>	Bureau de Recherche et de Développement Agronomique
- <b>Ca :</b>	Calcium
- <b>CEDAPA :</b>	Centre d'Etude pour un Développement Agricole Plus Autonome
- <b>CETA :</b>	Centre d'Etude Technique Agricole
- <b>CF :</b>	Capacité de Fixation
- <b>CIVAM :</b>	Centre d'Initiative pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural
- <b>cm :</b>	centimètre
- <b>EDE :</b>	Etablissement Départemental de l'Élevage
- <b>GIS-GEPAB :</b>	Groupe d'Etudes Pluridisciplinaires en Agriculture Biologique
- <b>ha :</b>	hectare
- <b>HS :</b>	Humus Stable
- <b>HV :</b>	Humus Vrai
- <b>iN :</b>	Indice de Nutrition
- <b>INRA :</b>	Institut National de Recherche Agronomique
- <b>ITAB :</b>	Institut Technique de l'Agriculture Biologique
- <b>ITEB :</b>	Institut Technique de l'Élevage Bovin
- <b>K :</b>	Potassium
- <b>KCl :</b>	Chlorure de Potassium
- <b>Kg :</b>	kilogramme
- <b>MAE :</b>	Mesure Agro-Environnementale
- <b>m :</b>	mètre
- <b>Mg :</b>	Magnésium
- <b>MO :</b>	Matière Organique
- <b>MOS :</b>	Matière Organique du Sol
- <b>MOF :</b>	Matière Organique Facilement minéralisable
- <b>MS :</b>	Matière Sèche
- <b>N :</b>	Azote
- <b>NiNi :</b>	Matière organique insolubilisée
- <b>Na :</b>	Sodium
- <b>P :</b>	Phosphore
- <b>PAC :</b>	Politique Agricole Commune
- <b>pH :</b>	Potentiel Hydrogène
- <b>RAD :</b>	Réseau Agriculture Durable
- <b>RGA :</b>	Ray-grass Anglais
- <b>RICA :</b>	Réseau d'Information Comptable Agricole
- <b>RU :</b>	Réserve Utile
- <b>SAU :</b>	Surface Agricole utile
- <b>SFEI :</b>	Système Fourrager Économique en Intrants
- <b>SFP :</b>	Surface Fourragère Principale
- <b>t :</b>	tonne
- <b>TB :</b>	Trèfle Blanc
- <b>VL :</b>	Vache Laitière
- <b>3èF :</b>	Troisième Fraction

# TABLE DES MATIERES

<b><u>INTRODUCTION</u></b>	<b>page 1</b>
<b><u>A. La Problématique</u></b>	<b>page 2</b>
<b><u>a. Bibliographie</u></b>	<b>page 2</b>
1. <u>Définition des termes</u>	page 2
1.1. <u>Point de vue scientifique</u>	page 2
1.1.1. La pérennité des prairies	page 2
1.1.2. Le vieillissement de la prairie	page 3
1.2. <u>Point de vue des agriculteurs du CEDAPA</u>	page 3
1.2.1. La pérennité de « l'herbe » rime avec vieillissement	page 4
1.2.2. Le « salissement » des prairies	page 4
2. <u>Le fonctionnement du couvert prairial</u>	page 4
2.1. <u>Le partage de l'azote</u>	page 5
2.2. <u>Les différents phénomènes d'interaction</u>	page 5
2.2.1. La compétition	page 5
2.2.2. La substitution des espèces	page 6
2.2.3. La facilitation	page 6
2.2.4. Les oscillations naturelles	page 7
3. <u>Quels éléments permettent de gérer les interactions ?</u>	page 7
3.1. <u>Le choix des sols et le climat</u>	page 7
3.2. <u>Le choix des espèces et variétés</u>	page 8
3.3. <u>L'exploitation du couvert</u>	page 9
3.4. <u>La fertilisation et les amendements</u>	page 9
3.4.1. Les éléments majeurs	page 9
3.4.2. Les éléments mineurs	page 10
3.4.3. Les amendements	page 10
<b><u>b. Le contexte d'étude</u></b>	<b>page 12</b>
1. <u>Caractéristiques du réseau</u>	page 12
1.1. <u>Situation des fermes dans le contexte pédoclimatique</u>	page 12
1.2. <u>Des productions au cœur d'un système intensif</u>	page 13
2. <u>La démarche scientifique</u>	page 13
2.1. <u>Hypothèses de travail</u>	page 13
2.2. <u>Matériels et méthodes</u>	page 14
2.2.1. Caractérisation des exploitations de l'essai	page 14
2.2.2. Les données récoltées sur les 60 parcelles	page 15
2.2.3. Objectiver la notion de pérennité des prairies temporaires	page 17
2.2.4. Analyse d'herbe comme outil de diagnostic de fertilité	page 18
2.2.5. Exploitations des résultats	page 19

<b><u>B. Les résultats et observations</u></b>	<b>page 20</b>
1. <u>L'objectivité de la variabilité entre îlots</u>	page 20
1.1. <u>Des différences de rendement certaines entre les deux îlots</u>	page 20
1.2. <u>Une flore plus ou moins satisfaisante selon les parcelles</u>	page 20
2. <u>Les analyses de terres classiques : peu de différences</u>	page 21
3. <u>L'analyse BRDA-Hérody : des enseignements intéressants</u>	page 21
3.1. <u>Des résultats d'analyses peu révélateurs</u>	page 21
3.2. <u>Des sols bien souvent tassés en surface</u>	page 21
3.3. <u>Des sols assez lessivables</u>	page 22
3.4. <u>Des sols nés sur roche mère acide</u>	page 22
3.5. <u>Des cycles organiques perturbés</u>	page 22
4. <u>Des apports d'amendements et de fertilisants assez similaires</u>	page 23
5. <u>Les analyses d'herbe : des prairies très bien fertilisées</u>	page 24
6. <u>Tendances dégagées par L'AFCM</u>	page 25
6.1. AFM sur la qualité des sols	page 25
6.2. Présentation des résultats de l'AFM	page 25
6.3. AFM sur la conduite des prairies	page 29
<b><u>C. Discussion des résultats et Conclusion</u></b>	<b>page 30</b>
1. <u>Les analyses d'herbe</u>	page 30
2. <u>Les analyses laboratoire BRDA-Hérody</u>	page 30
3. <u>Certaines disparités de résultats entre parcelles s'expliquent</u>	page 30
4. <u>Pas de différences générales sur les types de conduite</u>	page 31
5. <u>Les limites de l'étude</u>	page 31
6. <u>Les perspectives d'avenir</u>	page 32

## INTRODUCTION

La prairie temporaire est à la base des systèmes durables des agriculteurs herbagers en zones de polyculture-élevage. Il va de soi qu'elle doit être de qualité et qu'elle doit apporter les mêmes garanties de production qu'un système conventionnel basé autour du maïs ensilage. L'objectif est de sécuriser l'alimentation des troupeaux et de faciliter la gestion des stocks de fourrages, qu'ils soient sur pieds ou conservés.

La Bretagne est une région d'élevage où la densité animale est très importante et où les conditions pédo-climatiques sont favorables à la pousse de l'herbe (climat océanique), ce qui permet une productivité des prairies supérieure à la moyenne nationale (Palacio-Rabaud V., 2000). Si les problèmes d'excédents structurels sont rares chez les agriculteurs adhérant un cahier des charges « agriculture durable », pour des raisons historiques et structurelles, ces exploitations restent assez chargées en animaux et doivent donc tirer le maximum de leurs surfaces fourragères.

C'est pourquoi ils utilisent des prairies temporaires composées de ray-grass et de trèfle blanc : productives et bien équilibrées, elles permettent aussi d'importantes économies d'intrants azotés. Le fait d'apporter des légumineuses dans la composition d'une prairie permet un apport d'azote important grâce à leur pouvoir de fixation symbiotique.

Néanmoins, les agriculteurs herbagers déplorent parfois des dysfonctionnements de pâtures sans pouvoir expliquer les phénomènes à l'origine de ces problèmes ! Ce dysfonctionnement se caractérise par une mauvaise pérennité et une disparition du trèfle blanc. La mauvaise conduite de la parcelle et notamment la fertilisation inappropriée pourrait être, d'après les agriculteurs, à l'origine de ces problèmes. En 2006, un travail auprès des agriculteurs du Réseau Agriculture Durable a donc été entamé afin de mieux comprendre ces problèmes de dysfonctionnement et aussi pour essayer de mieux piloter la fertilisation des prairies. Le but était d'élaborer une démarche globale de raisonnement de la fertilisation des prairies. Cet objectif s'inscrit dans la volonté de limiter les coûts de productions et les risques pour l'environnement tout en gardant des prairies de qualité et durables !

On cherche aujourd'hui à mieux comprendre les causes de la disparition du trèfle blanc dans les prairies temporaires. Beaucoup d'aspects ont déjà été abordés par les scientifiques et les agriculteurs tels que les effets de conditions pédoclimatiques, des modes d'exploitation des couverts prairiaux ou encore le choix de espèces et des variétés, connaissances synthétisées par Le Gall et al., (2004). La dégradation des prairies consécutives au piétinement en mauvaises conditions de pâturage est en particulier assez connue. Mais dans certains cas, ces éléments ne permettent pas d'élaborer un diagnostic simple sur le problème de la prairie. Beaucoup d'études montrent la spécificité des prairies ce qui concerne la dynamique des éléments chimiques et organiques dans le sol, ce que ne permet pas d'aborder une analyse de sol classique (Pérès et al, ), d'où l'intérêt de développer une approche plus qualitative et plus basée sur la dynamique biologique du sol.

Mon travail reprend et prolonge l'étude entreprise par le CEDAPA et B. Lebreton en 2006. Les questions auxquelles nous voulons répondre sont :

- Comment diagnostiquer un problème de dysfonctionnement d'une prairie temporaire et identifier les causes ?
- Quels leviers mettre en œuvre pour y remédier, et comment les faire jouer pour maximiser la production des prairies et ainsi sécuriser les systèmes herbagers ?

Dans une première partie bibliographique je ferai le point sur les facteurs connus intervenant sur la pérennité d'une prairie, tant sur le plan des facteurs pédoclimatiques que des facteurs induits (fertilisation, choix variétaux, exploitation...). La partie bibliographique sera complétée par les résultats d'une enquête que j'ai réalisée auprès des éleveurs, visant à préciser et objectiver leurs perceptions et attentes en terme de pérennité des prairies. Je présenterai et analyserai ensuite les résultats de l'étude sols-plantes. Une discussion permettra de proposer des pistes d'amélioration de la pérennité de l'herbe. Pour finir, nous conclurons sur le travail réalisé et essayerons de proposer une suite à cette étude.

## **B. La Problématique :** *Quels mécanismes et pratiques jouent un rôle dans le fonctionnement et la pérennité d'un couvert prairial ?*

### **a. bibliographie**

Comme en agriculture biologique, les systèmes durables sont basés autour du lien au sol et de l'utilisation de ressources organiques : l'herbe et des prairies d'association graminées-légumineuses ont une place essentielle (cahier des charges du CEDAPA, 2002), et l'autonomie alimentaire est la condition majeure du bon fonctionnement technique et économique des systèmes de production (Fustec, 2008). Il est donc nécessaire que la qualité des prairies, c'est-à-dire leur aptitude à rester productives dans le temps en gardant un bon équilibre entre les espèces de graminées et légumineuses se maintienne. Les éleveurs parlent de « pérennité » des prairies : afin d'explicitier leur perception des problèmes rencontrés et leurs attentes, j'ai réalisé une enquête auprès de 13 éleveurs (annexe 1), dont les résultats sont exposés après le « point de vue scientifique ».

## **4. Définition des termes : revue bibliographique et points de vue des agriculteurs du CEDAPA.**

### **4.1. Point de vue scientifique :**

#### **4.1.1. La pérennité des prairies.**

La prairie est une formation végétale herbacée principalement composée de graminées, souvent issue en région tempérée de la déforestation par l'homme (prairies permanentes), ou cultivée par semis pendant plusieurs années (prairies temporaires de 1 à 6-7 ans, voire plus). Elles sont destinées à être pâturées ou fauchées. Les graminées prairiales, pérennes, sont souvent accompagnées de légumineuses et dicotylédones diverses. Les prairies sont une culture pérenne dans le sens où elles sont en place pour plusieurs années et produisent tout au long de leur vie.

Pour une prairie graminée – trèfle blanc, où la légumineuse assure la nutrition azotée en alternative aux apports de fertilisants, le terme pérennité voudrait dire deux choses :

- maintenir une productivité correspondant aux besoins du troupeau
- maintenir une qualité nutritive satisfaisante

Le maintien de sa productivité et de sa pérennité est plus difficile à obtenir qu'avec une prairie en culture pure (ITEB-EDE, 1986), car on ne peut pas la piloter avec des apports de fertilisants : il faut maintenir l'équilibre entre espèces (souvent ray-grass anglais = RGA et trèfle blanc = TB). En effet, le trèfle est le moteur du couvert prairial, c'est pourquoi sa

présence est indispensable (Pochon, 1993). La maîtrise de la pérennité du trèfle blanc dans les associations avec graminées (et donc de la productivité de la prairie) n'est pas un problème nouveau (Nösberger, 1983 ; Pfimlin et Journet, 1983 ; Vertès et Le Meur, 1993 ; Simon, 1993 ; Leconte, 1993) et le sujet reste d'actualité (Lemasson, 2008).

#### 4.1.2. Le vieillissement de la prairie

Un groupe de travail rassemblant des scientifiques européens (Conijn et al., 2002 ; Conijn et Taube, 2003) a fait le point sur les causes de destruction des prairies dans leurs pays respectifs. Le tableau 1 résume les principales raisons avancées par les experts du développement, classées en importance décroissante.

Raisons		NL	B	UK	DK	D	F	IRL
Composition botanique	sp semées	+ < 50% rga	+	+	+ maladie TB	+	+ déclin TB	+ < 40% rga
	invasives	+ chiendent	+ rumex, chiendent	+ rumex		+ rumex	+ rumex	+ rumex
Rotations herbe-culture		+	+	+ 5 ans	+ (3-4 ans)	+	+	+
Déclin de production		+	+	+	+	+	+	+ ensilage
Compaction sol		+	+	+		+	+	
Qualité herbe		+			+	+		+
Dégâts piétinement, refus		+		+				
Diminution nutrition N			+				+	
Maladies ou parasites		+			+			
Enracinement superficiel		+ (fort N)						
Retard à l'ensilage		+ (fort N)						
Dégâts gel		+ (fort N)						

*Tableau 1: Principales raisons de la destructions des prairies (d'après Conijn et al., 2002 et Vertès et al., 2003).*

D'après Lemasson (2008), le vieillissement d'une pâture se définit comme la dégradation de la qualité du couvert à deux niveaux :

- le vieillissement particulier de chacune des espèces végétales présentes à cause de ses exigences écologiques propres : la modification d'un ou plusieurs facteurs du milieu (sol, climat...) peut fragiliser, voire faire disparaître une espèce végétale.
- le vieillissement de la communauté végétale par les phénomènes d'interactions entre les espèces qui entrent en jeu dans le fonctionnement de ce peuplement.

Le vieillissement se matérialise par l'apparition de sol nu (disparition des espèces semées) permettant l'invasion d'espèces nouvelles dans le couvert. Ces espèces peuvent être plus ou moins tolérables en fonction de leurs caractéristiques agronomiques et zootechniques propres. On tolérera plus le pâturin des prés que l'agrostis stolonifère par exemple. Par contre on ne tolérera pas du tout certaines plantes vivaces (chardon et rumex) non consommables ou toxiques et envahissantes, qui salissent la parcelle sur du long terme.

#### 4.2. Point de vue des agriculteurs du CEDAPA

Une enquête sous forme de questionnaire non directif auprès de 13 éleveurs du CEDAPA a été réalisée au printemps 2009 (voir annexe 1). L'objectif de ce sondage était de mieux cerner ce que voulait vraiment dire pour eux le terme « pérennité » d'une prairie temporaire. Bien que le nombre des agriculteurs interrogés reste faible, il permet cependant de connaître le ressenti de terrain sur le sens qu'ils donnent à ce terme.

#### 4.2.1. La pérennité de « l'herbe » rime avec vieillissement

Une prairie pérenne c'est d'abord une prairie qui dure longtemps tout en restant facile à exploiter (11 réponses). C'est ensuite une prairie où se maintient un bon équilibre entre les espèces et notamment une part suffisante de trèfle blanc (6 réponses). Enfin, le salissement (4 réponses) et le type d'exploitation de la prairie viennent à la fin.

A l'inverse, lorsqu'on leur demande ce qu'est une prairie non pérenne, ils répondent le plus souvent par la baisse ou la disparition du TB (6 réponses), viennent ensuite le salissement (5 réponses) et la baisse de production (5 réponses). Il serait donc plus facile d'évaluer l'état d'une prairie par la flore présente que par la perte de rendement de la pâture, ce qui correspond au tableau 1 (changement de flore indicateur de moindres performances des prairies).

Lorsqu'on aborde la durée idéale des prairies avant d'être retournées, la majorité des éleveurs répondent 6 et 8 ans (8 réponses sur 13). Néanmoins, les réponses sont assez différentes. En effet, l'âge minimal va de 3-4 ans (rotations courtes car les prairies ne durent pas plus longtemps dans les conditions pédoclimatiques de la parcelle) à une prairie qui devient permanente, c'est-à-dire qui dure le plus longtemps possible.

#### 4.2.2. Le « salissement » des prairies

Le salissement d'une parcelle est perçu différemment en fonction des exploitants, et concerne à la fois le développement d'adventices indésirables et d'espèces non semées de plus ou moins bonne valeur fourragère. Lorsqu'on demande s'ils acceptent qu'une prairie se salisse, 5 ont répondu qu'ils l'admettaient contre 6 qui ne l'admettaient pas, et 3 qui tolèrent en fonction des adventices présentes. Une personne a même répondu qu'elle admettait jusqu'à 1/3 de flore naturelle dans sa prairie. Néanmoins, mettre un chiffre sur le seuil de tolérance est très difficile pour les éleveurs : le jugement porté sur l'aspect visuel d'une parcelle est un élément très personnel et très subjectif, ce qui rend difficile l'analyse des données de groupe et nécessiterait une enquête plus large.

L'intensification des systèmes y est cependant pour beaucoup : plus le système d'exploitation est intensif, plus le besoin de production est important et donc plus il importe à l'exploitant de garder des espèces productives et une proportion de trèfle relativement importante. Or les espèces non souhaitées qui envahissent les pâtures à la suite de la disparition des espèces productives diminuent la productivité des couverts.

Les adventices qui gênent le plus les éleveurs sont en premier lieu les deux vivaces bien connues de tous les agriculteurs herbagers : le rumex (*Rumex acetosa* L., nom vernaculaire : paille) et le chardon (*Cirsium arvense* L., nom vernaculaire : chardon rampant) avec respectivement 9 et 7 réponses chacun. Ensuite viennent les graminées non productives traçantes (*Agrostis stolonifera*, Brome mou et chiendent) avec 5 réponses. Pour deux des 13 agriculteurs, le pissenlit peut devenir gênant s'il devient trop abondant. Là encore, les réponses des éleveurs enquêtés confirment celles de l'étude d'Europe du Nord (tableau 1).

## 5. Le fonctionnement du couvert prairial et les phénomènes mis en jeu.

Comme nous l'avons dit plus haut, le trèfle est le moteur de l'association graminée – trèfle blanc. Cela est dû à son autonomie de nutrition azotée par la fixation symbiotique et par le fait que le mélange d'espèces permet un gain de production en raison d'un effet de complémentarité entre ces espèces (Fustec, 2008), comme par exemple l'utilisation des ressources à des moments différents ou encore une colonisation racinaire à des profondeurs de sol distinctes (Soussana et Loiseau, 1996).

Par exemple, Li (2007) montre sur les associations blé-légumineuses des phénomènes de facilitation pour l'azote et le phosphore au niveau de la sphère racinaire. La complémentarité entre espèces amène ainsi à des séparations de niches du fait de leurs besoins en éléments différents, et ces séparations de niches jouent aussi un rôle au niveau de la facilitation, phénomène que l'on expliquera un peu plus loin.

### 5.1. Le partage de l'azote

A la base de la complémentarité des espèces il y a le partage des ressources du milieu. La légumineuse fixe l'azote atmosphérique et ne rentre pas en compétition avec la graminée pour ce facteur de croissance.

La fixation de l'azote de l'air par les légumineuses a été décrite dès 1838 par Boussingault (Trinchant, 1998 in Morot-Gaudry, 1998). Et plus tard, on fera directement la relation entre la fonction fixatrice de la plante et la présence de nodosités (symbiose bactéries – légumineuse) au niveau des racines. On recense plus de 90 genres de bactéries diazotrophes, c'est-à-dire capables de réduire l'azote moléculaire en azote ammoniacal. Pour les légumineuses, la symbiose se fait avec les bactéries de la famille des rhizobiacées (Rhizobium, Sinorhizobium, Bradyrhizobium et Azorhizobium).

Beaucoup de nodosités racinaires sont d'ailleurs légèrement colorées en rose. C'est une particularité qui permet de différencier les nodosités efficaces des non-efficaces (Morot-Gaudry, 1998). Grâce à cela on peut faire un diagnostic de l'observation des nodosités dans la parcelle et savoir si la légumineuse fonctionne correctement.

### 5.2. Les différents phénomènes d'interaction

#### 5.2.1. La compétition

Dans toute association d'individus, se produisent des phénomènes de compétition plus ou moins aigus selon que les individus ont ou pas la même physiologie et les mêmes besoins en terme de facteurs de développement.

Les principaux besoins des plantes sont nutritifs : eau, lumière et éléments nutritifs, dont l'azote. Les conditions de croissance sont ensuite essentiellement régulées par la température, influant sur tous les processus biochimiques. La lumière a un rôle déterminant sur la croissance et la morphogénèse (Haynes, 1980 ; Simon, 1989) car, la production de nouveaux organes se fait au niveau des sites d'émissions situés au ras du sol que sont le plateau de tallage pour les graminées et les stolons (équivalents de tiges rampantes) pour le trèfle blanc.

La repousse d'un couvert de ray-grass – trèfle blanc se caractérise par deux phases successives (Simon et al, 1990) :

- La première phase est celle où la compétition pour la lumière est faible. Ce sont alors les autres facteurs de croissance (température, alimentation hydrique et minérale...) qui conditionnent la repousse du couvert.

- La seconde phase est caractérisée par des phénomènes de compétition pour la lumière agissant sur la morphogenèse des plantes : faute de lumière on observe pour le trèfle le ralentissement du rythme d'émissions de nouvelles feuilles, l'arrêt de la ramification et l'allongement des stolons. Si le couvert est trop dense, on observe une mortalité excessive des ramifications.

De plus, la graminée a un port plus dressé que le trèfle blanc, et captera donc mieux la lumière que ce dernier en fin de cycle végétatif, ce qui diminuera la quantité de lumière transmise au trèfle. Du coup, la sous-exploitation des couverts prairiaux entraîne la régression du trèfle.

La température influence la croissance des espèces en association et l'équilibre entre elles au cours de l'année : TB et RGA diffèrent en effet par leurs exigences thermiques. Plus élevées pour le trèfle. Cela s'exprime par un zéro de végétation plus élevé pour le TB (4-6°C contre 0°C) et des optimums thermiques qui vont aussi dans ce sens (25°C contre 20°C pour le ray-grass). C'est pourquoi le trèfle blanc contribue plus au rendement de l'association en été qu'au début du printemps.

### 5.2.2. La substitution des espèces

En Suisse, les mélanges pour cultures dérobées et prairies temporaires sont généralement constitués de 1 à 2 légumineuses et de 2 à 4 graminées (Fig. 1). Leur composition s'appuie sur le principe de substitution des espèces dans le temps (Mosimann et al, 2004). Les espèces qui couvrent rapidement le sol sont associées à des espèces plus pérennes et d'implantation plus lente. A ces espèces sont associées des espèces accompagnatrices telles que la fétuque rouge ou la fléole afin d'obtenir un gazon épais et dense.

Année de semis	→	2 <sup>ème</sup> année principale
Trèfle violet & Ray-grass anglais	espèces accompagnatrices pour augmenter la productivité du mélange	Trèfle blanc & Dactyle

*Figure 1 : Substitution des espèces au cours du temps dans les mélanges suisses*

### 5.2.3. La facilitation

Lesuffleur (2003) a mis en évidence le phénomène de facilitation et le définit comme étant une interaction positive qui permet de compenser les effets négatifs de la compétition. Dans notre cas, la légumineuse fournit par ses racines de l'azote au sol par rhizodéposition et exsudation, enrichissant le sol en éléments azotés directement utilisables par la graminée.

De plus Li (2007 ; 2008) montre que ces éléments azotés acidifient le milieu autour des racines. Cette acidification favorise la transformation de phosphore inorganique en phosphore organique. La graminée utilise plus facilement le P organique alors que la légumineuse utilisera elle le P inorganique : on a là encore une séparation de niche issue de la facilitation entre la céréale et la légumineuse.

Une hypothèse sur les différences variétales en terme d'acidification du milieu autour des racines est émise (Fustec, comm. personnelle) et pourrait ainsi faire l'objet de critères de sélection dans les années à venir mais n'a pas pu être vérifiée auprès de ces organismes de sélection.

#### 5.2.4. Les oscillations naturelles

Schwimming et Parsons (1996) ont analysé la dynamique de variations des proportions de trèfle blanc, intra- et interannuelles, grâce à un essai de longue durée sur des prairies de ray-grass – trèfle blanc en Nouvelle Zélande. Elles résulteraient des évolutions de niveau trophique dans les sols : lorsque le taux de trèfle est élevé, la légumineuse transfère beaucoup d'azote à la graminée via les restitutions au sol. Celle-ci se développe comme si elle était très fertilisée et de ce fait, concurrence et fait régresser le trèfle blanc. La quantité d'azote entrant sur la parcelle diminue alors, réduisant la croissance de la graminée et donc la concurrence vis-à-vis du trèfle blanc : le milieu redevient plus favorable à la légumineuse. Ce cycle de 3-4 ans peut être affecté par les aléas climatiques.

La proportion des espèces varie aussi au cours de l'année avec une plus faible teneur en trèfle en début de printemps que pendant l'été et l'automne, le trèfle ayant une courbe de production décalée vers les périodes chaudes comparativement au ray-grass anglais plus efficace à basses températures.

### 6. Quels éléments permettent de gérer les interactions du couvert prairial ?

Nous venons de rappeler l'action des facteurs de croissance des 2 espèces. Certains éléments sont peu maîtrisables (sols et climats) tandis que d'autres (choix des variétés, conduite du pâturage) vont permettre de valoriser les atouts et pallier (plus ou moins) les limites pédoclimatiques.

#### 6.1. Le choix des sols et le climat

Le trèfle, comme le ray-grass ont besoin d'une alimentation hydrique régulière. C'est pourquoi les régions de climat océanique, doux et humides ont un climat souvent favorable à l'herbe (Ouest de la France, Irlande, Nouvelle Zélande).

La pérennité du TB est en partie conditionnée par sa survie hivernale et sa repousse printanière, les basses températures modifiant à la fois la morphogenèse de la plante et le niveau de ses réserves carbonées et azotées qui sont mobilisées pour résister au froid (Guinchard, 1995). La plante accumule de l'amidon en automne et l'hydrolyse en hiver pour résister au froid et donc survivre l'année qui suit. L'accumulation d'azote sous forme de protéines solubles sont plutôt nécessaires à la reprise en végétation au printemps.

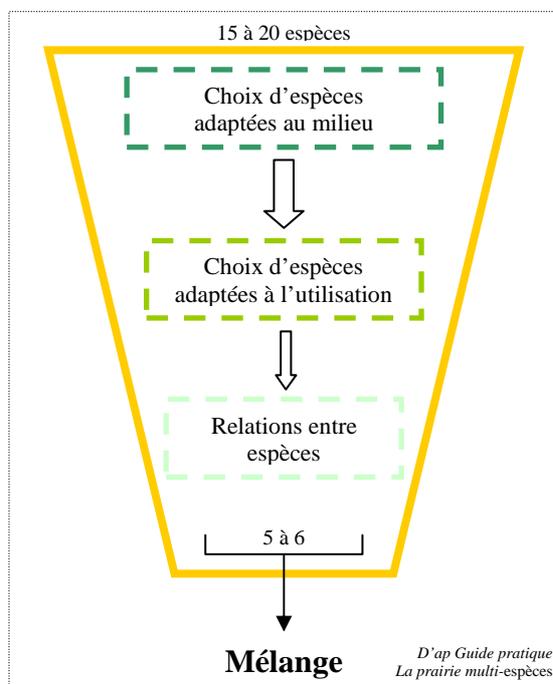
La pérennité des associations dans l'Ouest a fait l'objet de travaux menés conjointement par l'INRA, l'Institut de l'élevage et la Chambre d'Agriculture dans les années 1980. Vertès et al. (1989) ont montré que les sols hydromorphes sensibles à la compaction sont défavorables au trèfle car les racines de celui-ci sont asphyxiées et les nodosités se développent mal. Le ray-grass n'apprécie guère d'être les pieds dans l'eau en hiver, contrairement à la fétuque qui résiste mieux à l'hydromorphie. Les meilleurs sols pour les cultures sont également les plus favorables aux associations : sols profonds (à bonne réserve utile) en situation régulièrement arrosée. Un sol bien structuré se réchauffera plus rapidement au printemps et sera un démarrage en végétation plus précoce qu'un sol lourd et argileux. Dans une synthèse récente, Le Gall (2004) résume les points forts et faibles des sols les plus propices aux associations graminées-légumineuses (voir tableau 2 ci-dessous) :

Type de sol	Points forts	Points faibles
Sols sablo-limoneux sur granite	sain très structuré portant	Profondeur moyenne nécessitant une pluviosité régulière en été
Sol limoneux ou argilo- limoneux profonds	Favorable si sain et bien structuré Bonne R.U.	Sensible au piétinement en conditions humides Attention à l'hydromorphie
Sols limoneux ou argilo- limoneux sur schistes ou grès	Sol à bonne RU	Sol plus superficiel Problème d'écoulement des eaux

*Tableau 2 : Points faibles et forts des sols propices aux prairies d'association (Le Gall, 2004).*

## 6.2. Le choix des espèces et variétés

Dans une prairie d'association, le choix des espèces se fait en fonction de 3 critères généraux (Coutard, 2007 ; Charles et Lehmann, 1989) qui sont les conditions pédoclimatiques de la parcelle, l'utilisation que l'on veut faire de cette prairie (fauche, pâture, mixte) et enfin des critères de sociabilité de l'espèce considérée dans le mélange (une espèce agressive<sup>1</sup> telle que le dactyle ou le trèfle violet sont à implanter à faibles doses). C'est ce que résume la figure 4.



Pour une prairie graminées-légumineuses, il est bon d'avoir des espèces à la fois productives au début mais pérennes dans le temps afin d'obtenir des mélanges qui puissent produire de façon homogène pendant au moins 5 à 6 ans. C'est la durée de vie moyenne des prairies temporaires qu'ont les agriculteurs herbagers de Bretagne.

*Figure 4 : Choix des espèces pour des prairies multi-espèces*

Le choix des variétés se fait sur la combinaison de 2 espèces selon les critères évoqués ci-dessus afin d'obtenir un mélange de variétés équilibrées. Ce choix variétal est vraiment important pour la pérennité future de la prairie (Le Gall, 2004) : l'agressivité du trèfle sera liée à la taille de ses feuilles tandis que celle des variétés de RGA se définit suivant leur ploïdie. L'utilisation des variétés agressives de type Trèfle blanc « géant » est conseillée uniquement lorsque la concurrence est importante, c'est à dire lorsqu'on veut utiliser la prairie en fauche (ou pâturage tournant avec durée de repousses supérieure à 35 jours) ou que le sol est a priori peu favorable au trèfle (hydromorphie). Du coup, l'agressivité trop importante de ce type de trèfle blanc (exemple : Aran) devient un avantage dans un milieu moins favorable.

<sup>1</sup> Une espèce agressive est une plante qui se développera de façon excessive vis-à-vis des autres espèces du mélange et perturbera donc l'équilibre de la prairie.

A l'inverse, les variétés à petites feuilles qu'on appelle « trèfles nains », ou type « sauvage » sont les moins agressives. Elles ont un port plus rampant et sont donc très adaptées au pâturage (dominant en Nouvelle Zélande par exemple). Elles peuvent aussi supporter le pâturage continu par exemple, qui limite la compétition avec la graminée pour la lumière (Simon et al, 1997).

Les éleveurs notent aussi que le trèfle blanc est peu performant en fauche à foin, à la fois à cause de la forte compétition pour la lumière et parce que ses feuilles fragiles restent en partie sur le sol lors des récoltes

### 6.3. L'exploitation du couvert

Le pâturage est un facteur important de la pérennité du trèfle blanc et donc de la prairie. Bien conduit, il permet de réguler la compétition pour la lumière et favorise l'équilibre entre les 2 espèces. Trop intense, il ne permet pas au trèfle de reconstituer ses réserves, trop faible il permet à la graminée d'étouffer la légumineuse et, fait dans les mauvaises conditions, il peut entraîner des dégâts importants, plus ou moins réversibles. Ainsi, le pâturage intensif sur sol humide à structure fragile est une pratique très préjudiciable au trèfle (Leconte, 1993) à cause de deux types d'effets :

- **les effets directs** : blessure, l'écrasement, le sectionnement et l'enfouissement des organes végétatifs plus néfastes pour le trèfle que pour le ray-grass. Vertès et al, (1988) ont observé une forte mortalité des stolons et une forte chute des points végétatifs du trèfle, induisant un déséquilibre du couvert au profit du ray-grass.
- **les effets indirects** : le piétinement modifie la structure du sol par tassement. La compaction d'un sol est très néfaste au développement racinaire du trèfle, à l'activité biologique des sols (Cluzeau *et al.*, 1992) et rend la végétation très sensible à la sécheresse. Vertès et al (1989) ont montré que les dégâts de piétinement en fin d'automne étaient plus réversibles qu'en début de printemps, ou la graminée, souvent moins abîmée, a un fort avantage de croissance. La fixation symbiotique est quant à elle moins efficace sur sols compactés car les nodosités peuvent manquer d'oxygène.

### 6.4. La fertilisation et les amendements

#### 6.4.1. Les éléments majeurs

Divers auteurs ont montré que la pratique de la fertilisation azotée a souvent un effet néfaste sur le taux de trèfle (Loiseau, 2001 ; Pochon, 2002 ; Schils, 2004 ; Simon, 1997) en favorisant la graminée qui concurrence trop fortement le trèfle blanc. De plus la présence d'azote minéral dans le sol réduit l'activité fixatrice au profil de l'assimilation, et le passage d'un mode de nutrition à l'autre consomme des ressources, ce qui limite aussi la croissance de la légumineuse (Soussana *et al.*, 1995).

Les prairies d'association peuvent bien souvent se passer d'azote. Simon (2003) montre ainsi que l'apport d'azote n'est pas nécessaire ni au semis d'automne des prairies d'association, ni au printemps suivant. En revanche, des essais en Normandie et Bretagne plus continentale ont montré qu'un apport sur prairies temporaires en sortie hiver peut être envisagé, sans dépasser 50 kg d'azote par hectare (Le Gall, 2004). Ces apports sont à raisonner en fonction du taux de trèfle et du degré d'intensification des parcelles de prairie (hectares d'herbe disponibles au printemps, réchauffement de la parcelle, exigences de croissance de l'herbe).

Le trèfle blanc a des besoins plus accrus en phosphore et potasse, et André POCHON préconise des apports réguliers de phosphore et potassium sur les prairies, ils sont de l'ordre de  $150\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  pour le phosphore et  $200\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  pour la potasse. Néanmoins des analyses d'herbe réalisées dans les fermes d'élevage montrent que les besoins en phosphore et en potassium sont généralement couverts par l'alimentation et la paille, les besoins réels des associations graminées-légumineuses étant quasi identiques à ceux des graminées pures (Le Gall, 2004). En régime de pâture, les besoins sont faibles, car les animaux restituent au pâturage 70% du phosphore et 90% du potassium ingérés.

On sait aussi que l'apport de soufre (S) est très important pour les végétaux, et en particulier pour le bon fonctionnement des légumineuses : cet élément augmente la taille des nodosités et donc leur capacité à fixer l'azote de l'air (Varin et al, 2009). C'est aussi un élément qui joue un rôle important en terme de biodiversité, de la qualité du fourrage et du fonctionnement de l'écosystème prairial (Murphy et Boggan, 1988).

#### 6.4.2. Les éléments mineurs

Les légumineuses ont besoin pour réaliser la fixation symbiotique d'éléments métalliques. C'est la nitrogénase qui est l'enzyme clé de la réduction de l'azote atmosphérique. Cette enzyme est constituée de deux métaloprotéines : la protéine à Fer et la protéine à Molybdène-Fer (Trinchant *et al*, 1998 in Gaudry, 1998). Ces deux éléments sont nécessaires au bon fonctionnement des légumineuses. Cependant aucun travail connu ne met en évidence les risques de carence de ces deux éléments. Pour ce qui est du fer, les sols bretons en sont gorgés étant donné qu'ils ont été formés sur des substrats schisteux et granitiques très riches en fer. De plus, cet élément s'assimile bien en milieu acide, caractéristique des sols bretons. Pour le molybdène, les pH acides jouent plutôt dans un sens de baisse de sa biodisponibilité, contrairement au cas de tous les autres oligoéléments.

#### 6.4.3. Les amendements

Malgré des réponses variables des prairies de longues durées au chaulage (Fabre, 2006), il permet d'améliorer le potentiel d'un sol sous prairie en :

- augmentant l'absorption de l'azote, due à une plus grande disponibilité de la matière organique aux micro-organismes, ce qui augmente la minéralisation,
- améliorant la biodisponibilité et une meilleure absorption du phosphore,
- favorisant des espèces prairiales plus productives et de meilleure qualité fourragère,
- améliorant la structure du sol, son ressuyage et les conditions d'enracinement.

La priorité du chaulage est de limiter les risques liés à l'acidification et donc à la toxicité aluminique dont les seuils sont variables autant en ce qui concerne la valeur du pH que la concentration en élément Al dans le sol (Fabre, 2006). Les autres éléments de l'itinéraire techniques et les objectifs que l'on veut atteindre (mode de récolte, niveaux de rendement, fertilisation...) sont aussi à prendre en compte pour définir les politiques d'entretien du statut acido-basique. En effet, une prairie de fauche nécessitera des apports d'éléments basiques plus importants qu'au pâturage, ainsi qu'une prairie fertilisée avec de l'azote facilement utilisable (lisier, ammonitrate) qui acidifie rapidement le sol.

On a vu que les apports d'engrais de ferme permettent bien souvent de couvrir les besoins de la prairie en éléments nutritifs. Grâce à la part importante des prairies dans l'assolement des exploitations en agriculture durable, la teneur en matière organique dans le sol est bien souvent satisfaisante (Le Gall, 2004).

L'hypothèse faite par les agriculteurs du CEDAPA est que « ce qui pêche, c'est la gestion des différentes formes de matières organiques dans le sol (MOS). Ce domaine est relativement peu connu (Six et al, 2002). Les éleveurs ont fait appel à la méthode BRDA développée par Hérody dans les années 1970, qui permet de les différencier selon une classification qualitative des formes de MOS et donc de préconiser des apports de matière organique cibles sous différentes formes, en fonction des disponibilités sur la ferme (Massenot, 2000). Le plus gros problème viendrait de la pratique de la mono-fertilisation organique (« tout compost » ou « tout lisier » pour les extrêmes) sur les exploitations d'élevage induisant un déséquilibre entre les différentes formes de matières organiques dans le sol.

Il faut savoir que toute matière organique n'est pas synonyme de fertilité. En fonction des conditions pédoclimatiques, l'activité microbienne va gérer les équilibres entre :

- l'accumulation de matière organique plutôt inactive
- la minéralisation de matière organique plus labile assurant la nourriture des microbes
- l'humification créant de la matière organique stable, constitutive ou non du complexe organo-minéral.

Nous développerons le principe de la Méthode BRDA-HERODY dans la partie matériels et méthodes.

Des controverses existent autour de cette méthode, et des échanges entre Yves Hérody et la communauté scientifique ont eu lieu en 2003 (séminaire sur les recherches en Agriculture Biologique INRA-ACTA) afin de discuter sur les analyses qualitatives des matières organiques des sols (points d'accord et de désaccord). Pour la communauté scientifique, la définition des différentes formes de la matière organique ne fait pas l'unanimité. En effet, même si la sous compartimentation de la matière organique en deux compartiments (humus stable et fraction facilement minéralisable) est consensuelle, les caractérisations plus précises des différents sous-compartiments proposés depuis une vingtaine d'années et la classification faite par Yves Hérody ne satisfont pas tout le monde (Péres, 2003). Des désaccords existent aussi en ce qui concerne les méthodes de laboratoire utilisées, notamment sur les extractants utilisés pour compartimenter la matière organique. Des travaux réalisés par le GIS-GEPAB, basés sur la littérature existante, montrent que ces réactifs permettent d'extraire une gamme d'éléments organiques plus étendue que celle escomptée, et qu'il existe des possibilités de recouvrement avec les réactifs utilisés pour caractériser les différentes formes de fer.

Pour ce qui est du compartiment minéral, l'approche Hérody caractérise les argiles d'un point de vue minéralogique et non granulométrique, avec du Bleu périodique (BP), réactif propre à la méthode et qui n'est pour le moment pas breveté Ceci ne permet pas d'avoir accès au protocole d'élaboration et limite donc son utilisation. Les auteurs justifient le fait du non dépôt de brevet par le souci économique mais aussi pour limiter les dérives d'une méthode qui pourrait très rapidement se limiter à un bordereau d'analyse sans réaliser les observations préalables de terrain, essentielles pour bien interpréter les analyses.

## **b. Le contexte d'étude**

### **3. Caractéristiques du réseau**

Depuis longtemps, les agriculteurs herbagers cherchent à améliorer la pérennité de leurs prairies et à homogénéiser leur production dans le temps, afin d'assurer leur autonomie fourragère, et de satisfaire au fur et à mesure de l'année les besoins alimentaires de leurs troupeaux. Les dysfonctionnements les ont amenés à se pencher sur la santé de leurs sols.

Comme nous l'avons déjà dit dans l'introduction, le recours aux analyses de sol classiques (chimiques) ne leur a pas apporté de réponses : les résultats ne discriminaient pas les « bonnes » et les « mauvaises » parcelles entre elles. C'est pourquoi les agriculteurs ont cherché à mieux de comprendre le fonctionnement du sol en privilégiant d'autres méthodes plus qualitatives.

Rappelons que l'étude a été mise en place alors que les éleveurs avaient traversé des périodes climatiques difficiles : deux années sèches, 2003 et 2005 qui avaient beaucoup dégradé les prairies (disparition du trèfle blanc en particulier).

C'est dans ce contexte que s'inscrit en 2006 la réalisation des diagnostics BRDA-HERODY afin d'avoir une approche plus globale de la qualité d'un sol sous prairie. L'approche BRDA-Hérody intègre non seulement des résultats de laboratoire mais aussi l'observation du profil de sol et de l'environnement de la parcelle (qui entre pour 70% du diagnostic).

L'étude de 2006 a donc couplé, sur 30 exploitations dont le suivi cultural était assuré par les CIVAM locaux, l'analyse de données classiques (analyse de terre – bilan des minéraux), avec une analyse complémentaire « BRDA-Hérody ». L'objectif final était de pouvoir, outre la constitution d'une base de données, élaborer les bases scientifiques d'un diagnostic cultural novateur et applicable à des exploitations à la recherche d'une meilleure performance technique, économique et environnementale, tout en s'inscrivant dans une démarche forte d'autonomie du système d'exploitation.

#### **3.1. Situation des fermes dans le contexte pédoclimatique**

Le climat breton comme celui de la Normandie, est bien connu pour être favorable à la pousse de l'herbe. Des cartes climatiques ont été réalisées par Météo-France pour établir un zonage printanier et estival des croissances d'herbe (figure 14, page 30) où sont repérées les 30 exploitations suivies.

Sur les exploitations enquêtées, on retrouve des sols bretons caractéristiques tels que des sols bruns plus ou moins lessivés, quelques sols hydromorphes ou bruns humifères. (Rivière J.M., 1992). La réserve utile des sols varie beaucoup, de quelques millimètres pour les rankers à plus de 200 mm pour les sols bruns lessivés profonds sur limons.

Une étude précédente avait caractérisé un réseau de parcelles dans 15 exploitations laitières du CEDAPA selon la méthode tarière mise au point par Jean Marie Rivière (1992) (Alard V., 2002) et indiqué des notes moyenne de potentiel de sol variant de 2,2 à 3,9 (moyen à bon donc, sur une classification de 1 = sols de très bonne valeur agronomique à 5 = sols médiocres).

### 3.2. Des productions au cœur d'un système intensif

Le tableau 3 compare les 30 agriculteurs de l'étude au réseau RICA (exploitations d'herbivores ayant des résultats représentatifs des exploitations du Grand Ouest) de 2007. Ce réseau est constitué de 374 fermes des régions Bretagne, Pays de la Loire et Poitou-Charentes et est souvent utilisé comme référence par l'Institut de l'élevage.

Caractéristiques	Réseau RICA 2007	30 exploitations de l'étude
SAU (ha)	54.1	59
SFP (ha)	41.5	48
ha herbe	-	
%maïs dans SFP	28%	13% (maïs+betteraves)
UGB/ha SFP	1.71	1.52
UGB/ha herbe	-	1.77
Lait vendu	224000	265200
Lait vendu/ha SFP	5400	5800
Nb de Vaches laitière	37	45
Lait vendu/VL	6054	5893

*Tableau 3 : Comparaison des structures moyennes des exploitations suivies avec le réseau RICA.*

On voit donc que les exploitations suivies ont un chargement plus faible que les exploitations du réseau RICA et vendent 200 litres de lait en moins par vache. Cependant, elles produisent aussi plus de lait par hectare de SFP que les exploitations du réseau RICA. D'où la nécessité de maintenir une production fourragère à l'hectare importante.

Il faut donc que les agriculteurs maximisent la production de leurs prairies temporaires pour optimiser leur système. La plupart implantent leurs prairies pour une durée de vie assez longue (5 ans minimum) mais les incluent généralement dans des rotations avec des cultures. Pour certains exploitants, du fait de leur chargement élevé, il est nécessaire que ces prairies produisent au maximum de leur potentiel pendant toute la durée de leur exploitation. Une baisse de production et de qualité (disparition du trèfle, salissement, manque de pousse...) d'une prairie temporaire peut mettre en danger le système fourrager de l'exploitation. De plus, il est plus difficile de maximiser le potentiel d'une prairie que le potentiel d'un maïs (Fayel A., Delmas B., 2008). C'est une culture technique et pérenne donc plus exigeante au niveau du suivi.

### 4. La démarche scientifique.

L'étude actuelle a pour but de recenser les éléments susceptibles de jouer sur la pérennité des prairies RGA-TB et sur la disparition du trèfle blanc. Nous disposons pour cela des observations de plusieurs dispositifs mis en place pour essayer de trouver des pistes d'amélioration et permettre de diagnostiquer des problèmes rapidement. L'objectif final étant de bien élaborer un outil de diagnostic simple pour identifier rapidement les causes les plus probables de la disparition du trèfle blanc dans une prairie d'association.

#### 4.1. Hypothèses de travail

Ces hypothèses de travail sont issues des discussions liées à l'étude réalisée en 2006 et à partir de la recherche bibliographique.

- La pérennité étant à priori une donnée plutôt subjective pour les éleveurs, il faut travailler à objectiver cette notion.
- L'analyse de sol classique ne permet pas de diagnostiquer des problèmes de fonctionnement du sol sur les exploitations. Il faut donc chercher d'autres outils de diagnostic d'éventuels dysfonctionnements du sol.
- Les problèmes de pérennité des prairies sont d'origine multi-factorielle. Une analyse statistique multivariée des données de 2006 (données qui sont restées largement inexploitées) peut donc peut-être dégager certaines tendances.
- L'analyse de sol BRDA-HERODY mettait en évidence en 2006 un problème de disponibilité des éléments dans le sol, dû notamment à la présence d'aluminium. On essaiera donc de creuser cette piste : les problèmes de couverts prairial peuvent ils avoir pour origine le blocage de certaines éléments (en particulier le phosphore).

#### 4.2. Matériels et méthodes

##### 4.2.1. Caractérisation des exploitations de l'essai

##### **Choix des exploitations :**

Nous avons choisi des exploitations herbagères de 3 Civams de Bretagne. Ces exploitations avaient nécessairement des problèmes de dysfonctionnement d'une prairie.

Au final, nous avons retenu 30 exploitations réparties sur 3 départements dont les caractéristiques pédoclimatiques étaient différentes (voir biblio).

Nous avons 15 fermes dans les Côtes d'Armor (CEDAPA) 4 fermes dans le Finistère (PARADES) et 11 dans l'Île et Vilaine (ADAGE).

Ces exploitations ont une grande part d'herbe dans leur SAU (70,5%) et même dans la SFP (87%). En moyennes, ces exploitations pratiquent le pâturage 9 mois par an (variation de 7 à 11,5 mois). Le pâturage tournant est le plus utilisé (80% des cas), le reste des exploitations ont des conduites mixtes : paddock – full-grass, paddock – conduite au fil.

##### **Choix des parcelles :**

Deux parcelles devaient être choisies par chaque exploitant, l'une fonctionnant bien, et l'autre moins bien. Bien sûr, cette notion de bon ou mauvais fonctionnement différentiel reste subjective, car personne n'a strictement les mêmes repères d'une exploitation à l'autre.

Il était également demandé que les parcelles soient aussi similaires que possible, c'est-à-dire situées sur la même unité pédo-morphologique, à peu près du même âge et exploitées de façon analogue. Au final, nous avons donc 60 parcelles (30 "bonnes" et 30 "mauvaises").

Ces parcelles sont toutes en prairies d'association RGA-TB et peuvent avoir de 2 à plus de 10 ans. Leurs caractéristiques de conduites et leurs historiques ont été relevés avec une grande précision par les différentes associations.

Les 60 parcelles étudiées ont été échantillonnées sur une période de 3 semaines pour l'analyse BRDA-HERODY. Les échantillonnages ont été effectués après la période froide du début du mois de mai, suivant elle-même une période pluvieuse. Tous les sols ont été échantillonnés en conditions ressuyées, certains étaient même déjà bien secs pour la saison.

#### 4.2.2. Les données récoltées sur les 60 parcelles

##### **Suivi de l'historique des parcelles d'études sur 6 ans et des itinéraires techniques.**

Sur toutes les parcelles de l'étude, on dispose des données suivantes (tableau 5) pour les années 2000 à 2006, collectées en juin 2006 par les techniciens des 3 Civams concernés.

Les informations sur les itinéraires techniques des parcelles concernent :

- la conduite de la parcelle : précédent cultural, mode d'exploitation, durée annuelle du pâturage, relevé des accidents d'exploitation, Evolution de la flore, Rendement des prairies en t MS.ha<sup>-1</sup>
- la fertilisation organique et minérale ainsi que les amendements : Type de fertilisant, dates d'apports, quantités brutes apportées, quantité d'éléments N, P, K, Ca, Mg apportés (kg.ha<sup>-1</sup>).

##### **Analyses de sol**

Le tableau 6 récapitule les informations des analyses de sols classiques :

Donnée récoltée	Abréviation	unité
Capacité d'échange cationique	CEC	meq. kg <sup>-1</sup>
Taux de saturation	TS	%
Potentiel hydrogène du sol avec l'eau	pH eau	
Taux de matière organique	MO	g. kg <sup>-1</sup>
Oxyde de calcium	CaO	g. kg <sup>-1</sup>
Oxyde de magnésium	MgO	g. kg <sup>-1</sup>
Potasse	K <sub>2</sub> O	g. kg <sup>-1</sup>
Pentoxyde de phosphore	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	g. kg <sup>-1</sup>

*Tableau 5 : Données récoltées lors des analyses de sol classiques réalisées en 2006*

Les analyses de sol BRDA-HERODY étant moins connues, j'en rappelle les principes :

Pour Yves HERODY, le principe de base est qu'un sol naît, vit et meurt. L'homme doit donc jouer sur le sol pour que la phase de maturité du sol soit la plus longue possible. La méthode, aussi appelée « modèle de connaissance des sols » vise à comprendre le fonctionnement du sol pour agir favorablement sur son évolution en adaptant les techniques culturales : chaulage, fertilisation organique et minérale, travail du sol.

Son objectif premier est d'évaluer la fertilité du sol vis-à-vis de la plante et la pérennité de cette fertilité. Ce diagnostic passe par trois étapes :

- une connaissance des caractéristiques intrinsèques du sol
- une prise en compte de la pédogenèse
- une intégration de la variabilité spatiale et la dynamique temporelle du sol.

Concrètement, l'analyse se déroule en trois parties. La première a pour but de décrire l'environnement de la parcelle, sa topographie et de faire parler l'agriculteur sur l'historique de cette parcelle. Ensuite, on établit un profil de sol pour observer l'état d'enracinement, la profondeur, la structure du sol et les traces éventuelles d'hydromorphie. Ce profil sert aussi à

caractériser la roche mère. Pour finir, une analyse laboratoire permet de mesurer des éléments qui sont importants pour définir le potentiel de fertilité du sol.

Observation	Indication donnée
Relief, topographie	Circulation de l'eau dans la parcelle
Roche mère	Nature et importance des particules
Carbonatation (0 à 3)	Chaulage nécessaire (carbo 0) ou inutile (2 ou 3)
Différents horizons du sol	Circulation de l'eau dans le sol, lessivage des fines (A + Lf)
Hydromorphie exprimée	Engorgement
Profondeur et texture	Réserve en eau
Structure	Implantation de la culture et qualité de son système racinaire

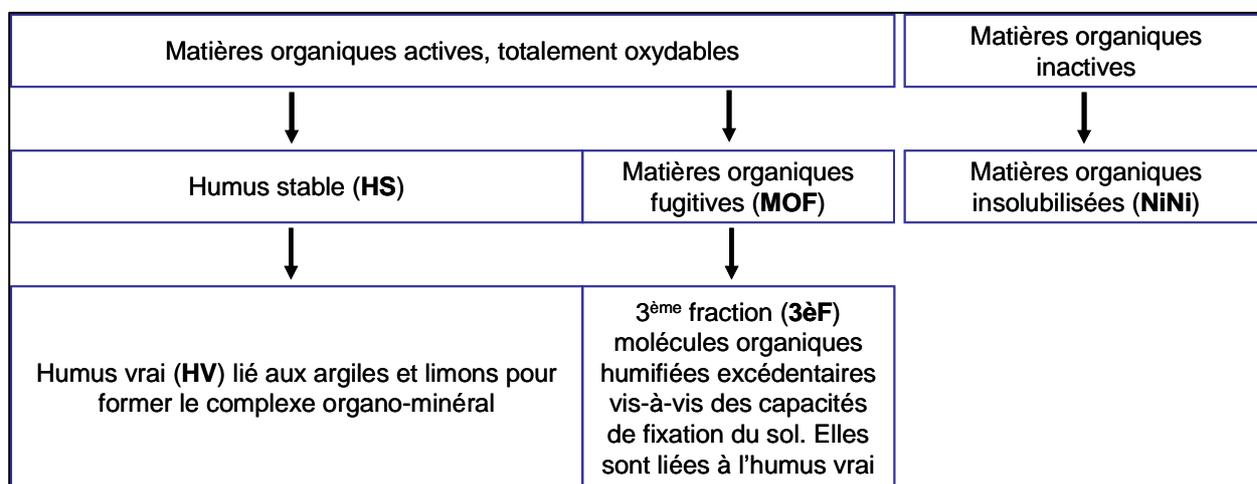
*Tableau 6 : Différentes observations sur le terrain et indicateurs du potentiel de sol d'une parcelle lors d'un diagnostic BRDA-HERODY.*

D'après C. Coussement (personne ayant fait les diagnostics BRDA-Herody), l'analyse de terrain compte pour 70% du diagnostic final de la méthode.

### La dynamique de la matière organique selon HERODY

La matière organique est présente sous différentes fractions dans le sol, que la méthode Herody cherche à différencier, selon le schéma de la figure 3.

La MO peut être soit active (subit la minéralisation et l'humification), soit inactive (accumulation d'humus stable). L'objectif est d'obtenir le maximum de matière organique active qui se décompose en humus stable (HS) et en matières organiques fugitives (MOF). L'humus stable est à la base du complexe organo-minéral tandis que la MOF facilement minéralisée et sert de nourriture à la microfaune du sol.



*Figure 5 : Les différentes formes de matières organiques selon Yves Hérody.*

Massenot (2000) a précisé les caractéristiques des différents compartiments

**L'humus stable (HS) :** L'humus stable est la partie de la matière organique stable qui entre dans la formation du complexe organo-minéral. Le véritable humus stable est l'humus vrai (HV) associé aux composants minéraux actifs par le fer : soit les molécules organiques sont assemblées sur les bords des feuillets des argiles, soit sur la surface du limon.

**La 3<sup>ème</sup> fraction** : c'est en quelque sorte un pseudo-humus biologique. Il s'agit de molécules organiques associées à l'humus stable grâce à des liens organiques. Pour être développée, cette forme de MO nécessite une activité microbienne : elle correspond donc à des sols dont le fonctionnement biologique est correct. Ces valeurs trop basses (manque de vie microbienne) et ses valeurs trop hautes (manque de fer, excès de MO par rapport à la capacité de fixation), montrent donc un dysfonctionnement organique ou microbien du sol.

**Les matières organiques fugitives (MOF)** : ces matières sont facilement dégradables, elles ne sont pas associées au complexe organo-minéral car elles sont plus ou moins rapidement soumises à la minéralisation. Elles proviennent soit de la décomposition des matières organiques brutes, soit de la réutilisation de l'humus stable.

**La matière organique inactive (NiNi)** : le reste de la MO se trouve sous forme d'accumulation à cause d'enrobage ou de tannage. C'est souvent du à des excès de minéraux dans le sol.

L'aluminium est un élément qui bloque l'activité biochimique du sol par tannage. C'est donc un élément perturbateur qu'il faut gérer pour ne pas avoir de problèmes de biodisponibilité.

Le tableau 7 indique les éléments d'interprétation des résultats (Siron, 2004). Ces interprétations sont publiées sur le site de la Chambre d'Agriculture de la Mayenne, à destination des agriculteurs afin qu'ils puissent s'approprier les résultats d'une telle analyse.

#### 4.2.3. Objectiver la notion de pérennité des prairies temporaires

Une des difficultés liée à l'analyse des données est la subjectivité de certaines données : qu'est-ce qu'une prairie non pérenne ? Qu'est-ce qu'une bonne parcelle et une mauvaise parcelle ? Nous avons donc cherché à sécuriser nos données sur ces deux points : approche plus fine de la notion de la pérennité pour les éleveurs, de la notion de salissement, essai de quantification de la production des prairies.

#### Qualité de la parcelle et pérennité

**Sur les 13 fermes du CEDAPA** : 11 de l'étude 2006 et 2 nouveaux éleveurs, j'ai réalisé une enquête sur la totalité des prairies de l'exploitation au niveau de

- la pérennité (voir questionnaire *annexe 7*)
- la flore (évolution des espèces semées et salissement)

Pour ce point, j'ai utilisé le « diagnostic prairial » du GNIS pour pouvoir estimer plus objectivement la qualité de la prairie. L'objectif est de regrouper les agriculteurs en fonction du niveau d'exigence de chacun en termes de qualité des prairies.

#### Estimation du rendement des prairies

Sur 3 fermes du CEDAPA qui utilisent le calendrier de pâturage, il est plus facile d'estimer le rendement de la prairie en fonction du nombre de vaches, de la production de lait et de la ration.

Pour estimer la productivité des deux parcelles étudiées, pour les années 2006 (année de l'étude) et 2008, la dernière année de pâturage, nous avons utilisée la méthode de calcul suivante, basée sur celle du logiciel Herb'evol® de l'INRA) :

- Recensement des informations suivantes :

- date de chaque exploitation
- nombre de jours pâturés par exploitation
- nombre de vaches par cycle de pâturage
- quantité de fourrage récolté si fauche il y a
- fourrage distribué aux animaux en complément du pâturage.
- quantité de lait produite pendant les cycles de pâturage

- Calcul de la quantité de matière sèche produite
  - au pâturage

La quantité ingérée par jour est estimée en fonction de la production par vache, de la date et de la ration de base du moment.

$$\text{Calcul : } A = \sum_{i=1}^p (a * b * c) / h$$

avec

a = nb de vaches laitières  
 b = kg MS ingérée/VL/j  
 c = nb de jours de pâturage  
 i = cycle de pâturage  
 h = taille de la parcelle

- stocks fauchés

$$\text{Calcul : } B = \sum_{i=1}^p (d * e * f) / h$$

avec

d = nb de bottes/ha  
 e = masse de chaque botte  
 f = taux de pertes = 0,10  
 i = cycles fauchés  
 h = taille de la parcelle

- production totale

*Calcul : Quantité totale = A+B*

La plupart des prairies ont une exploitation mixte fauche-pâturage. Nous avons donc ajouté les fourrages récoltés (en y appliquant un taux de perte de 10% qui correspond aux pertes entre le rendement fauché et le rendement réellement utilisable par les animaux) à ceux du pâturage.

#### 4.2.4. Analyse d'herbe comme outil de diagnostic de fertilité

L'étude de 2006 a signalé des différences d'interprétations de teneurs en P et K dans le sol entre les analyses classiques et les analyses BRDA-Hérody. Par exemple, cette analyse diagnostiquait un manque de phosphore (pour des questions de toxicité aluminique notamment) alors que l'analyse de sol classique obtenait de fortes teneurs en phosphore. L'objectif des analyses d'herbe est de connaître les quantités de P et K réellement consommées par la plante et donc savoir si oui ou non ces éléments sont suffisants dans le sol.

Le diagnostic est basé sur l'utilisation des indices de nutrition P et K de la prairie (Farruggia et al, 2000), calculés à partir de bases physiologiques et notamment les besoins en éléments minéraux de la plante. L'interprétation agronomique de ces indices se fait de la façon suivante :

- iN excédentaire pour  $i > 120$ . La suppression de la fertilisation P et K l'année qui suit le diagnostic n'est pas nécessaire, il faut faire l'impasse.
- iN très satisfaisant pour  $100 < i < 120$ : l'impasse est toujours possible

- iN satisfaisant pour  $80 < i < 100$ . Dans cette zone, une augmentation des apports entraîne uniquement une augmentation des teneurs dans la plante et pas le rendement.
- iN insuffisant pour  $60 < i < 80$ . Le rendement est diminué, il faut fertiliser si l'on recherche une prairie intensive.
- iN très insuffisant pour  $i < 60$ . Fertiliser obligatoirement.

Pour ces analyses, on a ciblé les exploitations et les parcelles de la façon suivantes :

- les parcelles où l'analyse BRDA-HERODY indique un blocage du P par l'aluminium.
- les fermes qui ont arrêté la fertilisation potassique depuis longtemps et qui ont des taux de P et K extrêmement faibles.
- une bonne et une mauvaise parcelle sur une même exploitation qui présentent des résultats d'analyse de sol chimiques proches pour voir si la biodisponibilité de P et K peut être un facteur explicatif.

#### 4.2.5. Exploitations des résultats

Les problèmes de dysfonctionnement des prairies sont bien souvent multifactoriels. On va donc faire des analyses statistiques de types multivariées, qui permettent d'analyser des données de types très divers et de faire ressortir les facteurs les plus explicatifs par projection sur des axes factoriels.

En regroupant des données qui semblent avoir la même position dans un axe factoriel, on peut, s'il y a des différences de projection, conclure sur des groupes d'individus plus ou moins corrélés à une ou plusieurs variables explicatives.

L'Analyse en Composante Multiple (ACM) apparaît la plus intéressante car elle permet de mettre en relation des données qualitatives et quantitatives en même temps.

Pour cela, on utilisera le logiciel libre de statistiques : R©.

Les différentes variables sont séparées en différents facteurs en fonction des critères suivants :

- ne pas avoir plus de 4 facteurs par variable
- garder de la cohérence lors de la classification des valeurs quantitatives (utilisation des références régionales, dires d'experts...). Par exemple, pour les données en P2O5 de l'analyse de sol classique, on utilise les références régionales qui renseignent sur l'état de fertilité du sol pour cet élément (teneurs faibles, bonne, élevée).
- avoir à peu près le même nombre d'individu pour chaque facteur d'une variable explicative.
- Les données qualitatives obtenues par la méthode BRDA-Hérody sont utilisées comme facteurs de variables explicatives d'un problème de pérennité. Par exemple, pour la variable « qualité du profil », on a différents facteurs qui sont

Cela permet de construire un tableau à 2 entrées (individus en ligne et variables en colonne) permettant de réaliser l'analyse statistique multivariée (ici une ACM).

L'utilisation du tableur Excel© a permis de construire des tableaux et graphiques permettant de faciliter l'analyse des résultats.

## B. Les résultats et observations

### 2. L'objectivité de la variabilité entre îlots

#### 1.1. Des différences de rendement certaines entre les deux îlots

Nous avons calculé les rendements des prairies chez 4 agriculteurs du CEDAPA qui tenaient le cahier de pâturage (tableau 9).

On remarque une grosse différence entre l'îlot « bon » et l'îlot « mauvais », qui varie de 23% à 59% (moyenne de la différence de ces trois données de 37%). Bien que peu représentative, elle confirme une nette différence de rendement entre une bonne parcelle et une mauvaise.

Ce résultat obtenu sur seulement trois fermes n'a pas valeur statistique mais il nous indique cependant que la différenciation entre bonne et mauvaise parcelle s'appuie sur une réalité bien concrète et mesurable. On peut déplorer que le manque de données disponibles nous empêche d'objectiver sur un plus grand nombre de fermes cette donnée.

	<b>Îlot 1</b>	<b>Îlot 2</b>	<b>différence</b>	<b>% différence</b>
Ferme A	9.9	4.0	5.8	59 %
Ferme B	10.9	8.4	2.5	23 %
Ferme C	7.4	5.3	2.1	28 %
Moyenne	9.4	5.9	3.4	37 %

*Tableau 8 : Différence de rendement (en t MS.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> calculé avec le planning de pâturage chez 3 éleveurs du CEDAPA.*

#### 3.2. Une flore plus ou moins satisfaisante selon les parcelles

Comme nous l'expliquions plus haut, la notion de qualité de la flore est différente entre les agriculteurs et reste très subjective. Celle-ci dépend du potentiel des sols, de l'intensification du système et du point de vue même de l'agriculteur.

Ce qu'il est important d'observer, c'est la différence de qualité de la flore prairiale entre la bonne et la mauvaise parcelle de l'exploitation. Aussi, étant donné que la flore dépend des conditions pédoclimatiques de la parcelle, il est difficile de comparer les exploitations entre elles.

Le travail d'inventaire des espèces présentes dans les prairies a été fait sur 12 fermes du CEDAPA (tableau 9 ci contre), au printemps dernier. Les parcelles enquêtées ne sont pas les mêmes que celles de 2006, mais nous avons demandé à l'agriculteur de nous faire voir une « bonne » et une « mauvaise » parcelle : l'hypothèse que nous faisons ici est que le regard de l'éleveur reste constant pour caractériser ses propres prairies.

La différence la plus flagrante concerne le taux de bonnes légumineuses (en majorité le TB) dans le mélange. En effet, celui-ci est de 30% en moyenne dans l'îlot 1 alors qu'il n'est que de 19% dans l'îlot 2, soit une différence de 11% de TB en plus dans les bons îlots. Les taux de TB varient de 10 à 42% dans les 20 parcelles analysées ici, cela représente une grosse amplitude. Selon les exploitations la proportion de trèfle est de 8% inférieur à 25% inférieur entre l'îlot 1 par rapport à l'îlot 2.

#### 4. Les analyses de terres classiques : peu de différences

Les analyses de terres classiques nous donnent peu d'éléments permettant d'observer des différences entre les îlots (tableau 11). On ne remarque aucune différence significative entre les données des deux îlots à l'aide du test de comparaison de moyennes (annexe ...). Elles ne peuvent donc pas nous aider à identifier les causes de dysfonctionnement des prairies.

Donnée	pH	CEC	Taux de saturation	MO	CaO	MgO	K2O	P2O5
Unité	-	még/kg	%	g.kg	g.kg	g.kg	g.kg	g.kg
<b>Ilot 1 (bon)</b>	6,4	99,8	84,0	31,5	2,01	0,167	0,312	0,231
<b>Ilot 2 (mauvais)</b>	6,4	99,7	81,3	32,6	1,96	0,171	0,272	0,212
<b>Pr (&gt;F)</b>	0,81	0,98	-	0,99	0,87	0,82	0,25	-
<b>Significativité</b>	NS	NS	-	NS	NS	NS	NS	-

Tableau 10 : Résultats des analyses de terre réalisées en 2006 sur les îlots 1 et 2 des 30 exploitations.

#### 5. L'analyse BRDA-Hérody : des enseignements intéressants

##### 3.1. Des résultats d'analyses peu révélateurs

Les tableaux 11, 12 et 13 récapitulent les principaux éléments d'analyse.

Le tableau 11 ci contre qui donne les principales caractéristiques de l'analyse BRDA-Hérody ne permet pas de montrer des différences entre l'îlot 1 et l'îlot 2. Ce qui montre que les interprétations de C. Coussement ne sont pas totalement justes et que les valeurs données par le laboratoire ne sont pas suffisantes pour élaborer un diagnostic précis du problème dans une parcelle donnée.

Par exemple, pour l'aluminium, les deux îlots ont des valeurs moyennes respectives de 0,8 pour l'îlot 1 et 0,7 pour l'îlot 2. Le problème de blocage des éléments par l'aluminium du sol n'est donc pas généralisable à toutes les parcelles.

##### 5.2. Des sols bien souvent tassés en surface

De nombreux sols ont montré des zones de tassement plus ou moins fortes sur les 5 à 10 premiers centimètres, qui s'expliquent par le piétinement des animaux, en sol peu ou modérément ressuyé et donc portant. L'effet pénalisant du tassement des sols sur la croissance des prairies est bien connu et pourrait être diagnostiqué en réalisant et observant un profil cultural à la bêche sur une trentaine de 30 cm.

Le tassement de surface modifie la structure du sol, qui devient polyédrique. La porosité est diminuée, et du coup le sol est moins perméable et les échanges sol-air se font moins bien. Ce phénomène a été bien analysé par Lamandé et al. (2003). Le tassement favorise par ailleurs la dénitrification aux dépens de la minéralisation.

Types de sols observés	Sensibilité relative au tassement de surface
Sols nés sur limons éoliens	Très forte
Sols nés sur schistes tendre	Forte
Sols nés sur colluvions	Riches en fines donc généralement forte
Sols nés sur alternance de schistes et grès	Moyenne à forte
Sols nés sur gneiss	Faible
Sols nés sur granite	Faible
Les sols hydriques	Très variable

*Tableau 12 : Types de sols observés et sensibilité au tassement*

### 3.3. Des sols assez lessivables

Le lessivage vertical est très variable suivant les types de sols. Celui-ci peut en plus des éléments chimiques très solubles (Mg, Ca, N et K), affecter des matières organiques fugitives (MOF) mais aussi des particules de fines (argiles et limons fins et du fer).

Ce phénomène doit donc être pris en compte plus particulièrement dans les conseils de fertilisations des éléments lessivables.

Types de sols observés	Sensibilité au lessivage
Sols nés sur limons éoliens	Moyenne
Sols nés sur schistes tendre	Moyenne, lessivage latéral et nappes perchées
Sols nés sur colluvions	Très variable, lessivage latéral
Sols nés sur alternance de schistes et grès	Moyenne à forte
Sols nés sur gneiss	Forte
Sols nés sur granite	Très forte sur arène grossière
Les sols hydriques	Très variable

*Tableau 13 : Types de sols observés et sensibilité au lessivage*

### 3.4. Des sols nés sur roche mère acide

Dans la majorité des cas, les sols observés lors de cette étude dans les 3 départements bretons se sont développés sur altérites de roches mères acide d'origine magmatique ou sédimentaire. Ces altérites ne fournissent pas assez de bases au sol pour compenser les pertes par lessivage. D'où la nécessité de « chauler » régulièrement les sols bretons. Si le pH diminue, les effets néfastes sont nombreux et l'un de ceux-ci est la libération d'aluminium d'insolubilisation dans la solution du sol.

Ainsi sur les 30 profils réalisés sur les fermes du Cedapa, 7 seulement apparaissent saturés en bases, 17 sont en voie de désaturation, voire désaturé, les 13 autres étant qualifiés comme en voie d'acidification, ou acidifiés.

Ce dernier va fortement perturber le cycle organique comme il bloquera le phosphore. Du coup, la fertilité du sol diminuera et la parcelle perdra en pérennité (rendement et qualité).

L'apport de bases ne doit pas être vu comme un redressement de pH mais bien comme un travail nécessaire pour compenser la dégradation des sols.

### 3.5. Des cycles organiques perturbés

Dans de nombreuses parcelles de l'étude, C. Coussement a observé des dérives du cycle organique. Ces problèmes sont d'origine naturelle mais peuvent être corrigés, ou accentués, par les pratiques agricoles et notamment la gestion de la matière organique du sol.

Les phénomènes de dérives du cycle de la MO se traduisent par :

- un retard en minéralisation
- de l'accumulation sous forme 3èF
- de l'accumulation sous forme de MO insolubilisée (NiNi).

Pour éviter de tomber ces travers, il faut gérer les apports de bases, ne pas faire de la monopratique de fertilisation organique (tout compost ou tout lisier). La gestion des apports organique se fera au niveau des quantités apportées et des dates d'épandage.

Néanmoins, la variabilité des comparaisons de moyennes ne fait pas ressortir de différence significative entre des bons et mauvais îlots (tableau 20).

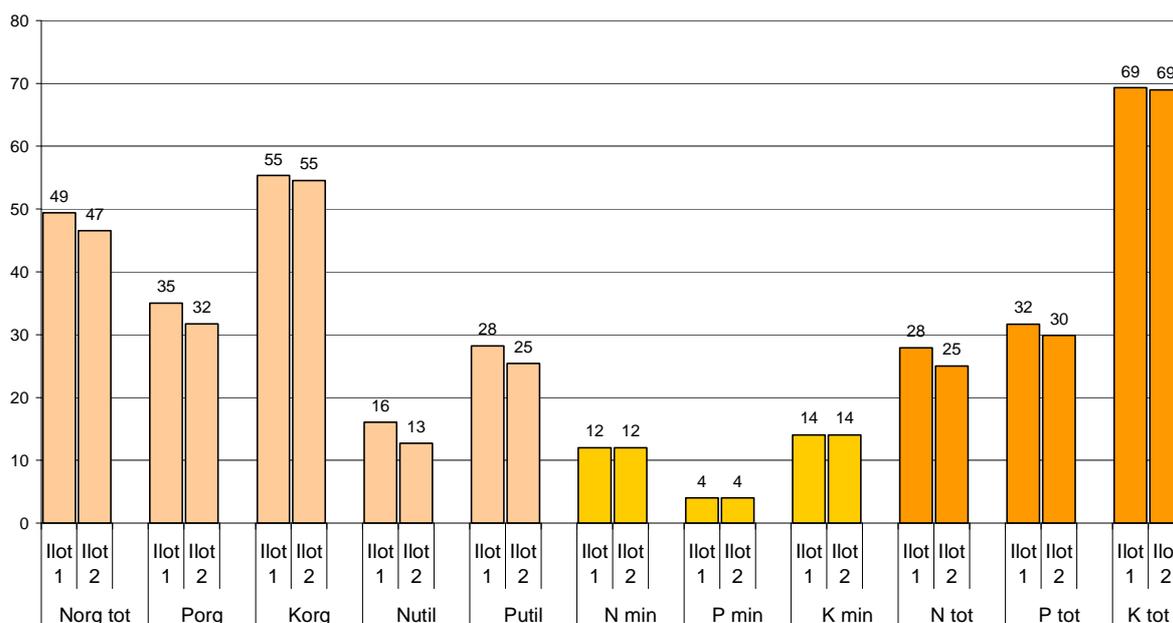
## 6. Des apports d'amendements et de fertilisants assez similaires

Sur les exploitations, les stratégies de pilotage de la fertilisation sont différentes. Certains font l'impasse totale des apports autres que le pâturage tandis que d'autre apporte des éléments minéraux chaque année soit par les effluents d'élevage, soit par l'apports d'engrais et amendements minéraux.

En effet, quant on regarde le graphique de l'annexe 4, qui représente la fréquence des différents apports sur les prairies entre 2000 et 2001, on se rend compte la majorité des agriculteurs ont des pratiques équivalentes en ce qui concerne la fertilisation et les amendements pour toutes les parcelles bonnes ou mauvaises. Pour les matières organiques par exemple, on voit bien que 10 des 30 parcelles sont fertilisées 3 fois en 6 ans et 19 entre 2 et 4 fois.

C'est pareil pour les autres apports : 17/30 reçoivent un amendement calci-magnésien une fois en 6 ans plus de 50%. Et pour ce qui est des fertilisations minérales N, P et K, beaucoup font l'impasse (13/30 pour l'azote, 21/30 pour le phosphore et 14/30 pour le potassium) et très peu les apportent de manière régulière.

De plus, lorsque l'on regarde les quantités d'apports entre les bonnes et les mauvaises parcelles (îlot 1 = bonne, îlot 2 = mauvaise), on remarque très peu de différence entre les moyennes des apports pour tous les éléments fertilisants (figure 7 ci contre).



*Figure 6: Moyenne Annuelle des apports en éléments fertilisants N, P et K sous forme organique (Xorg), directement utilisable (Xutil), minérale (Xmin) et totale (les restitutions au pâturage ne sont pas comptabilisées ici !*

Ce qui change suivant les exploitations, c'est la nature des effluents d'élevages épandus. Cependant, des généralités ressortent telles que l'apports de fumier ou de compost à l'automne et des apports de lisiers au printemps s'il y en a sur l'exploitation. Et certains font l'impasse sur les matières organiques, comptant sur les restitutions au pâturage des vaches.

On remarque que les apports d'amendements calcimagnésiens sont moins élevés sur les prairies « mauvaises » de l'ordre de 20U de calcium par hectare et par an, par rapport aux bonnes prairies. Cela peut s'expliquer par le fait que les agriculteurs cherchent à minimiser les apports sur une parcelle historiquement moins productive. Les apports totaux moyens de CaO restent modérés compte tenu des exportations et pertes par lessivage annuelles et moyennes d'une prairie temporaire qui sont de l'ordre de 250 à 300U.  $ha^{-1}.an^{-1}$  (Fabre, 2006)

## 7. Les analyses d'herbe : des prairies très bien fertilisées

Nous avons réalisé des analyses d'herbe sur 28 parcelles de prairies temporaires. 16 d'entre elles ne faisaient parties de l'étude de 2006 ou ont été retournées depuis. Les résultats sont indiqués dans le tableau 14.

On remarque que pour toutes les parcelles, les indices de nutrition iP et iK sont très satisfaisants ou excédentaires à l'exception de deux parcelles de l'Ilot 2 qui ont un indice de nutrition potassique (iK) seulement satisfaisant.

Aucunes des parcelles ont des indices de nutriments insuffisants, c'est-à-dire inférieurs à 80.

<b>Ilot 1 (Bon)</b>		
	<i>iP</i>	<i>iK</i>
excédentaire	9	5
très satisfaisant	6	10
satisfaisant	0	0
<b>Ilot 2 (Mauvais)</b>		
	<i>iP</i>	<i>iK</i>
excédentaire	7	2
très satisfaisant	6	9
satisfaisant	0	2

*Tableau 14 : Synthèse des résultats des analyses d'herbe de printemps en fonction de la qualité de la parcelle.*

En comparant les indices de nutriments *iP* et *iK* des deux ilots, on voit une faible différence positive pour l'ilot 1 mais on voit quant même que malgré les différences, les prairies sont bien pourvues en éléments P et K dans le sol lors du printemps 2009

## **8. Tendances dégagées par L'AFCM**

### **6.1.AFCM sur la qualité des sols**

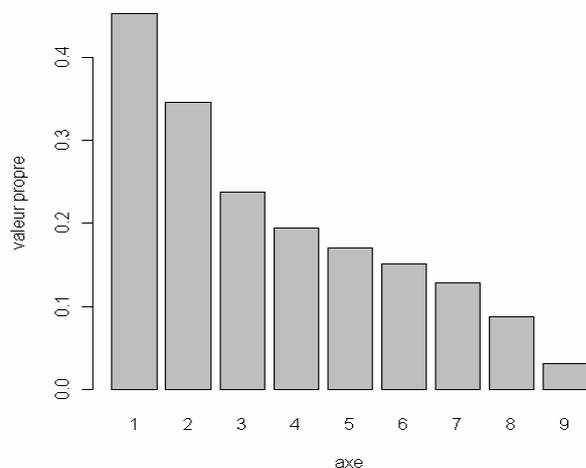
Nous avons donc fait une AFCM sur l'ensemble des 2 parcelles (bonne = Ilot 1 et mauvaise : ilot 2), caractérisées par les variables suivantes (tableau 15):

- qualité du profil BRDA-Herody
- qualité de l'analyse BRDA Herody
- qualité des analyses terrain et laboratoire combinées
- l'hydromorphie
- la profondeur de la parcelle

<b>Variables</b>	Qualité profil	Qualité analyse labo	Qualité analyses labo et terrain combinées	Profondeur	Hydromorphie
<b>Nom</b>	Profil	LAB	LATR	PROF (cm)	HYDRO
<b>Facteurs</b>	Mauvais Bon Moyen	Mauvais Bon Moyen	Mauvais Bon Moyen	-- (< 40) + (40<x<60) ++ (>60)	Oui Non

*Tableau 15 : Les différentes variables de l'AFCM et les facteurs qui leurs sont associés.*

## 6.2. Présentation des résultats de l'AFCM



- L'éboulis des valeurs propres (figure 9) nous permet de choisir le nombre d'axes factoriels retenus pour expliquer la majeure partie des différences entre les individus.

3 axes factoriels ont été retenus : ce qui représente 58% (tableau ci après) des informations contenues dans cette base de données

On voit donc qu'encore 42% des informations ne sont pas synthétisées sur ces 3 axes factoriels.

*Figure 9 : Eboulis des valeurs propres*

	Axe1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Autres
Valeurs propres (abs)	0.45	0.35	0.24	0.19	0.17	0.3
Valeurs propres (%)	25	19	13	11	9	20

*Tableau 16 : Valeurs propres de l'AFCM.*

- Les contributions à la construction des axes (variables du tableau 17)

	Comp1		Comp2	
	% valeur Abs	valeur relative	% valeur Abs	valeur relative
HYDRO.oui	7,8	-2247		
PROF +			17,3	4708
Profil.Mauvais	16	-5595		
Profil.Moyen			24,5	-5642
LAB.Bon	13,7	4635		
LATR.Bon	17,6	5319	10,3	2363
LATR.Mauvais	17,6	-4858		
LATR.Moyen			12,3	-4912

*Tableau 17 : Synthèse des contributions des individus à la formation des axes factoriels de l'AFCM*

L'axe 1 oppose LAB bon et LATR bon en positif, contre HYDRO oui, LATR Mauvais et Profil Mauvais en négatif

L'axe 2 oppose PROF + (entre 40 et 60 cm) et LATR Bon en positif, contre Profil Moyen et LATR Mauvais en négatif :

Le tableau 18 ci-après présente la contribution des individus aux 2 axes de l'AFCM

	Axe 1		Axe 2	
	% valeur Abs	valeur relative	% valeur Abs	valeur relative
LBC 1	3,5	5572	3,2	3933
SAL 1	4,3	6180		
TRG 1	3,5	5572		
GUR 1			4,6	-7281
LGN 1	4,3	6180		
LGD 1	3,5	5572	3,2	3933
DAG 1			4,8	-6486
GAL 1	3,5	5572		
SAL 2			5,2	4573
ROL 2			4,8	-6486
MOT 2	3,5	5572	3,2	3933
ETE 2	5,8	-6292		
CAB 2			4,6	-7281
LGN 2	4,3	6180		
TRO 2			4,6	-7281
LBN 2			4,6	-7281
JAQ 2	5,8	-6292		

*Tableau 18.: Synthèse des contributions des individus à la formation des axes factoriels de l'AFCM*

On voit que pour l'axe 1, 10 individus contribuent à sa construction, dont seulement 2 à l'étirement de l'axe vers les valeurs négatives. Pour l'axe 2, toujours 10 individus contribuent majoritairement à sa formation dont 6 à l'étirement vers des valeurs négatives.

La figure 10 nous montre qu'il y a des différences visibles entre les individus selon les variables explicative décrivant ce jeu de données. En effet, on voit bien des ellipses d'inerties bien différenciées selon les variables.

Ces ellipses d'inertie permettent de visualiser l'inertie d'un nuage de point par facteur de variable explicative et donc de différencier des groupes d'individus

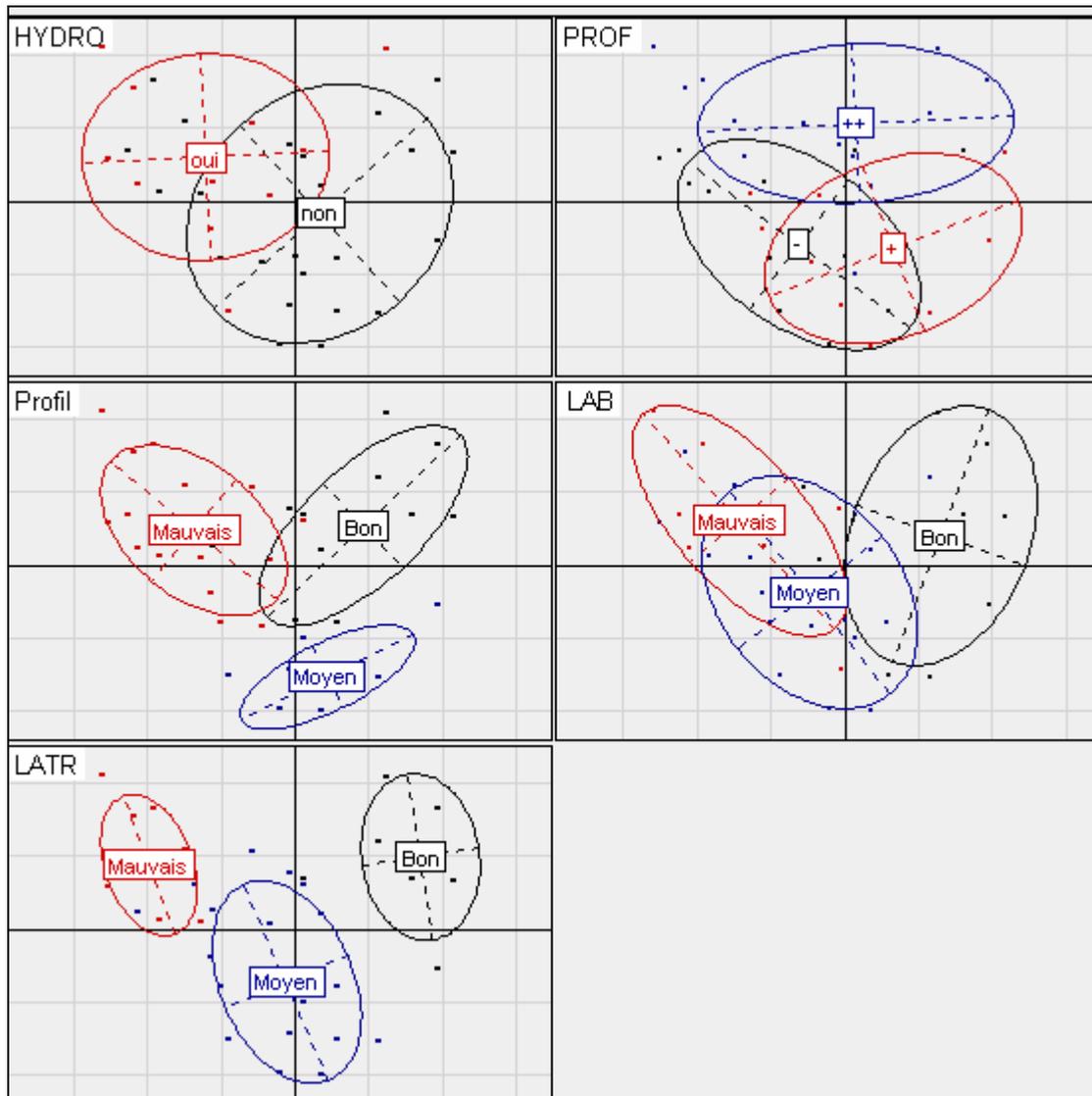


Figure 10 : Ellipses d'inertie des variables explicatives de l'AFCM sur la qualité du sol dans le plan 1-2.

On voit qu'en général, pour les variables hydromorphie (HYDRO), qualité du profil de sol (Profil), la qualité de l'analyse laboratoire par BRDA-Herody (LAB) et pour la synthèse de la qualité du terrain et de l'analyse laboratoire (LATR), les bonnes parcelles se trouvent à droite de l'axe 1 tandis que les mauvaises se trouvent à gauche. Et, pour le facteur « Moyen » des variables Profil, LAB et LATR, les individus codant pour ce facteur sont généralement en dessous de l'axe 2.

La figure 11 nous permet de dégager les grandes tendances qui différencient les exploitations entre elles.

En effet, on a projeté la variable non active « îlot », c'est-à-dire la qualité de la parcelle selon les agriculteurs sur le plan factoriel 1-2. On voit donc que l'orientation des ellipses d'inertie est différente et que les îlots 1 (bon) et 2 (mauvais) se projettent plutôt bien sur les ellipses d'inertie des facteurs des variables explicatives.



### 6.3. AFMC sur la conduite des prairies

Nous n'avons pas remarqué de différences de conduites des prairies selon les ilots. Nous avons émis l'hypothèse que la conduite, ainsi que l'âge des parcelles pourraient être des facteurs explicatifs des problèmes de dysfonctionnement des prairies temporaires « RGA-TB ».

Or, les figures 12 et 13 ci contre nous prouvent le contraire du moins sur l'échantillon de parcelles analysé.

De plus, la monopraticque de fertilisation ne ressort pas comme un facteur discriminant ici (figure 12) où l'on voit que les différents types de fertilisation (monopraticque lisier, monopraticque compost, monopraticque fumier, pas de monopraticque) se superposent sur le plan 1-2 de cette AFCM.

## C. Discussion des résultats et Conclusion

### 7. Les analyses d'herbe

Les analyses d'herbe nous montrent que pour la majorité des parcelles, les indices de nutrition P et K sont très satisfaisant voir excédentaires. Cela va dans le sens des éléments de bibliographie, comme par exemple la synthèse de Le Gall (2004) qui dit que les besoins des cultures en phosphore et en potassium, dans les exploitations d'élevage sont compensés par l'alimentation (déjections, effluents) et la paille. C'est également observé en Normandie, par DIAB (2009) indiquant qu'une étude réalisée en 2008 par le LANO (Laboratoire d'Analyse de Normandie) montre, les sols sont riches en phosphore sur une centaine de prairies analysées, où des impasses de fertilisation sont possibles (figure 14 ci-contre). Par contre dans 2/3 des prairies Normandes analysées, une fertilisation d'entretien est nécessaire, cela veut dire que l'indice de nutrition est tout juste satisfaisant.

Enfin, la Chambre d'Agriculture de l'Indre a montré à l'aide de 147 échantillons d'herbe analysés sur 4 ans que les apports en phosphores pouvaient être diminué dans 79% des cas et que ceux en potassium dans 37% des cas. Cela veut dire les indices de nutrition étaient très satisfaisants mais dans une moindre mesure pour le potassium.

Une question se pose ici : faut-il surfertiliser en potassium comme le préconise Pochon (2002) pour avoir des prairies productives dans le temps et un trèfle blanc qui persiste ? Il semblerait que la nutrition en P et K soit rarement un facteur limitant, et il ne discrimine pas les 2 types d'îlots dans le réseau d'observation.

### 8. Les analyses laboratoire BRDA-Hérody

Les analyses laboratoire BRDA-Hérody nous montrent que certaines parcelles ont des problèmes de blocage par l'aluminium et que cela est dû à l'acidification du sol. Ces résultats sont concordants avec ceux obtenus par le CAB des Pays de la Loire en 2003 (Siron, 2004).

Ce qui ressort aussi de l'enquête, c'est la présence de zones lessivées avec une capacité de fixation (qui correspond aux particules fines du complexe organo-minéral) plus faible dans l'horizon 1 que dans l'horizon 2.

Ces résultats similaires sont assez normaux car ils ont été réalisés sur le même massif armoricain. Les propriétés des sols sont donc assez similaires en général.

### 9. Certaines disparités de résultats entre parcelles s'expliquent.

On a vu qu'il y avait des différences entre les différentes parcelles de l'étude. Autant en ce qui concerne le réchauffement que l'aptitude à bien pousser l'été.

Cela s'explique d'une part par la disparité du climat breton qui se caractérise par des différences de précocité et d'humidité (figure 15 ci contre)

En ce qui concerne la précocité, nous retrouvons :

- 8 exploitations en zone tardive
- 15 exploitations en zone à précocité intermédiaire
- 7 exploitations en zone précoce.

D'un autre côté, pour ce qui est de l'humidité, nous retrouvons :

- 11 exploitations en zone dite « humide »
- 11 exploitations en zone à humidité intermédiaire
- 8 exploitations en zone sèche à très sèche.

Même si nous sommes en présence de types de sols représentatifs des sols bretons, la disparité entre les sols (profondeur, stabilité structurale et composition) explique des différences de comportement des prairies, avec des problèmes de disparition de trèfle identifiables : l'hydromorphie par exemple est un problème structural du sol qui ne permet pas au trèfle de se développer correctement, et apparaît comme facteur discriminant dans l'AFCM réalisée sur la qualité des sols. Cela a aussi été démontré par Vertès et al. (1989) montrant que les sols hydromorphes sensibles à la compaction sont défavorables au trèfle car les racines de celui-ci sont asphyxiées et les nodosités se développent mal.

Christophe Coussement a observé lors de la réalisation des profils en 2006 des problèmes de tassement dans certaines parcelles d'études. Ces tassements se trouvent en surface et sont souvent dus au piétinement des animaux, soit parce que les parcelles se trouvent dans des zones humides et tardives et que le pâturage est souvent difficile, soit parce que l'éleveur a fait pâturer sa jeune prairie trop tôt après le semis. Cette pratique n'a permis à la parcelle de se structurer correctement et donc a engendré des problèmes de tassement souvent irréversibles pendant toute la vie de la prairie.

## 10. Pas de différences générales sur les types de conduite

Cette étude nous a montré qu'il n'y avait pas de différences systématique sur les types de conduites. Cependant, on remarque de très fortes disparités entre modes de conduite, notamment sur l'utilisation de telle ou telle matière fertilisante. Par exemple, sur les 30 exploitations, 10 types de matières organiques sont apportés. Il est difficile de faire des comparaisons entre les élevages lorsqu'on exprime les apports de matières fertilisantes en unités par an, ce qui est réducteur par rapport à l'ensemble de leurs propriétés.

Par contre nous voyons un manque général d'apport de CaO dans les parcelles pour limiter l'acidification des sols. Alors que les apports recommandés sont de l'ordre de 250 unités de CaO/ha/an, les exploitants apportent en général 190 unités de CaO/ha/an, soit un manque de 60 unités/ha/an en moyenne. Le sol s'acidifie donc et la structure du sol ainsi que la biologie du couvert prairial sont modifiés.

## 11. Les limites de l'étude

Lors de cette étude, des limites apparaissent. Tout d'abord, il a été difficile d'harmoniser les résultats collectés en 2006. Néanmoins, on dispose maintenant d'une base de données assez complète, fiable, et originale en Bretagne, sur la problématique complexe de la pérennité des prairies RGA-TB en lien avec la qualité des sols.

Une autre difficulté d'interprétation est liée au fait que, lors du choix des parcelles d'étude, les conditions pédoclimatiques devaient être assez identiques pour les îlots « bon » et « mauvais ». Or, dans certains cas les conditions pédologiques n'étaient pas les mêmes, ce qui rend difficile les comparaisons. Le fait de n'avoir pas suivi le protocole à la lettre est très courant dans ce type de réseau, en lien avec deux explications : les îlots sont choisis par l'agriculteur a priori alors que c'est en réalisant les profils qu'on voit les similitudes ou différences de sols, et le Cedapa est une structure qui fait du développement avant de faire de l'expérimentation proprement dite : on ne refuse pas à quelqu'un de motivé de faire parti d'une étude même si les parcelles proposées ne conviennent pas tout à fait pour ce suivi.

Une autre limite a été de ne pas disposer de données objectives tel que le rendement de la parcelle et la proportion de graminée et de légumineuses en 2006, année de l'étude. Nous avons donc essayé de corriger cela cette année, mais avec des difficultés : nous n'avons pas pu collecter de données réellement objectives sur les mêmes parcelles en ce qui concerne les proportions d'espèces. Et, seulement trois éleveurs nous ont fourni un calendrier de pâturage de pour essayer de caractériser la différence de rendement entre la bonne et la mauvaise parcelle, ce qui n'est pas suffisant pour avoir un échantillon représentatif. On aurait aussi aimé comparer l'effet variétal sur le problème de disparition du trèfle blanc, mais il a été difficile de récolter cette information. C'est une donnée qu'il sera important de regarder à l'avenir, d'autant plus que l'amélioration variétale est de plus en plus importante.

## 12. Les perspectives d'avenir

Cette étude a permis de mieux valoriser les données de 2006 sur les parcelles d'étude et de les compléter par d'autres éléments (rendements sur 3 exploitations, proportions d'espèces sur 12 exploitations des éleveurs du Cedapa) et analyses d'herbe sur 28 parcelles). Néanmoins le travail réalisé ici ne permet pas de faire plus de préconisations que ce qu'avait dit M. Coussement en 2006.

Ce qui ressort le plus nettement de cette étude est que les dysfonctionnements des prairies semblent être le plus souvent liés à des problèmes de structure du sol, qui peuvent avoir plusieurs origines :

- les conditions pédologiques de la parcelle, sur lesquelles il semble difficile d'agir, et auxquelles il s'agit plutôt de s'adapter (choix des espèces et du type d'exploitation)
- des causes mécaniques liées au tassement en superficie
- des causes liées à des problèmes de fertilisation, en lien en particulier à l'amendement calcaire (?)

En s'appuyant sur ce travail, il nous semble donc que le premier travail à réaliser pour établir un diagnostic chez un agriculteur est bien d'effectuer un profil de sol dans la prairie, afin de repérer les éventuelles traces d'hydromorphie, de tassement superficiel (ou plus profond) et de vérifier le bon (ou le mauvais) fonctionnement des nodosités du sol. Ce profil s'accompagnera naturellement d'une enquête auprès de l'agriculteur de sa conduite du pâturage et de la fertilisation.

La formation des agriculteurs à l'interprétation d'un profil de sol sous prairie pourrait aussi leur permettre de mieux piloter et leur gestion du pâturage et leur gestion des amendements, de manière plus autonome.

Pour aller plus loin, il serait aussi intéressant de mettre en place une base de données sur des parcelles types des exploitations des éleveurs afin de relever tous éléments positifs ou négatifs qu'ils auraient pu mettre en œuvre sur ces parcelles et ainsi permettre de mutualiser toutes ces expériences. Par exemple, il serait bon de faire :

- une base de données sur le rendement et la proportion d'espèces chez des éleveurs tenant le calendrier de pâturage
- une base de donnée sur la conduite et l'itinéraire cultural d'une bonne et d'une mauvaise parcelle chez des éleveurs intéressés
- une synthèse des « anecdotes » qu'auraient pu relever un éleveur sur le fonctionnement d'une prairie et décrivant précisément les conditions dans lesquelles il a pu relever ce phénomène intéressant

Des avancées sur le plan du fonctionnement des couverts prairiaux, par exemple les interactions de niches et les phénomènes de facilitation entre les plantes, permettront de mieux comprendre le fonctionnement du couvert. La recherche de nouvelles variétés spécialement sélectionnées selon l'utilisation choisie par l'éleveur (parcelles plus ou moins intensives, pâturées, fauchées ou mixtes,...) et le type de sol pourrait apporter des solutions pour améliorer la pérennité des associations. Des variétés intéressantes pourraient être choisies grâce au ressenti d'éleveurs et donc aux récoltes d'informations « terrain » collectées et analysées par des organismes de développement comme le Cedapa.

## - Références Bibliographiques -

- ALARD V., BERANGER C., JOURNET M. ; 2002. A la recherche d'une agriculture durable. Etude de systèmes herbagers économes en Bretagne. Paris : INRA Editions.
- BALENT G. & al. ; 1999. Pratiques de gestion, biodiversité floristique et durabilité des prairies. Fourrages, 160, 385-402.
- Chambre d'Agriculture de la Mayenne ; 2003. Analyse de Sol : mode d'emploi. Publication destinée aux agriculteurs.
- CHARLES J.P., LEHMANN J. ; 1989. Intérêt des mélanges de graminées et de légumineuses pour la production fourragère suisse, Fourrages, 119, 311-320.
- CLUZEAU D. & al. ; 1992. Effects of intensive cattle trampling on soil-plant-earthworms system in two grassland types. Soil.Biol. Biochim., vol. 24, no. 12, 1661-1665.
- COUTARD J.P. ; 2007, Privilégier les prairies à flore variée, Journées portes ouvertes de la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou, juin 2007, 4p.
- FABRE B., KOCKMANN F. ; 2006. Les effets du chaulage sur les prairies permanentes ou de longue durée. Synthèse bibliographique. Fourrages, 185, 103-122.
- FARRUGGIA A. & al. ; 2000. L'analyse d'herbe pour piloter la fertilisation phosphatée et potassique des prairies. Exemples d'application de la méthode. Fourrages, 164, 447-459.
- FAYEL A., DELMAS B. ; 2008. Cohérence entre potentiel de production et pratiques : un élément clé de l'équilibre fourrager en élevage laitier du Ségala Aveyronnais. Fourrages, 195, 495-499.
- FUSTEC J., GAYRAUD P., COUTARD J.P. ; 2008. Intérêt des mélanges et des associations en agriculture biologique. Fourrages, 194, 175-187.
- GILLET M., 1980, Les graminées fourragères, Description, Fonctionnement, applications à la culture de l'herbe, Paris : Ed. Bordas.
- Groupe Prairies Pays de la Loire, 2007, Guide pratique La prairie multi-espèces, 21p.
- GUINCHARD M.P. ; 1995. Comportement hivernal du trèfle blanc : morphogenèse et rôle des réserves carbonées, thèse de Doctorat de l'I.N.P.L. Nancy, 195p.
- HAYNES R.J. ; 1980. Competitive aspects of the grasse-legume association. Advances in Agronomy, 33, 227-261.
- HOSTIOU N. & al. ; 2006. La diversité de gestion des systèmes herbagers en Amazonie. Cas des élevages bovins brésiliens. Fourrages, 187, 377-392.
- HUYGUES C., LITRICO I. ; 2008. Analyse de la relation entre la diversité spécifique des prairies et leur valeur agronomique (bibliographie). Fourrages, 194, 147-160.
- ITEB-EDE ; 1986. Intérêt des prairies de ray-grass anglais + trèfle blanc dans les exploitations laitières bretonne : Synthèse des observations réalisées de 1982 à 1985 dans une centaine d'exploitations laitières bretonnes. Ed Institut de l'Elevage, Paris.
- LAMANDE M., Hallaire V., Curmi P., Pérès G., Cluzeau D. ; 2003. Changes of pore morphology, infiltration and earthworm community in a loamy soil under different agricultural managements. Catena, 54, 637-649.
- LECONTE D. ; 1986. Comportement du trèfle blanc associé à des graminées en Basse Normandie. I- Influence des techniques d'exploitation. Fourrages, 108, 103-127.
- LECONTE D. ; 1987. Comportement du trèfle blanc associé à des graminées en Basse Normandie : II Etudes physiologiques en culture pure. Fourrages, 109, 27-39.
- LE GALL A., GRASSET M., HUBERT F. ; 1997. La prairie dans les régions de l'Arc atlantique. II- Principaux types de prairies et perspectives. Fourrages, 152, 461-472.
- LECONTE D. ; 1993. Choisir la variété de trèfle blanc adaptée à des besoins particuliers. Fourrages, 135, 363-368.

- LEMASSON C., PIERRE P., OSSON B. ; 2008. Rénovation des prairies et sursemis. Comprendre, raisonner et choisir la méthode. Fourrages, 195, 315-330.
- LESUFFLEUR F., PAYNEL F., VALANCOGNE P., CLIQUET J.B. Exudation and uptake of amino acids by roots of *Trifolium repens* L. and *Lolium perenne* L.. 5ème Colloque Général de la Société Française de Physiologie Végétale, Orsay, France, 9-11 juillet 2003.
- LI LONG & al. ; 2007. Diversity enhances agricultural productivity via rhizosphere phosphorus facilitation on phosphorus-deficient soils. PNAS, vol. 104, no. 27, 11192-11196.
- LOISEAU P. ; 2001. Soil N contributes to the oscillations of the white clover content in mixed swards of perennial ryegrass under conditions that simulate grazing over five years. Grass and Forages Science, 56, 205-217.
- MASSENOT D. ; 2000. Les Bases de la Méthode HERODY. Aide Mémoire pour mieux utiliser les résultats des diagnostics conduits selon la méthode BRDA-HERODY. Manuel à l'usage des agriculteurs. Charency : BRDA Editions.
- MOROT-GAUDRY J.F., 1998 Assimilation de l'azote chez les plantes: aspects physiologique, biochimique et moléculaire. Mieux comprendre. Ed Quae, 422p
- MOSIMANN E., SUTER D., ROSENBERG E. ; 2004, Mélanges standard pour la production fourragère Révision 2005-2008, Revue Suisse d'Agriculture, **36** (5), I-XII.
- MURPHY M.D., BOGGAN J.M. ; 1988. Sulphur deficiency in herbage in Ireland. 1. Causes and extent. Ireland Journal Agri. Food Res., 27, 83-90.
- NÖSBERGER J., 1983. Quelques aspects de la biologie et de la physiologie du trèfle blanc. Fourrages, 94, 49-59.
- PALACIO-RABAUD V. ; 2000. La conduite des prairies en France : pratiques intensives et rendements élevés dans le Nord-Ouest, Agreste Cahier no 4, 15-26.
- PERES G., GAUTRONNEAU Y., SAVINI I. Echanges scientifiques autour du « Modèle Hérody-BRDA de connaissance des sols ». Séminaire sur les recherches en AB INRA-ACTA. Troisième partie : Les autres actions du CIAB 2000-2003 – Modèle Hérody. Draveil, 20-21 novembre 2003.
- PFIMLIN A., JOURNET M. ; 1983. Productivité et conduite au pâturage de l'association graminée – trèfle blanc. Fourrages, 95, 171-187.
- POCHON A ; 2002. La prairie temporaire à base de trèfle blanc : 35 ans de pratique d'un éleveur breton. 4<sup>ème</sup> édition, Plérin, CEDAPA.
- RIVIERE J.M., TICO S., DUPONT C. ; 1992. Méthode tarière Massif Armoricain, Caractérisation des sols. 1<sup>ère</sup> édition. Rennes : GMC.
- RUGET F., NOVAK S., GRANGER S. ; 2006. Du modèle STICS au système ISOP pour estimer la production fourragère. Adaptation à la prairie, application spatialisée. Fourrages, 186, 241-256.
- SCHILS R., SNIJDERS P. ; 2004. The combined effect of fertiliser nitrogen and phosphorus on herbage yield and changes in soil nutrients of a grass/clover and grass-only sward. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 68, 165-179.
- SCHWINNING S., PARSONS A.J. ; 1996a. Analysis of the coexistence mechanisms for grasses and legumes in grazing systems. Journal of Ecology 84,799-813.
- SCHWINNING S., PARSONS A.J. ; 1996b. Interactions between Grasses and Legumes: Understanding in species composition. Legumes in Sustainable Farming Systems. Proceedings of the Sustainable Farming Systems/ British Grassland Society Joint Conference, pp. 153-163.
- SIMON J.C. et al ; 2003. Les associations graminées – trèfle blanc. Prairiales de Normandie. 24p.

- SIMON J.C. & al ; 1997. Maîtrise de la pérennité du trèfle blanc dans les associations. Fourrages, 152, 483-498.
- SIMON J.C. ; 1993. Conduite des associations : maîtrise du taux de trèfle blanc et des risques de pollution nitrique. Fourrages, 135, 481-497.
- SIMON J.C. et al ; 1990. Recherches récentes sur le trèfle blanc en Bretagne. Herba, 3, 20-29.
- SIMON J.C., GASTAL F., LEMAIRE G. ; 1989. Compétition pour la lumière et morphologie du trèfle blanc : émission des feuilles et des ramifications. Agronomie, 9 (4), 383-389.
- SOUSSANA J.F., ARREGUI M.C. ; 1995, Impact de l'association sur le niveau de nutrition azotée et la croissance du ray-grass anglais et du trèfle blanc. Agronomie, 15, 81-96.
- TEMPERTON V.M., MWANGI P.N., SCHERER-LORENZEN M., SCHMID B., BUCHMANN N. ; 2007. Positive interactions between nitrogen-fixing legumes and four different neighbouring species in a biodiversity experiment. Oecologia, 215, 26-31.
- VARIN S. et al. ; 2009. Functional plasticity of *Trifolium repens* L. in response to sulphur and nitrogen availability. Plant Soil, 317, 189-200.
- VERTES F., LOISEAU P., SOUSSANA J.F. ; 2002. Conduite des prairies et conséquences sur les cycles biogéochimiques et la biodiversité. Fourrages, 171, 265-276.
- VERTES F., LE MEUR D. ; 1993. Pérennité de l'association ray-grass anglais – trèfle blanc : bilan de 3 années de suivi. Fourrages, 135, 457-463.
- VERTES F., SIMON J.C., LE CORRE L. ; 1991. Intérêt prévisionnel des points végétatifs chez le trèfle blanc. Fourrages, 127, 287-296.
- VERTES F., ANNEZO J.F. ; 1989. Pérennité des associations ray-grass anglais – trèfle blanc en Bretagne. XVI Congrès International des Herbages. Nice,
- VERTES F., MIOSSEC Y., BARAER J. ; 1989. Système racinaire de quelques graminées et légumineuses en fonction des propriétés physiques du sol. A la pointe de l'élevage, 8-13.
- VERTES F., LE CORRE L., SIMON J.C., RIVIERE J.M. ; 1988. Effet du piétinement de printemps sur un peuplement de trèfle blanc pur ou en association. Fourrages, 116, 347-366.

## La Webographie

- L'Association Fourragère Pour la Production Fourragère : Le site web de la revue « Fourrages ». <http://www.afpf-asso.org/main.php?url=./fourrages/revue/presentation/main.php>, Consulté en août et septembre 2009.
- Le site web de Susanne Schwimming : <http://www.bio.txstate.edu/~schwinn/SchwimmingHP/papers.html> Consulté le 17 juillet 2009.
- Le site web de "Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America" (PNAS). Article de Long LI sur la facilitation phosphorique, consulté le 18 août 2009 <http://www.pnas.org/content/104/27/11192.full?sid=ce0d4ffe-ce51-4a94-b816-4a65e10928d2>.

## **TABLE DES ANNEXES**

<b>ANNEXE 1: Le CEDAPA</b>	<b>I</b>
<b>ANNEXE 2: Le cahier des charges du CEDAPA</b>	<b>II</b>
<b>ANNEXE 3: Tableau de l'AFCM sur la qualité du sol</b>	<b>III</b>
<b>ANNEXE 4: Fréquences des apports des éléments fertilisants</b>	<b>IV</b>
<b>ANNEXE 5: Synthèse des profils de sol C COUSSEMENT (2006)</b>	<b>V</b>
<b>ANNEXE 6: Questionnaire sur la pérennité des prairies</b>	<b>VI</b>

## ANNEXE 1

### Le CEDAPA : association au cœur d'un réseau alternatif

#### Les CIVAM : un réseau qui partage les valeurs de la durabilité

Le réseau des CIVAM regroupe 170 groupes dans 15 régions. Le réseau est né dans les années 1950 de l'association des instituteurs agricoles et de la ligue française de l'enseignement. Le mouvement s'est construit sur des valeurs et des objectifs qui restent d'actualité : défense de l'autonomie et de l'égalité des chances pour tous dans les territoires ruraux, par la diffusion du savoir.

#### Le CEDAPA fait parti du RAD

Le CEDAPA est une association d'éleveur qui fait partie du réseau des CIVAM et plus particulièrement du « réseau agriculture durable ».

En 1994, onze groupes ont fondé le Réseau Agriculture Durable (RAD). Aujourd'hui, ce sont plus de 2000 agriculteurs qui sont en marche vers une agriculture durable au sein de 29 groupes locaux. Le RAD permet de coordonner les projets fédérateurs entre ces groupes.

Ces actions ont pour but de promouvoir une agriculture économiquement viable, socialement équitable, écologique et productive

Le RAD participe aussi à des réflexions et discussions régionales, nationales et européennes sur le thème de l'agriculture de demain dans le monde.

#### Le CEDAPA : Association née pendant l'intensification de l'agriculture

Le CEDAPA n'a pas une histoire de CIVAM mais plutôt de CETA, Ces problématiques sont liées à l'agriculture plus qu'au développement rural. Il est donc plu lié à des actions techniques.

Il fût fondé en 1982 par sept agriculteurs et en particulier André Pochon, dans le but de « Produire plus en dépensant moins ». Ils s'appuyaient alors sur quelques idées fortes que sont de :

- Utiliser au maximum le pâturage
- garder un lien au sol en trouvant un équilibre entre les cultures et l'élevage
- privilégier les investissements productifs – la fertilité des sols, les semences, les animaux – plutôt que les investissements dans le matériel et les bâtiments.

En réaction à la réforme de la PAC de 1992, et à la mise en place de la prime maïs ensilage, les agriculteurs du CEDAPA construisent un cahier des charges à partir de leurs pratiques et réussissent à le faire reconnaître comme mesure agro-environnementale par Bruxelles en 1993 sous le nom de réduction d'intrants. Ce cahier des charges fixe ainsi un cadre à la reconversion d'un système conventionnel vers un système herbager, ou à sa mise en place à l'installation de jeunes agriculteurs et donne accès aux signataires à une rémunération à l'hectare.

On détaillera les principaux points de ce cahier des charges dans un autre point du rapport.

Aujourd'hui, le CEDAPA compte 120 adhérents dont 96% en Côtes d'Armor, en très grande majorité des agriculteurs.

#### Le CEDAPA : une association d'éleveurs

Le CEDAPA est géré par un Conseil d'Administration composé de 14 paysans et un bureau de (5 agriculteurs). Le Conseil d'Administration et le bureau se réunissent le premier mardi de chaque mois (sauf août) et définit les grandes lignes et les actions de l'association.

Le CEDAPA organise des [groupes d'échanges locaux](#), des journées de formation sur des thèmes économiques et techniques, des voyages d'études (une fois par an, en septembre). L'objectif : avancer ensemble, en échangeant les expériences et les points de vue, en se confrontant aux autres.

Le CEDAPA suit sur des [bassins versants](#) des fermes engagées dans un système à base d'herbe. Ces fermes servent de support à des démonstrations de pratiques plus respectueuses de l'environnement (désherbage mécanique, fabrication de compost...). Une façon de montrer qu'[une autre agriculture est possible](#).

Les techniciens du CEDAPA assurent également un [appui individuel](#) aux agriculteurs signataires du cahier des charges "réduction d'intrants" ou de la MAE SFEI (diagnostic de l'exploitation, prévisionnel et bilan de fumure, mise en application du cahier des charges).

Le CEDAPA collecte des données auprès d'éleveurs volontaires en production laitière depuis 1993 : date du début du programme de recherche engagé avec l'Inra. L'objectif : avoir des références technico-économiques sur des fermes engagées dans un système herbager dans le long terme, pour mieux accompagner les éleveurs souhaitant évoluer vers plus d'herbe et moins d'intrants.

Les données servent aussi aux [groupes d'agriculteurs](#) pour [travailler sur leurs résultats économiques](#) et permettent une évaluation en continu des exploitations signataires du Cahier des Charges du CEDAPA sur les volets économique, social et environnemental...

Des données environnementales sont également collectées lors de visites de suivi des élevages par les techniciens. Nous informons aussi les pratiques alternatives de désherbage, le choix des cultures et la fertilisation.

Aujourd'hui, 8 personnes travaillent au CEDAPA et un autre est en cours de recrutement. Quatre animateurs (Jeanne Thiébot, Nathalie Gouerec, Guillaume Grasset et Fabien Roué) assurent le suivi technique et administratif des signataires du cahier des charges du Cedapa et animent les groupes d'agriculteurs dans différents secteurs du département. Ils ont par ailleurs chacun un champ d'actions spécifiques : réalisation du bulletin de liaison de l'association, dossier installation-transmission, expérimentation grandes cultures économes, suivi des parcelles de prairies complexes. Notre coordinatrice : Katel Nicolas) qui travaille aussi sur la PAC et le suivi technico-économique des exploitations laitières herbagères. La secrétaire (Brigitte Tégulier) et la comptable (Evelyne Le Blanc) assurent l'ensemble du travail administratif. J'ai moi-même été embauché pour travailler sur des études techniques autour de la production des prairies.

## Les productions de référence du CEDAPA

<b>Conseil, suivi des agriculteurs</b>	<b>La communication</b>	<b>Les ressources en agriculture durable</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- préparation de formation</li><li>- lettres aux agriculteurs</li><li>- flash techniques</li><li>- rencontres et tables rondes</li><li>- élaboration des plans de fumure</li><li>- Diagnostic changement de système</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- L'Echo du CEDAPA</li><li>- Les cahiers techniques</li><li>- Les pourquoi comment</li><li>- les interventions</li><li>- les visites de ferme et travaux pédagogiques</li><li>- la porte ouverte</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- étude technico-économique</li><li>- étude sur les prairies multi-espèces</li><li>- étude sur les « grandes cultures économes en intrants »</li><li>- Etudes sur la consommation d'énergie avec l'outil Planète</li></ul>

*Tableau 3 : Les productions de références majeures du CEDAPA*

Au CEDAPA, nous produisons trois types de référence. Nous avons la production de conseil par la mise en place de formation ou la rédaction de flashs techniques. Nous faisons aussi de la communication par l'intermédiaire du site internet, de « L'Echo du CEDAPA », ou encore grâce aux interventions auprès des écoles et d'autres agriculteurs. Et, pour finir, le CEDAPA met en place des expérimentations et bien souvent en partenariat avec d'autres organismes de recherches (ARVALIS, INRA, ITAB).

L'étude actuelle entre dans la partie « ressources en agriculture durable ». Il n'est pas destiné qu'aux agriculteurs du CEDAPA mais à tous ceux qui souhaitent avoir plus d'éléments techniques sur le sujet de la disparition du trèfle et la pérennité des prairies temporaires.

## ANNEXE 2

Voici les principales mesures de ce cahier des charges de l'agriculture durable :

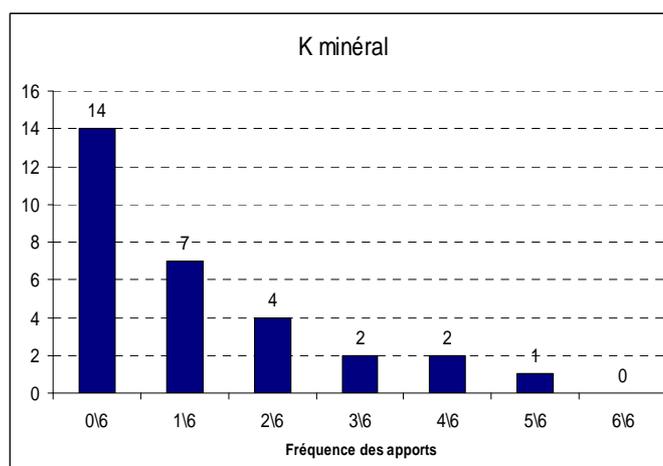
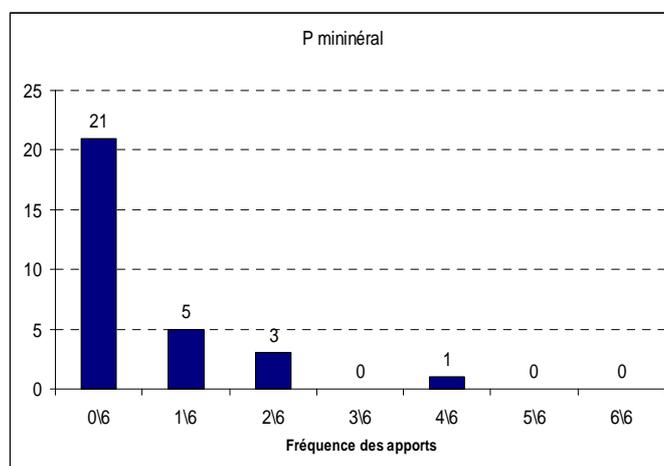
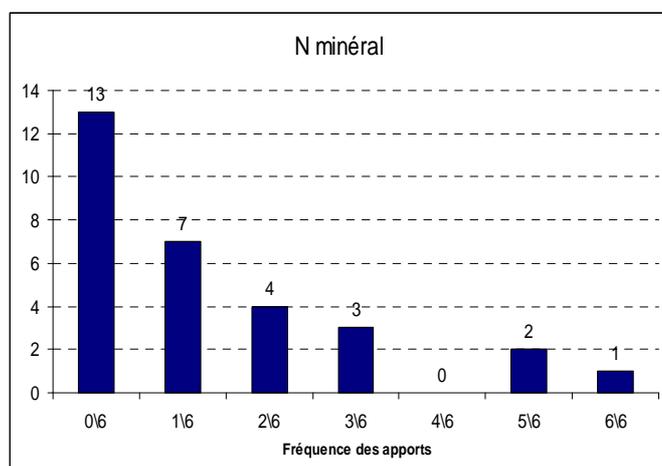
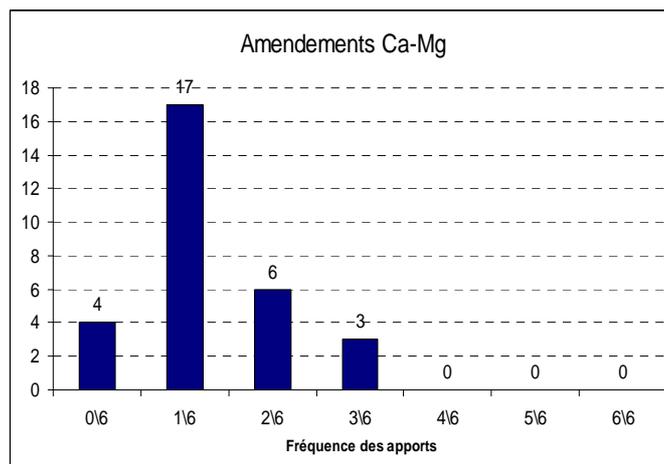
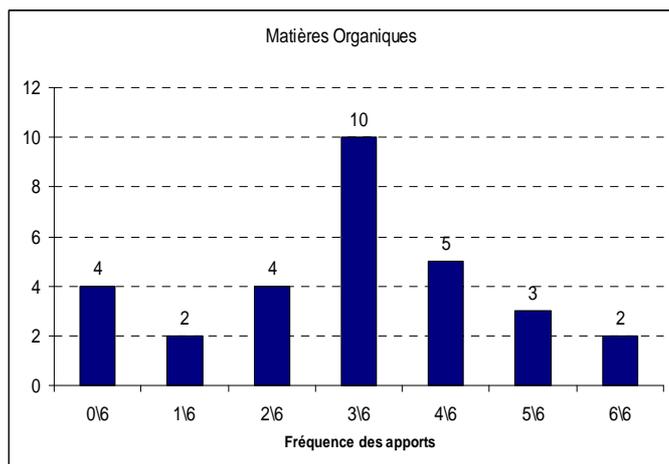
- La conversion du système devra permettre d'atteindre, à partir de l'année 3 (ou de l'année 1 si l'exploitant était déjà engagé dans une mesure 0104 dans le cadre d'un CTE ou d'un CAD arrivé à terme) :
  - u minimum 55 % de la SAU en herbe
  - au minimum 75% de la surface fourragère en herbe (soit prairies permanentes, soit prairies temporaires de plus de 3 ans.
- Alimentation hivernale des bovins et des ovins
  - Respect d'une part maximale de surface en maïs (hors maïs grain et semence) consommé de 18% de la surface fourragère
  - Respect d'un niveau maximal annuel d'achat de concentrés de 800 kg par UGB bovine et 1000 kg de concentrés petits ruminants par UGB ovine ou caprine.
- Le système sera conduit en limitant la fertilisation azotée
  - L'azote organique :
    - Respect d'un maximum d'apports azotés annuels totaux produits et importés de 170 U. N/ha SAU en moyenne sur l'exploitation
    - Respect d'un maximum d'apports azotés annuels organiques totaux produits et importés de 140 U.N/ha en moyenne sur l'exploitation
    - L'épandage des déjections liquides est interdit du 15 août au 15 février, sauf sur prairie chaque fois que le temps est favorable, à la dose de 35 U.N ammoniacal par hectare sur cette période.
  - L'azote minéral : une fumure azotée minérale ne dépasser pas
    - 100 unités sur céréales d'hiver et colza
    - 60 unités sur céréales de printemps
    - 30 unités sur prairies
    - 0 unités sur maïs et betterave
- Réduire l'utilisation des produits phytosanitaires
  - La plasticulture est interdite
  - Sur céréales, une seule dose homologuée de fongicide éventuellement fractionnée, mais interdiction au régulateur de croissance et aux insecticides
  - Sur l'ensemble des cultures arables de l'exploitation, hors prairies temporaires, un apport limité à 70% de la dose homologuée est autorisé pour les traitements herbicides. Et, l'utilisation des semences enrobées est possible.
  - Sur prairies le désherbage chimique est interdit, à l'exception des traitements localisés
  - Lutter contre les vivaces et les plantes envahissantes
  - Destruction uniquement mécanique des couverts hivernaux
- Préserver et améliorer le paysage
  - Ne pas araser les talus
  - Ne pas drainer les près humides de bas fonds
  - Remise en herbages des terres humides cultivées
  - Maintien ou reconstitution du maillage bocager

### ANNEXE 3

NOM	Parcelle	HYDRO	PROF	Profil	LAB	LATR
LBC 1	Ilot 1	non	++	Bon	Bon	Bon
LFC 1	Ilot 1	non	++	Bon	Moyen	Bon
HLL 1	Ilot 1	non	++	Bon	Mauvais	Moyen
SAL 1	Ilot 1	non	+	Bon	Bon	Bon
AIG 1	Ilot 1	non	+	Moyen	Bon	Moyen
ROL 1	Ilot 1	non	+	Moyen	Bon	Bon
ALL 1	Ilot 1	non	++	Bon	Moyen	Bon
MOT 1	Ilot 1	non	++	Bon	Moyen	Moyen
ETE 1	Ilot 1	oui	-	Moyen	Moyen	Moyen
CAB 1	Ilot 1	non	+	Moyen	Bon	Bon
TRG 1	Ilot 1	non	++	Bon	Bon	Bon
GUR 1	Ilot 1	non	-	Moyen	Moyen	Moyen
CLM 1	Ilot 1	non	-	Bon	Moyen	Moyen
LGN 1	Ilot 1	non	+	Bon	Bon	Bon
LGD 1	Ilot 1	non	++	Bon	Bon	Bon
LBT 1	Ilot 1	non	-	Bon	Bon	Bon
TRO 1	Ilot 1	non	-	Bon	Moyen	Moyen
LBN 1	Ilot 1	non	-	Bon	Moyen	Moyen
BEL 1	Ilot 1	non	+	Bon	Moyen	Moyen
CHO 1	Ilot 1	oui	++	Mauvais	Bon	Moyen
COQ 1	Ilot 1	non	+	Moyen	Mauvais	Moyen
DAG 1	Ilot 1	non	+	Moyen	Moyen	Moyen
GAI 1	Ilot 1	non	+	Mauvais	Moyen	Moyen
GAL 1	Ilot 1	non	++	Bon	Bon	Bon
GTR 1	Ilot 1	non	+	Mauvais	Moyen	Mauvais
HRY 1	Ilot 1	non	++	Bon	Moyen	Moyen
HTB 1	Ilot 1	oui	-	Bon	Mauvais	Moyen
JAQ 1	Ilot 1	non	-	Mauvais	Moyen	Moyen
MOH 1	Ilot 1	oui	+	Mauvais	Bon	Moyen
POU 1	Ilot 1	non	++	Mauvais	Bon	Moyen
LBC 2	Ilot 2	non	++	Bon	Moyen	Moyen
LFC 2	Ilot 2	non	++	Mauvais	Moyen	Mauvais
HLL 2	Ilot 2	non	+	Mauvais	Moyen	Moyen
SAL 2	Ilot 2	oui	++	Bon	Bon	Bon
AIG 2	Ilot 2	non	-	Bon	Moyen	Moyen
ROL 2	Ilot 2	non	+	Moyen	Moyen	Moyen
ALL 2	Ilot 2	non	++	Mauvais	Mauvais	Mauvais
MOT 2	Ilot 2	non	++	Bon	Bon	Bon
ETE 2	Ilot 2	oui	-	Mauvais	Moyen	Mauvais
CAB 2	Ilot 2	non	-	Moyen	Moyen	Moyen
TRG 2	Ilot 2	non	++	Mauvais	Moyen	Mauvais
GUR 2	Ilot 2	non	-	Moyen	Bon	Moyen
CLM 2	Ilot 2	non	-	Mauvais	Moyen	Mauvais
LGN 2	Ilot 2	non	+	Bon	Bon	Bon
LGD 2	Ilot 2	non	+	Moyen	Bon	Moyen
LBT 2	Ilot 2	non	-	Moyen	Bon	Moyen
TRO 2	Ilot 2	non	-	Moyen	Moyen	Moyen
LBN 2	Ilot 2	non	-	Moyen	Moyen	Moyen
BEL 2	Ilot 2	non	-	Bon	Moyen	Moyen
CHO 2	Ilot 2	oui	++	Mauvais	Moyen	Mauvais
COQ 2	Ilot 2	oui	-	Mauvais	Mauvais	Moyen
DAG 2	Ilot 2	oui	+	Mauvais	Moyen	Moyen
GAI 2	Ilot 2	oui	++	Mauvais	Mauvais	Mauvais
GAL 2	Ilot 2	non	++	Mauvais	Bon	Moyen
GTR 2	Ilot 2	oui	-	Bon	Moyen	Bon
HRY 2	Ilot 2	non	++	Moyen	Moyen	Moyen
HTB 2	Ilot 2	non	-	Mauvais	Mauvais	Mauvais
JAQ 2	Ilot 2	oui	-	Mauvais	Moyen	Mauvais
MOH 2	Ilot 2	oui	++	Mauvais	Moyen	Moyen
POU 2	Ilot 2	non	-	Mauvais	Moyen	Mauvais

*Tableau 16 : Le tableau de données qui nous a permis de réaliser l'AFCM avec le logiciel R.*

## ANNEXE 4



*Figure 4: Fréquence des apports en éléments minéraux sur les 6 années de l'étude*

**ANNEXE 5 :**  
**Synthèse des profils de sols réalisés par Christophe COUSSEMENT**

Exploitation	Ilot 1	Ilot 2
Le Boulch Michel	35/60/80/ Belle structure Bcp de sources temporaires autour de la parcelle	30/40/70/ Pas de différence / Ilot 1
Le Fustec Patrick	20/40/90/ Sol sain Hydromorphie à 90 cm par remontées capillaires	50/ Hydromorphie à 50 cm et plus. Concrétion nette
HILLION Pascal	30/70/ Bon enracinement Très légères tâches de rouilles en surface	30/50/ Structure polyédrique en surface : sûrement du à un tassement
SALAÜN Pacal	45/55/90/ Abs de tassement Abs de blocage de la tarière	50/100/ Lessivage vers 70 cm Exposition mauvaise Haut de parcelle bien meilleure
AIGNEL Pierre Yves	30/45/ Abs tassement surface Rouille à 45cm du sol Abs blocage tarière	10/40/80/ Tassement de surface avec décoloration. Blocage tarière à 80cm
ROLLAND Patricia	40/50/ Sol moins lessivé Abs de semelle de labour	0/28/70/ Semelle de labour à 28cm Sol un peu lessivé
ALLAIN Yves	50/90/ Tassement à 10cm	10/40/60/ Tassement à 10cm Moins bon enracinement entre 10 et 40cm Problème visible autour des racines en surface
MOTAIS Didier	25/45/70/ Surface plus souple que 2	30/80/110/115/ Sol limoneux légèrement lessivé
ETESSE George	Pas données	Pas données
CABARET Joseph	60/ Paille de blé non décomposé à 30 cm. Lessivage important à 10cm	60/110/ Limon lessivé
TREGOUET Michaël	30/80/ Sol très tendre Bcp de vers de terre	25/35/70/ Lessivage dès la surface Tassement visible Concrétion Fe Mn en prof Tendance à l'hydromorphie Parcelle en partie drainée
GUERNION-FUMERY	20/80/100/110 Abs de tassement Quques traces de lessivage à 70 cm	20/50/80/110 Tassement de surface jusqu'à 60 cm Attention au risque de blocage par le calcaire Molybdène
CLEMENT François	35/90/ Sol sain	30/.../ Sol lessivable Bon enracinement
LE GUEN	50/90/110/ Abs de tassement Tendance à avoir une roche mer basique Riche en Cailloux	40/75/ Léger tassement en surface Très riche en cailloux
LE CAIN et LE GRAND Comparaison difficile des deux ilots	40/50/90/ Abs de tassement Léger lessivage en prof.	30/50/ Bon enracinement Limons décapés par la pente

## ANNEXE 6

### Questionnaire : Pratiques de fertilisation, entretien, amendement des prairies temporaires et notion de pérennité

Nom :  
 Prénom :  
 Exploitation :  
 Adresse :

#### 1. La description des ilots

Caractéristiques	Ilot 1	Ilot 2
Taille		
Orientation et pente		
Type de sol		
Profondeur de sol		
Pluviométrie en mm/an		
Réchauffement		
Incluse dans la rotation ?		
Problèmes de fonctionnement visibles et depuis combien de temps		
Homogénéité (si non, dvper)		
Travail du sol		
Type d'exploitation		
Date du 1 <sup>er</sup> pâturage (décade)		
Date 1 <sup>ère</sup> récolte (décade)		
Modifications suite à l'étude 2006		

2. L'ilot 1 :

2.1. L'exploitation de la parcelle

	2009	2008	2007	2006
Précédent cult.				
Mode d'exploit				
Accident				
Evol de la flore				
Rendement Et nb de cycles				

2.2. Les matières organiques

	2009	2008	2007	2006
Type				
Date				
Quantité brute				
Type				
Date				
Quantité brute				
Type				
Date				
Quantité brute				

2.3. Les amendements basiques

	2009	2008	2007	2006
Type				
Date d'apport				
Quantité brute				
Unités CaO				
Unités MgO				

2.4. La fertilisation minérale

minéral	aractéristiques	2009	2008	2007	2006
<b>N minéral</b>	Type				
	Date				
	Quantité brute				
<b>P minéral</b>	Type				
	Date				
	Quantité brute				
<b>K minéral</b>	Type				
	Date				
	Quantité brute				

### 3. L'îlot 2

#### 3.1. L'exploitation de la parcelle

	2009	2008	2007	2006
Précédent cult.				
Mode d'exploit				
Accident				
Evol de la flore				
Rendement Et nb de cycles				

#### 3.2. Les matières organiques

	2009	2008	2007	2006
Type				
Date				
Quantité brute				
Type				
Date				
Quantité brute				
Type				
Date				
Quantité brute				

#### 3.3. Les amendements basiques

	2009	2008	2007	2006
Type				
Date d'apport				
Quantité brute				
Unités CaO				
Unités MgO				

#### 3.4. La fertilisation minérale

minéral	caractéristiques	2009	2008	2007	2006
<b>N minéral</b>	Type				
	Date				
	Quantité brute				
<b>P minéral</b>	Type				
	Date				
	Quantité brute				
<b>K minéral</b>	Type				
	Date				
	Quantité brute				

4. La notion de pérennité
  - 4.1. Questions préalables
    - niveau de chargement animal ?
    - niveau de production des VL ?
    - Quantité de maïs dans la ration ?
  - 4.2. Qu'entendez-vous par le mot pérennité pour les prairies ?
  - 4.3. Qu'est ce qu'une prairie qui n'est pas pérenne ?
  - 4.4. Pour vous une prairie pérenne doit produire combien d'année ?
  - 4.5. Essayez vous d'intensifier la production de vos prairies ?
  - 4.6. Quel est le rendement moyen de vos prairies (différences PP, PTrot, PTper)
  - 4.7. Admettez vous que la prairie se salisse à un moment donné et si oui, dans quelles proportions ?
  - 4.8. Avez-vous des différences d'exigences entre les prairies de la rotation et les prairies plutôt permanentes ?
  - 4.9. Qu'est ce qui vous guide dans le choix du retournement d'une prairie ?
  - 4.10. Faites vous des interventions lorsque vous trouvez qu'une prairie ne se pérennise pas (sursemis, travail du sol, entretien, fertilisation)?
  - 4.11. Qu'est ce que pour vous le salissement de la prairie (degré et espèces adventices les plus « néfastes » ?