COLLECTION RÉSULTATS

Décembre 2016
Compte rendu 00 16 304 021
Département Techniques d'Elevage et Environnement
Service Environnement Bâtiment
Jean-Baptiste DOLLÉ

Institut de l'Elevage : Jean-Baptiste Dollé, Sylvain Foray, Elise Lorinquer, Vincent Manneville, Christèle Couzy
INRA UMR PEGASE : Nadège Edouard, Rémy Delagarde, Philippe Faverdin
INRA UMRH : Jacques Agabriel, Maguy Eugène
INRA Grignon : Pierre Cellier

MAGES

Mesures d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre en élevage bovin lait et viande

INSTITUT DE L'ELEVAGE

INRA SCIENCE & IMPACT

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'ALIMENTATION DE LA PÊCHE DE LA RURALITÉ ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE L'ALIMENTATION
DE LA PÊCHE
DE LA RURALITÉ
ET DE L'AMÉNAGEMENT
DU TERRITOIRE

avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale "Développement agricole et rural"

Mission DAR

Période : **2012-2015**

N° du projet : **1122**

Titre du projet :

MAGES - Mesures d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre en élevage bovin lait et viande

COMPTE RENDU FINAL DU PROJET

Organisme chef de file : **Institut de l'Elevage**

Nom et organisme du chef de projet : **Jean-Baptiste Dollé, Institut de l'Elevage**

Sommaire

1 Note synthétique 2

2 Compte-rendu technique détaillé 3

2.1 Modalités d'organisation 3

2.2 Le partenariat 7

2.3 Le déroulement du projet 8

2.3.1 Action 1 : Etudes sectorielles de trois postes d'émission de GES fortement contributeurs 8

2.3.2 Action 2 : Evaluation de mesures d'atténuation des émissions de GES à l'échelle du système d'élevage 15

2.3.3 Action 3 : Evaluation de l'acceptabilité des mesures d'atténuation par les éleveurs pour contribuer à la formulation des conseils 25

2.4 Les modalités de valorisation du projet 30

3 Perspectives 32

1 Note synthétique

La prise en compte des préoccupations environnementales en élevage herbivore est un enjeu stratégique majeur. Des efforts importants ont été entrepris par la filière herbivore ces dernières années pour réduire l'impact de l'activité d'élevage sur la qualité de l'eau. Plus récemment, le réchauffement climatique nécessite d'élargir l'analyse environnementale à d'autres aspects. C'est ainsi qu'au même titre que les autres activités professionnelles, l'élevage herbivore doit construire un plan d'action pour les années futures, afin de réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Par ailleurs, la prairie, indissociable de l'élevage herbivore, est reconnue pour son rôle positif sur le stockage de carbone et sa contribution à la compensation des émissions du secteur. Cette question des GES et du stockage de carbone relance donc la discussion sur l'élevage d'animaux alimentés exclusivement en bâtiment *vs* la production basée sur l'herbe avec une productivité par vache sans doute plus faible mais associée à une capacité de préservation du carbone du sol importante. Elle relance également la discussion autour de l'autonomie alimentaire des exploitations, et en particulier de l'introduction de légumineuses, … Dans ce contexte, il apparaît important d'approfondir les connaissances sur les facteurs explicatifs de la variabilité des impacts environnementaux observés au sein des différents systèmes, d'étudier plus précisément les leviers d'action et de positionner les pratiques à mettre en œuvre dans les exploitations bovines face à ces nouveaux questionnements.

C'est pourquoi, ce projet visait à concevoir des plans d'action permettant de réduire les émissions de GES en élevage bovin et plus précisément :

1- D'acquérir des références précises sur la capacité de certaines pratiques à réduire les émissions de gaz à effet de serre par une meilleure fermentation ruminale ainsi que par une optimisation de la gestion des déjections en bâtiments et sur prairies,
2- D'intégrer les moyens d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et les pratiques d'augmentation du stockage de carbone à l'échelle du système d'élevage en s'assurant de leur faisabilité technico-économique, ceci dans le but d'obtenir des produits lait et viande à faible impact carbone,
3- De proposer un plan d'actions pour la réduction des émissions de GES des filières bovines adapté à différents systèmes ainsi qu'un plan de diffusion des pistes potentielles destiné aux éleveurs et aux acteurs économiques.

L'Institut de l'Elevage en partenariat avec trois équipes INRA spécialisées dans le domaine des émissions de GES en élevage bovin lait et viande, l'UMR Production de Lait, l'UMR SAS, l'URH ; et plusieurs fermes expérimentales se sont mobilisés autour du projet visant à mettre en évidence des techniques de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Ce projet a bénéficié du soutien financier du Ministère de l'Agriculture (Projet de recherche finalisée et d'innovation).

La diversité des acteurs impliqués allant de la recherche fondamentale en passant par l'institut technique, les fermes expérimentales, les Chambres d'Agriculture, et les fermes pilotes a permis d'engager une démarche transversale sur le lien entre émissions de GES et secteur de l'élevage bovin.

Les travaux expérimentaux ont apporté des références précieuses et déterminé le potentiel de réduction pour les différents postes d'émission. L'implication d'un réseau de fermes pilotes et de fermes expérimentales a permis tout d'abord de sensibiliser les producteurs concernant les enjeux environnementaux, mais aussi de co-construire une réflexion pour la mise en place d'actions innovantes dans leurs exploitations et ainsi qu'ils soient les acteurs des changements et des innovations mises en place. La diffusion large et diverse des travaux menés au cours de ce projet, par des moyens de diffusion variés

allant d'intervention orale scientifique (3R), des articles scientifiques (3R), des articles dans la presse agricole (Terra, Réussir lait, …), des interventions lors de réunions d'éleveurs a permis de mettre à la disposition des acteurs l'ensemble des résultats de ce projet.

2 Compte-rendu technique détaillé

Le projet se structurait en 3 actions :

Action 1 : Etudes sectorielles de trois postes d'émission de GES fortement contributeurs

L'objectif de cette action est d'évaluer l'intérêt environnemental de techniques de réduction des émissions sur trois postes ciblés (émissions entériques, en bâtiment et sur prairies) forts contributeurs. Il s'agit d'apprécier l'intérêt des légumineuses pour réduire les émissions de méthane entérique, de mesurer l'effet croisé du régime alimentaire et du mode de logement sur les émissions en bâtiment et de tester l'efficacité des inhibiteurs de nitrification sur les émissions de protoxyde d'azote sur prairies.

Action 2 : Evaluation de mesures d'atténuation des émissions de GES à l'échelle du système d'élevage

Le but de cette action est d'agréger des techniques d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle du système d'élevage, pour la production d'un lait et d'une viande à faible impact carbone. Cette analyse qui intègre les effets directs et indirects des pratiques ou changement de systèmes, est basée sur une approche type ACV. Elle est mise en œuvre sur des fermes expérimentales et commerciales choisies dans des systèmes de production très variés.

Action 3 : Evaluation de l'acceptabilité des mesures d'atténuation par les éleveurs pour contribuer à la formulation des conseils

Cette action vise à sensibiliser les éleveurs au bilan gaz à effet de serre, à mettre en avant le lien entre performances environnementale et économique de manière à communiquer de façon pédagogique sur des solutions concrètes disponibles pour réduire l'empreinte carbone des produits.

2.1 Modalités d'organisation

- **Convention avec les partenaires recevant des financements du CASDAR**

Une convention entre l'Institut de l'Elevage, pilote du projet et les autres partenaires a été signée en début de projet. L'Institut de l'Elevage était ainsi mandaté pour percevoir les fonds du Ministère et les reverser aux partenaires. Cette convention précisait également les modalités d'organisation et les engagements des partenaires vis-à-vis de l'Institut de l'Elevage.

- **Modalités de pilotage**
    - Comités de pilotage scientifique

Durant le projet, quatre réunions du comité de pilotage ont eu lieu. Elles regroupaient au moins un représentant de chacune des structures partenaires du projet :

Un comité de pilotage de lancement a été organisé le **3 février 2012** (Présents : Bernard Houssin, Marc Fougère, Pierre Cellier, Jacques Agabriel, Alicia Charpiot, Jean-Baptiste Dollé, Audrey Trévisiol). Il avait pour objet de préciser et informer les partenaires des aspects administratifs et financiers du programme, de

rappeler les objectifs de chacune des actions, de définir un mode de travail et de planifier les actions techniques.

Un comité de pilotage de fin de première année a été organisé le **14 février 2013** (Présents : Jacques Agabriel, Nadège Edouard, Philippe Faverdin, Maguy Eugène, Sylvain Foray, Elise Lorinquer, Jean-Baptiste Dollé, Bernard Houssin, Brigitte Frappat). Il avait pour objet de faire le point sur l'avancement de l'ensemble des 3 actions, de présenter et discuter les premiers résultats disponibles et d'ajuster la suite du programme.

Un comité de pilotage a été organisé le **12 mars 2014** (Présents : Jacques Agabriel, Maguy Eugène, Sylvain Foray, Elise Lorinquer, Jean-Baptiste Dollé, Céline Pacary, Patrick Veysset, Marc Fougère, Rémy Delagarde). Il avait pour objet de faire le point sur l'avancement de l'ensemble des 3 actions, de présenter et discuter les premiers résultats disponibles et d'ajuster la suite du programme.

Une réunion du comité de pilotage a été organisée en fin de programme, le **26 mars 2015** (Présents : Nadège Edouard, Philippe Faverdin, Michel Doreau, Sylvain Foray, Jean Raynal, Jean-Baptiste Dollé, Marc Fougère, Vincent Manneville, Lucie Morin). Le but de cette réunion était de faire le bilan des différentes actions menées, de discuter les aspects administratifs et financiers de la fin du programme, puis de préciser les modalités de diffusion et de valorisation.

- autres modalités de pilotage : groupe de travail

Plusieurs réunions (physiques ou téléphoniques) se sont déroulées pour les différentes actions, regroupant les partenaires directement impliqués dans l'action mais ouvertes à l'ensemble du groupe. Elles ont permis d'avancer dans le projet, de suivre les travaux des différents partenaires, d'échanger sur les difficultés rencontrées et de fixer des dates de rendus des travaux. Chaque responsable d'action avait en charge d'assurer le suivi du calendrier et du déroulement des travaux par le biais d'échanges de mails et conférences web.

- **Calendrier**

Le calendrier des travaux sur l'ensemble du projet est résumé dans le tableau suivant pour les différentes actions du projet conduites de janvier 2012 à décembre 2014.

Mois / Action	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1																																				
2																																				
3																																				

- **Tableau de bord de suivi des moyens mis en œuvre**

<table>
<tr><th></th><th>Contenu et mode de Réalisation</th><th>Indicateurs de suivi</th><th>Indicateur de Réalisation</th></tr>
<tr><td colspan="4">Coordination animation</td></tr>
<tr><td></td><td>Organisation des échanges
Organisation des réunions
Rédaction des comptes-rendus (CR)
Rapports techniques et financiers annuels</td><td>CR de réunions.</td><td>Rapports intermédiaire et final du projet</td></tr>
<tr><td colspan="4">Action 1 : Etudes sectorielles de trois postes d’émission de GES fortement contributeurs</td></tr>
<tr><td>Leviers d’atténuation des émissions de méthane entérique

Evaluation des émissions de GES en bâtiments d’élevage et des leviers d’atténuation

Réduction des émissions de GES sur prairies par l’utilisation d’inhibiteurs de nitrification</td><td>Mise en place de « l’équipe projet »

Construction des protocoles expérimentaux

Mise en œuvre des protocoles en conditions réelles

Analyse des données</td><td>Réunions de travail

Protocoles expérimentaux

Résultats d’expérimentations</td><td><u>Colloques et séminaires :</u>

Présentation SPACE 2013

Articles et poster 3R 2013

Articles et poster EAAP 2013

Journées Elevage et ruminants, acteur des solutions climat – 9 et 10 juin 2015

Satellite 3R - Elevage et ruminants, acteur des solutions climat – 3 décembre 2015</td></tr>
<tr><td colspan="4">Action 2 : Evaluation de mesures d’atténuation des émissions de GES à l’échelle du système d’élevage</td></tr>
<tr><td>Mise en œuvre de plans d’action dans des fermes commerciales</td><td>Réunions en équipes régionales bovin lait et bovin viande animées par deux spécialistes lait et viande de l’Institut de l’Elevage

Visite et accompagnement des éleveurs</td><td>Réunions

20 fermes pilotes suivies

Diagnostics en exploitations

CR des suivis personnalisés

Projets d’amélioration ou Plan de développement individuel des fermes

Evaluation des gains permis par les pratiques vertueuses</td><td><u>Guide méthodologique</u>

Guide méthodologique pour l’évaluation environnementale des fermes d’élevage de ruminants (2015)

<u>Publications et communication</u>

Combiner environnement et production laitière Aout 2013

Concilier production et environnement en systèmes bovins allaitants 4eme trimestre 2013

Elevage de ruminants et changement climatique Juillet 2015

Articles dans la presse agricole</td></tr>
<tr><td>Mise en œuvre de systèmes à faible impact carbone en fermes expérimentales</td><td>Rencontre et accompagnement des chefs d’exploitation pendant la durée du projet</td><td>5 fermes suivies

Diagnostics d’exploitations

Calcul des indicateurs de performance

CR des suivis personnalisés Projets d’amélioration ou</td><td><u>Colloques et séminaires :</u>

EAP 2013 Visite de la ferme expérimentale de DERVAL août 2013

Journée portes ouvertes à la ferme de DERVAL dans le cadre du SPACE 2013-14-15.

Biennales des fermes expérimentales de l’Ouest le 6 février 2014</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td></td><td>Plan de développement individuel des fermes</td><td>Séminaire SALENPRO du 4 novembre 2015 à THEIX (diffusion des résultats de la partie viande des mesures d'atténuation)

Journées Elevage et ruminants, acteur des solutions climat – 9 et 10 juin 2015

Satellite 3R - Elevage de ruminants, acteur des solutions climat – 3 décembre 2015</td></tr>
<tr><td colspan="4">Action 3 : Evaluation de l'acceptabilité des mesures d'atténuation par les éleveurs pour contribuer à la formulation des conseils</td></tr>
<tr><td>Analyse des représentations des éleveurs et des techniciens vis à vis de la thématique et des solutions</td><td>Réunions collectives de techniciens et d'éleveurs

Echanges bilatéraux Technicien/Eleveur</td><td>Protocoles d'enquête

CR de réunions</td><td rowspan="2"><u>Publications et communication</u>

Combiner environnement et production laitière Aout 2013

Concilier production et environnement en systèmes bovins allaitants 4eme trimestre 2013

Elevage de ruminants et changement climatique Juillet 2015

Articles dans la presse agricole

<u>Colloques et séminaires :</u>

Journées Elevage et ruminants, acteur des solutions climat – 9 et 10 juin 2015

Satellite 3R - Elevage de ruminants, acteur des solutions climat – 3 décembre 2015</td></tr>
<tr><td>Définition de plans d'action concertés opérationnels</td><td>Réunion et synthèse des travaux</td><td>Inventaire des pratiques de réduction des émissions de GES</td></tr>
</table>

2.2 Le partenariat

- **Rôle et apport de chaque partenaire**

La coordination et la gestion d'ensemble du dossier a été effectuée par Jean-Baptiste Dollé de l'Institut de l'Elevage. Chaque partenaire a apporté ses compétences au sein des différents groupes de travail créés pour chaque action.

L'affectation des personnes à ce projet a pu changer au cours du temps (réorganisations internes, nouvelles embauches, …). L'ensemble des personnes qui ont été associées au comité technique pendant la période sont :

Institut de l'Elevage : Jean-Baptiste Dollé, Sylvain Foray, Elise Lorinquer, Vincent Manneville, Christèle Couzy, Brigitte Frappat, Alicia Charpiot
INRA UMR PEGASE : Nadège Edouard, Rémy Delagarde, Philippe Faverdin
INRA UMRH : Patrick Veysset, Jacques Agabriel, Maguy Eugène
INRA Grignon : Pierre Cellier
Ferme expérimentale de la Blanche Maison : Bernard Houssin, Céline Pacary
Ferme expérimentale de Derval : Marc Fougère
Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou : Jean-Paul Coutard
Ferme expérimentale de Marcenat : Pascal Dhour et Florence Fournier
Institut de l'Elevage pour la ferme expérimentale de Jalogny : Jean-Pierre Farrié
Chambres d'Agriculture de Bretagne et du Centre : prestataires de l'Institut de l'Elevage

L'ensemble des partenaires a participé au projet pour l'action dont il avait la responsabilité. Les équipes INRA ont apporté toute la base scientifique à la mise en œuvre des protocoles expérimentaux. L'Institut de l'Elevage a apporté la dimension expérimentation et système d'exploitation dans le cadre des suivis des fermes commerciales et expérimentales. Les chambres d'Agriculture et les chefs d'exploitations des fermes expérimentales ont apporté leur connaissance du fonctionnement global des exploitations. Le projet n'a pas subi de désistement de partenaires en cours de programme.

- **Bilan du fonctionnement**

La qualité du partenariat a été très satisfaisante, avec une bonne concertation entre l'ensemble des partenaires. La mutualisation des compétences entre les partenaires de la recherche, du développement et les éleveurs a été profitable à tous. C'est une réussite pour les partenaires d'avoir élaborer un grand jeu de références environnementales. L'implication des éleveurs dans ce type de projet est un plus et permet de mettre en évidence les enjeux de l'environnement pour la production laitière et de viande et de mettre l'accent sur les avantages/inconvénients des approches en matière de réduction des émissions de GES.

Un équilibre entre les équipes de travail s'est très vite installé et ces habitudes de travail en commun se poursuivront à l'avenir dans le cadre d'autres projets touchant à la thématique de l'élevage de ruminants et de l'environnement. Les acquis en termes d'organisation des équipes de travail et de méthodologie sont notamment valorisés et mis à profit dans le cadre de projets d'envergure nationale et internationale (LIFE BEEF CARBON et LIFE CARBON DAIRY), mais aussi dans le cadre de réseaux mixtes de technologie comme le RMT Elevage et Environnement et les UMT RIEL et PASF.

2.3 Le déroulement du projet

2.3.1 Action 1 : Etudes sectorielles de trois postes d'émission de GES fortement contributeurs

2.3.1.1 Rappel des objectifs attendus

L'objectif de cette action est d'évaluer l'intérêt environnemental de techniques de réduction des émissions sur trois postes ciblés (émissions entériques, en bâtiment et sur prairies) forts contributeurs. Il s'agit d'apprécier l'intérêt des légumineuses pour réduire les émissions de méthane entérique, de mesurer l'effet croisé du régime alimentaire et du mode de logement sur les émissions en bâtiment et de tester l'efficacité des inhibiteurs de nitrification sur les émissions de protoxyde d'azote sur prairies. Pour cela, cette action est scindée en trois sous actions :

2.3.1.2 Action 1.1 – Leviers d'atténuation des émissions de méthane entérique

Cette action vise à évaluer l'intérêt des légumineuses pour la réduction des émissions de méthane entérique. Dans ce cadre, deux expérimentations ont été réalisées afin de comparer les émissions de méthane au pâturage en fonction de la présence de légumineuses dans la prairie à l'aide du dispositif portatif de mesure du méthane entérique mis au point par l'INRA de Theix.

Expérimentation 1 - En zone de plaine (station expérimentale de l'INRA de Méjusseaume, Ille et Vilaine), l'objectif était de tester des prairies temporaires pures et de mélanges, implantés en 2010 dans le cadre du projet européen FP7-Multisward.

Matériel et Méthode

Cette étude a été réalisée du 23 avril au 12 juin 2014 à la ferme INRA de l'UMR Pegase à Méjusseaume.

Trois natures de prairies ont été comparées :

- traitement RGA : ray-grass anglais pur
- traitement TRE : ray-grass anglais et trèfle blanc (objectif 30 % de TB)
- traitement CHI : ray-grass anglais et chicorée (objectif 30 % de chicorée)

Le schéma expérimental est un double carré latin 3 × 3 équilibré des effets rémanents, chaque carré latin tournant dans un sens contraire (succession opposée des traitements). Chaque vache est ainsi son propre témoin, car elle reçoit tous les traitements, ce qui permet d'avoir une bonne puissance statistique malgré le faible nombre de vaches utilisées. Les vaches reçoivent successivement chacun des traitements au cours de 3 périodes de 17 jours, dont 10 jours d'adaptation au traitement et 7 jours de mesures précises et de prélèvements.

Les vaches sont réparties dans les salles B, C et D du secteur « Physiologie » de la ferme expérimentale. La répartition des traitements dans les salles a été faite de manière à ce que chaque traitement passe dans toutes les salles pour éviter la confusion entre une éventuelle salle et l'effet du traitement (Tableau 1). Les vaches sont traites sur place 2 fois par jour, vers 7 h et 17 h.

La production de CH_4 a été déterminée à l'échelle individuelle par la technique du gaz traceur SF6 pendant 5 jours en fin de chaque période (j12-j17). Les collectes (récupérations des boîtes) sont réalisées chaque matin de j13 à j17, avec envoi des boîtes à Theix par transporteur pour le dosage du méthane entérique.

Résultats obtenus

La production journalière de méthane par vache a été en moyenne de 438 g, et a peu varié entre type de régime. Elle a été identique entre RGA et TRE, mais a eu tendance à être inférieure sur CHI que sur TRE (P<0,10) (Tableau 1). En revanche, lorsqu'elle est exprimée par kg de lait, par kg de MS ingérée ou par kg de MO digestible ingérée, la production de méthane a été nettement inférieure sur CHI que sur RGA (- 24 %, -21 % et -19 %, respectivement). Les productions de méthane par kg de lait, par kg de MS ingérée ou par kg de MO digestible ingérée sur TRE n'ont pas différé de celles observées sur CHI. En revanche, par kg lait ou par kg MSI, la production de méthane a eu tendance à être inférieure à celle observée sur RGA (P<0,10), avec une réduction de 12 et 18 %, respectivement).

Tableau 1 : Effet de l'introduction de trèfle ou de chicorée sur la production de méthane entérique chez la vache laitière alimentée à volonté à l'auge avec du ray-grass anglais en vert

Variable	**Traitement**			**ETR**	**Effet trait (P<)**
	RGA	**TRE**	**CHI**		
Production de méthane					
- g/j	459	465	389	67,7	ns
- g/kg lait	22,8 ^{b}	18,6 ^{ab}	17,3 ^{a}	3,65	0,071
- g/kg MS ingérée	31,3 ^{b}	26,7 ^{ab}	24,6 ^{a}	4,01	0,049
- g/kg MO ingérée	34,8 ^{b}	29,9 ^{ab}	28,2 ^{a}	4,33	0,071
- g/kg MO digestible ingérée	41,5 ^{b}	36,4 ^{ab}	33,5 ^{a}	5,24	0,076

Sur une même ligne, des lettres différentes indiquent des moyennes ajustées qui diffèrent au seuil de 5 %.

Expérimentation 2 - En zone de montagne (station expérimentale de l'INRA à Marcenat, Cantal), deux prairies naturelles contrastées sont étudiées dans le cadre de deux systèmes d'élevage innovants et extrêmes : l'un économe en intrants avec plus de biodiversité (riche en espèces diverses mais avec peu de légumineuses) ; l'autre visant à maximiser le potentiel de production des vaches, avec moins de biodiversité (riche en légumineuses).

Matériel et Méthode

Le protocole de mesures s'inscrit dans le cadre plus général d'une expérimentation de systèmes innovants « Bota/Pépi » incluant l'étude de deux systèmes : un système très extensif et complètement autonome, et un système plus intensif et plus proche des systèmes existant de la région. Le premier (Bota) a un chargement limité (0,6 UGB/ha) sur des prairies permanentes, riches en biodiversité, et le second (Pépi) a un chargement plus élevé (1,1 UGB/ha) sur d'anciennes prairies temporaires présentant une biodiversité modérée.

La gestion en pâturage tournant mise en place dans les deux systèmes a permis de faire pâturer les vaches sur les deux mêmes parcelles dans chacun des deux systèmes (moyennant quelques ajustements de gestion) durant les périodes expérimentales. Toutes les mesures ont été réalisées au cours de deux périodes expérimentales de deux semaines : P1 (du 26/05/14 au 07/06/14) et P2 (du 23/06/14 au 05/07/14). Chaque période était composée d'une semaine d'adaptation et d'une semaine de mesure. Les mesures des

émissions de CH_4 entérique ont été réalisées sur chaque système en P1 et en P2. La technique de mesure utilisée dans cette expérimentation est celle du gaz traceur SF6 (Johnson and Johnson, 1994) identique à l'expérimentation précédente.

Résultats

Les émissions de CH_4 ne sont pas différentes significativement entre les deux lots Bota et Pépi en P1 (402,9 vs 401,7 g/j, *P*=0,99), mais elles tendent à être plus élevées en P2 sur le lot Bota que sur le lot Pépi (*P*=0,07) (400,3 vs 330,5 g/j, respectivement) (Tableau 2).

Pour le lot Pépi, les émissions de CH_4 sont significativement différentes (*P*<0,001) entre les deux périodes, avec notamment une différence d'émissions de 71,4 g/j, soit une diminution de 17,7 % entre P1 et P2. Pour le lot Bota, il n'y a pas de différence entre les deux périodes.

Lorsque que l'on exprime les émissions de CH_4 par rapport à la production laitière des vaches, il n'y a pas de différence significative (*P*=0,26) entre les deux lots (16,0 g/kg, respectivement) quelle que soit la période considérée (Tableau 2).

Tableau 2 : Emissions de CH_4 (g/j) et de CH_4/kg de lait (g/kg) des lots Bota et Pépi pour les 2 périodes

	P1		**P2**	
Production de méthane	BOTA	PEPI	BOTA	PEPI
CH_4 (g/j)	402,9	401,7	400,3	330,5
CH_4 / lait (g/kg lait)	15,4	16,1	17,3	15,3

L'absence de différence significative d'émission entre les lots Bota et Pépi que ce soit au niveau des émissions journalières ou des émissions de CH_4 par kg de lait pourrait être liée au fait que la quantité de concentré reçue par les vaches de Pépi n'est pas suffisante (4 kg de concentré par jour soit 17 % de concentré) pour modifier le métabolisme des vaches et ainsi réduire la production de CH_4 (Sauvant et al, 2011).

2.3.1.3 Action 1.2 – Evaluation des émissions de GES en bâtiments d'élevage et leviers d'action

Cette action vise à acquérir des références sur les émissions en bâtiment et évaluer l'effet croisé du régime alimentaire et du mode de logement, ainsi que les pistes de réduction des émissions de GES en bâtiments. Le bâtiment d'élevage bovin recouvre une diversité importante de modes de logement associant des apports de paille et des types de déjections variés, croisés avec des rationnements différents. A cette diversité sont associées des émissions gazeuses très variables (Hassouna et al, 2010) nécessitant d'en comprendre plus précisément les mécanismes. Ce constat a mis en évidence la nécessité 1/ d'approfondir les connaissances sur les mécanismes d'émission dans des conditions standardisées et 2/ de mettre en œuvre des mesures en conditions réelles pour l'acquisition de facteurs d'émission de gaz à effet de serre.

Expérimentation 1 - Acquisition de données sur les émissions gazeuses selon deux modes de logement et deux niveaux de nutrition azotée

L'objectif de cette tâche était de tester l'influence de l'interaction entre le mode de logement et la nutrition azotée des vaches sur les émissions de gaz en bâtiment bovin lait. Nous avons choisi de comparer les

conséquences de la gestion des déjections sous forme de fumier et de lisier (une litière paillée accumulée plusieurs semaines (LA) produisant du fumier, une étable entravée (EE) et une étable libre avec logettes (LL)). En interaction avec le mode de logement, nous avons proposé 2 régimes alimentaires contrastés en azote : un régime déficitaire en azote dégradable (N-, environ 12 % MAT), et un régime excédentaire en azote dégradable (N+, environ 18 % MAT). Notre hypothèse était que la quantité et la nature de l'azote apporté par l'alimentation allait modifier la partition de l'azote excrété (vers les urines et les fèces) et donc leur potentiel d'émissions gazeuses, en interaction avec la nature de ces déjections (plutôt solides ou plutôt liquides) et avec leur mode de gestion (accumulation de la litière vs. raclage quotidien du lisier).

Matériel et Méthode

Cette expérimentation s'est déroulée entre le mois de septembre 2012 et le mois de janvier 2013. Deux groupes de 3 vaches laitières se sont vues offrir les 3 types de logement (dans des salles closes à ventilation mécanique) en interaction avec les deux rations durant 4 périodes de 4 semaines en inversion.

Les régimes offerts ad libitum étaient composés de 80 % d'ensilage de maïs et 20 % de concentrés et apportaient plus ou moins d'azote dégradable (12 et 18 % MAT pour N- et N+). Les productions laitières et les quantités ingérées ont été mesurées chaque jour individuellement. Les concentrations de H_2O, NH_3, CO_2, CH_4 et N_2O ont été mesurées en continu à l'aide d'un analyseur de gaz infrarouge photo-acoustique (INNOVA 1412). Des tubes de prélèvement étaient placés dans les gaines d'entrée d'air et d'extraction des salles ainsi que dans le couloir entre les 2 salles d'élevage (couloir qui communique avec l'étable d'un côté et l'extérieur de l'autre via une porte généralement fermée) et à l'extérieur du bâtiment (afin de vérifier que l'air entrant par les gaines d'extraction n'était pas pollué). Les taux de ventilation ont été estimés par la méthode du gaz traceur (SF6) à la fin de l'expérimentation.

Résultats

Les émissions d'azote ammoniacal ont été largement supérieures sur la ration N+ par rapport à la ration N-, et ce d'autant plus pour le système litière accumulée. De plus, pour le système LA, les émissions d'ammoniac ont doublé entre la 1ère semaine et la 4ème semaine d'accumulation pour le régime excédentaire en azote dégradable, alors que cette augmentation n'est pas visible sur N-. Les émissions de NH_3 sont ainsi très liées à l'apport en azote de la ration. Les émissions de N-NH_3 représentent environ 5 % de l'azote ingéré sur la ration N- quel que soit le mode de logement alors qu'elles s'élèvent à 9 % pour la ration N+ en système lisier et 12 % de l'azote ingéré en système fumier. Au-delà de la quantité d'azote ingérée, la forme de l'azote apporté par la ration (azote très dégradable dans le cas de la ration N+) influence donc fortement les émissions d'ammoniac des déjections. Les émissions du système fumier sont sans doute amplifiées par un effet température de la litière (autour de 29-30°C en semaine 1, atteignant 35-37°C à 10 cm de profondeur en semaine 4, pas de différence entre les 2 régimes). Contrairement à la température, l'humidité de la litière n'a pas été mesurée en continu. Les taux d'humidité des échantillons prélevés au moment du curage ne sont pas différents entre N+ et N-.

Les émissions de C-CH_4 n'ont pas été influencées par l'azote de la ration. En revanche, elles ont été plus élevées en système litière qu'en système logettes lisier (+ 23 %), du fait des émissions directes par la litière. Ici encore, les émissions de méthane ont augmenté au cours du temps d'accumulation de la litière, de la même manière pour les 2 régimes azotés. Les émissions de méthane ont ainsi été stimulées par les apports

quotidiens de carbone de la paille et par les fermentations au sein de la litière compactée par le couchage et le piétinement des vaches.

Les émissions de méthane rapportées à l'ingestion de matière sèche suivent le même modèle que les émissions de C-CH_4 (plus élevées sur LA que sur LL), à ceci près qu'elles semblent également légèrement plus élevées sur le régime N- que sur le régime N+. Cette différence pourrait être considérée comme anecdotique mais rejoint des observations discutées ultérieurement, dans la section « comparaisons méthodologiques : CH_4 entérique vs CH_4 de la salle ».

Les émissions de protoxyde d'azote (N-N_2O) ont été faibles (< 0,5 gN-N_2O/j/vache) et très variables (jusqu'à 100 % de variation). Aucun effet des facteurs testés ici ne peut être mis en évidence dans ces conditions.

Expérimentation 2 - Mesures d'émission gazeuses en conditions réelles dans des élevages commerciaux

L'objectif principal de cette tâche était de tester la méthode simplifiée de mesure de gaz (NH_3 et GES) dans 20 élevages bovins lait commerciaux et ainsi d'acquérir des facteurs d'émissions en élevage commercial. Les élevages ont été choisis afin d'être représentatifs des principaux élevages français à la fois pour le mode de logement des animaux, le mode de gestion des effluents et l'alimentation. L'objectif étant de pouvoir fournir des facteurs d'émissions gazeuses au bâtiment qui soient caractéristiques des différentes pratiques françaises pouvant ainsi éventuellement mettre en avant des pratiques peu émettrices.

Cette tâche avait pour objectif d'adapter et de tester la méthode simplifiée de mesure de gaz (GES et NH_3) pour les bâtiments bovins allaitants. Les bâtiments testés étant tous constitués d'une aire paillée, les analyses portent sur les différentes adaptations de la méthode simplifiée pour ces types de bâtiments.

<u>Matériel et Méthode</u>

Au total, 22 exploitations laitières ont fait l'objet de mesures d'émissions de gaz, dont 3 fermes expérimentales spécialisées bovin lait (Trévarez, Derval et La Blanche Maison). La majorité des fermes commerciales appartiennent au réseau d'éleveurs européen Dairyman, associant entre autres l'Institut de l'Elevage et les chambres d'agriculture de Bretagne, Pays de la Loire et Nord – Pas-de-Calais. Deux séries de mesures ont été effectuées pour cette étude. La première série de mesures s'est déroulée principalement de mi-février à fin mars 2012 sur l'ensemble des exploitations de l'échantillon. À cette période et au vu des conditions climatiques favorables, certains troupeaux sortaient déjà partiellement au pâturage, mais passaient la nuit dans la stabulation alors que d'autres étaient toujours en stabulation permanente. La deuxième série de mesures s'étendait de début mai à la mi-juin au sein des mêmes exploitations.

L'adaptation de la mesure simplifiée aux élevages allaitants s'est déroulée dans des fermes expérimentales (Thorigné d'Anjou et Jalogny), pour plusieurs raisons. D'une part, les animaux sont mieux habitués à la circulation de personnes étrangères au sein du bâtiment et aux alentours, par ailleurs les données techniques (alimentation, paillage, …) sont plus disponibles et plus précises et permettent ainsi une meilleure approximation des paramètres influant les émissions.

Résultats

Lorsque les vaches laitières sont en stabulation permanente ou quasi-permanente, les émissions de C-CO_2 sont en moyenne de 5,6 kg C-CO_2/UGB/jour [1] pour des systèmes avec une litière accumulée et en moyenne de 4 kg/UGB/jour en système logettes. Les émissions de C-CO_2 obtenues en période de pâturage sont beaucoup plus faibles : elles sont de l'ordre de 1 kg/UGB/jour quel que soit le mode de logement.

En ce qui concerne les émissions de C-CH_4, elles sont en moyenne de 0,46 kg/UGB/jour en système litière accumulée et de 0,34 kg/UGB/jour en système logettes. Comme pour les émissions de C-CO_2, les émissions estivales de C-CH_4 sont beaucoup plus faibles, de l'ordre de 75 à 84 g/UGB/jour.

L'effet de chaque mode de logement n'était pas significatif mais lorsque les systèmes sont regroupés en deux classes « présence de litière accumulée ou non », les résultats montrent que les émissions carbonées semblent être sensibles à l'existence d'une litière accumulée avec la présence d'un fumier très compact potentiellement émetteur de CO_2 et CH_4. En effet, les émissions de carbone sous forme de CO_2 sont significativement plus élevées (p=0,0037) dans les bâtiments où il y a une litière accumulée. La significativité n'est pas observée pour les émissions de CH_4 (p=0,18) mais la même tendance est remarquable. En période hivernale, les émissions azotées sous forme de N-NH_3 sont en moyenne de 18,6 g N-NH_3/UGB/jour dans les systèmes « litière accumulée » et de 29 g N-NH_3/UGB/jour en systèmes « logettes » ; en période de pâturage plein, elles sont de l'ordre de 2,3g à 3,9g N-NH_3/UGB/jour pour les systèmes « litière accumulée » et « logettes » respectivement. En période hivernale, les modes de logement en logettes présentent des émissions significativement plus élevées (p=0,01) par rapport aux bâtiments avec une litière accumulée.

En bovin allaitant, les valeurs d'émissions de C-CH_4 varient entre 300 et 1000 g/UGB/j, les valeurs les plus élevées ont été obtenues sur la ferme de Jalogny. Cette plage de valeurs se situe dans la même gamme que celle de la littérature pour les systèmes fumiers (majoritairement des études en bovins lait). Si on s'intéresse maintenant aux valeurs d'émissions des gaz azotés, on peut voir une variabilité beaucoup plus importante des émissions : la différence entre les valeurs minimales et maximales varient respectivement pour le N-NH_3 et le N-N_2O de 65 à 90 % et de 44 à 82 %, cependant cette variabilité est observée sur des valeurs faibles comprises entre 5 et 55 g N-NH_3/UGB/j et 0 et 6 g N-N_2O/UGB/j.

2.3.1.4 Action 1.3 – Evaluation des émissions de GES sur prairies par l'utilisation d'inhibiteurs de nitrification

L'objectif de cette action est de tester l'efficacité des inhibiteurs de nitrification pour la réduction des émissions de protoxyde d'azote et des pertes de nitrates sous prairies.

Matériel et Méthode

Le dispositif mis en place a permis de suivre simultanément les pertes d'azote par lessivage et les émissions de protoxyde d'azote pendant une période de 3 à 4 mois en automne/hiver, en 2012 et 2013. Il est basé sur 12 parcelles expérimentales, permettant de réaliser 3 répétitions. Chaque parcelle est équipée de 20 bougies poreuses pour suivre le lessivage de l'azote. En parallèle, 36 chambres statiques (3 par parcelles) ont permis de mesurer les émissions de N_2O, avec prélèvement gazeux in situ, durant les périodes de suivi.

[1] UGB : Unité Gros Bovin (1 UGB = 1 vache laitière en production)

2 facteurs ont été testés avec chacun deux modalités :

Facteur n°1 : Pâturage

- Pâturage avec arrêt précoce (noté P-). Un pâturage organisé à l'automne.
- Pâturage tardif (noté P+) : Un second pâturage a lieu après le temps de repousse de l'herbe (à minima 21 jours après la fin du premier pâturage).

Facteur n°2 : Application d'un inhibiteur de nitrification

- Aucun apport d'inhibiteur de nitrification (noté I-).
- Apport d'un inhibiteur de nitrification (noté I+).

Ces deux facteurs ont été couplés : chaque type de pâturage a testé la modalité application ou non d'un inhibiteur de nitrification.

Ainsi, 4 couples de modalités ont été testés :

- Pâturage précoce sans inhibiteur : P-I-
- Pâturage précoce avec inhibiteur : P-I+
- Pâturage tardif sans inhibiteur : P+I-
- Pâturage tardif avec inhibiteur : P+I+

Résultats

Lors de la première campagne expérimentale (automne 2012 – hiver 2013), du fait des faibles précipitations entre le 1er juillet et le 15 septembre, (88 mm au total), du pâturage de printemps et des températures estivales importantes (25°C en moyenne en août), la pousse de l'herbe à la fin de l'été-début de l'automne a été tardive. Ces conditions n'ont pas permis l'entrée des animaux dans les parcelles expérimentales pour le pâturage avant début novembre où la hauteur moyenne de l'herbe atteignait juste les 10 cm. Malgré des conditions climatiques encore peu favorables au pâturage automnal pour la seconde campagne expérimentale (automne 2013, hiver 2014), 2 sessions de pâturage ont pu être organisées.

Pour évaluer l'effet des 2 modalités de pâturage et l'action de l'inhibiteur de nitrification sur ces émissions de N_2O, mais également sur le lessivage de l'azote, les niveaux de rendement de l'herbe ainsi que la qualité de cette herbe, une analyse statistique a été réalisée sur l'ensemble des données issues de la seconde campagne de suivi (2013-2014).

Ces 2 campagnes de suivi ne permettant pas de conclure sur l'efficacité du DMPP pour réduire les pertes d'azote par lessivage et surtout les émissions de N_2O, un suivi complémentaire a donc été proposé sur 16 chambres statiques dans une parcelle de la ferme expérimentale INRA de Méjusseaume.

Le protocole expérimental conduit sur la ferme de Méjusseaume en conditions « contrôlées » a permis de montrer que le mélange DMPP+urine permettait de réduire les émissions de N_2O de 59 % par rapport à un apport d'urine seule.

Une seconde campagne de prélèvements a été organisée au printemps 2015 sur la ferme de Méjusseaume, selon le même dispositif expérimental. L'objectif était d'observer les flux de N_2O en période printanière et de poursuivre le test sur l'efficacité du DMPP.

2.3.2 Action 2 : Evaluation de mesures d'atténuation des émissions de GES à l'échelle du système d'élevage

2.3.2.1 Rappel des objectifs attendus

Le but de cette action est d'étudier un ensemble de mesures d'atténuation à l'échelle du système d'élevage, en intégrant les effets directs et indirects des pratiques ou changements de système. Dans le cadre de cette action conduite à l'échelle du système d'élevage, nous évaluons les principaux flux et pertes d'azote, carbone et énergie, intégrés sous forme d'indicateurs d'impact dans une approche d'Analyse du Cycle de Vie (ACV). Elle permet d'évaluer les gains environnementaux sur les GES par la méthode GES'TIM mais également d'apprécier l'impact des effets des leviers actionnés sur les autres indicateurs environnementaux, afin de s'assurer qu'il n'y ait pas de transfert d'impacts.

2.3.2.2 Action 2.1 – Mise en œuvre de plans d'action dans des fermes commerciales

Cette action vise à l'évaluation des marges de progrès en fermes commerciales suite à la mise en place de plans d'actions et à l'analyse de la variabilité interannuelle des impacts environnementaux.

Matériel et Méthode

Les élevages en production laitière

Les 10 fermes laitières sont situées dans l'Ouest de la France (5 fermes en Bretagne et 5 fermes dans les Pays-de-la-Loire). Elles ont été suivies dans le projet CASDAR "Systèmes laitiers et environnement" (2009 – 2011) et le projet Européen Interreg Dairyman (2009-2013). Dans le cadre de ces 2 projets, un diagnostic initial a été réalisé en 2009 sur chacune des exploitations dans l'objectif d'élaborer un plan de développement répondant à différents objectifs que se sont fixés les éleveurs selon un triptyque Environnement – Economie – Travail.

Le choix des exploitations suivies dans ce projet MAGES s'est ainsi porté sur les exploitations toujours en activité, faisant l'objet d'un suivi, et ayant établi un plan de développement où figurent des leviers d'actions permettant la réduction des émissions de GES. Le choix s'est également porté sur des exploitations représentant les différents systèmes d'élevage rencontrés dans l'Ouest de la France (système herbagers, systèmes 30 % de maïs, …). L'un des principaux intérêts est d'observer l'évolution concrète des réponses à ces leviers d'actions, mis en place pour la plupart en 2010 ou 2011.

Les élevages en production de viande

Les élevages de bovins viande impliqués dans le projet sont situés dans le bassin de production Charolais (Saône-et-Loire et Nièvre). Il s'agit d'exploitations pilotes suivies dans les projets CASDAR "SALENPRO" et "DURABEEF" permettant ainsi de bénéficier de leur suivi historique et de l'accès à leur données techniques, économiques et environnementales.

La sélection de ces 10 fermes s'est faite selon 2 critères.

Le premier concerne la nature des différentes surfaces de l'exploitation :

- **>**15 % herbagers et 100 % consommé.
- 15-30 % diversifié culture
- >30 % polyculture
- ….

Le second critère porte sur la date moyenne de vêlage :

- A : vêlage moyen avant le 1/12
- B : vêlage moyen entre le 1/12 et le 15/01
- C : vêlage moyen entre le 15/01 et le 1/03
- D : vêlage moyen après le 1/03

Pour chacune de ces exploitations, un plan de développement a été conçu par les éleveurs et leur conseiller selon un triptyque Environnement – Economie – Travail.

Résultats

Les élevages en production laitière

La description des 10 élevages laitiers retenus est présentée dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Description des élevages laitiers

Identifiant	SAU (ha)	SFP (ha)	Prairies dans la SFP	Nbre VL	Lait/VL (kg)	Chgt (UGB/ha SFP)	Conc.VL en g/kg lait	Bilan N Kg/ha
FB02	53	45	69%	53	8 422	1,9	106	117
FB04	64	47	79%	53	6496	1,6	63	108
FB06*	*69*	*60*	*100%*	*53*	*7 125*	*1,2*	*77*	*72*
FB08	107	80	74%	77	7 486	1,7	163	82
FB09	103	77	57%	66	6 421	1,7	159	116
FL01	62	50	68%	57	7 900	1,4	159	153
FL10	199	132	72%	122	9 150	1,4	210	125
FL05	168	94	67%	77	10 000	1,4	188	90
FL07	75	47	66%	53	9 966	1,8	187	128
FL02	55	49	61%	37	10190	1,9	190	124

* : l'exploitation FB06, engagée initialement dans le projet MAGES n'a pu être suivie dans la suite du projet car sortie du dispositif des réseaux d'élevage.

Les plans d'action mis en place sur les 9 exploitations laitières sont présentés dans le Tableau 5.

Tableau 4 : Les leviers d'action mis en place sur les fermes laitières

Identifiant	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3
FB02	Modification SDC avec plus de prairies de fauches productive (RGH-TV, luzerne)	Arrêt atelier taurillon	
FB04	Augmentation de la production (+ de maïs et adéquation pâturage et offre en herbe)	Nouveau SDC : 24 ha RGA-TB (8 ans) / maïs / blé	Prairies de fauches RGH-TV-TI et augmentation affouragement en vert
FB08	Augmentation part de prairies	Association de luzerne dans les prairies de fauche	Réduction du nombre de taurillons
FB09	Augmentation part de prairies	Couverts végétaux RGI-TI en dérobé pour affouragement en vert	Augmentation de la part de légumineuses dans les prairies
FL01	Introduction de luzerne		
FL10	Implantation de féverole d'hiver	Implantation de PME	
FL05	Implantation de féverole d'hiver	Affouragement en vert	Diversification de l'assolement et implantation de PME
FL07	Augmentation part des prairies à la place de céréales	Binage + semis direct	Introduction de luzerne
FL02	Pré-refroidisseur	Augmentation part de légumineuses dans la SAU	

Le bilan des plans d'action est synthétisé dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Bilan global des plans d'action par rapport à la situation initiale

Exploitation	Empreinte carbone lait (%)	Bilan N (%)	N min / ha (%)	Revenu / UMO (%)	Charges / PB (%)
FL01	- 27	- 46	0	58	- 18
FB02	- 26	- 49	- 50	12	- 8
FB09	- 11	- 55	- 19	17	- 6
FL10	- 5	0	- 8	- 16	9
FL07	- 5	- 26	3	55	- 4
FL02	- 1	10	15	120	27
FB08	0	- 52	- 50	53	- 25
FB04	4	- 51	23	16	15
FL05	13	147	46	47	- 18

Pour 6 des 9 exploitations, les plans d'action ont conduit à une réduction des émissions des GES allant de 1 à 27 %. Cette réduction est associée pour 4 d'entre elles à une amélioration du bilan apparent de l'azote. 5 de ces 6 exploitations ont également vu une augmentation du revenu par UMO.

Globalement, trois stratégies concernent les modalités d'évolution de la production laitière en lien avec l'alimentation :

- Augmentation de la productivité par vache avec augmentation de la quantité de concentrés distribués : cas de l'exploitation FL01
- Augmentation de la productivité par vache et réduction de la quantité de concentrés distribuées : cas de l'exploitation FB09
- Réduction de la production laitière et baisse des concentrés distribués : cas des exploitations FB02, FL10 et FL02

Ces élevages ont cherché à ajuster l'apport des concentrés au plus près des besoins des animaux, sans systématiquement chercher à augmenter la productivité laitière. Leur objectif était de valoriser au mieux les fourrages produits sur l'exploitation et d'augmenter leur autonomie fourragère.

La réduction de la fertilisation minérale a été pratiquée sur 3 exploitations (FL01, FB02 et FL10).

Deux exploitations ont travaillé sur la réduction des consommations d'énergie directe (FL01 et FL10) ; FL01 en faisait un objectif à part entière dans le cadre de son plan de développement.

Enfin, l'augmentation des surfaces en prairies réalisée sur 3 élevages contribuent à compenser les émissions de GES par le stockage de carbone chez FL01, FL10 et FL07.

Les plans de développement élaborés pour ces élevages ont ainsi permis d'actionner certains leviers / stratégies ayant conduit à une réduction de l'empreinte carbone du lait sur 6 des 9 exploitations suivies, mais également d'améliorer leur efficience économique.

Les élevages en production de viande

Les élevages retenus en production de viande sont détaillés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Structure et production des 10 élevages allaitants

Code	SAU	SNF	SFP	UGB	Vêlage	Profil vente mâles	Finition des vaches
58-1 DE	195,4	25,2	170,2	143	85	1-2 ans	Maig.
58-2 BI	104,2	0	104,2	122	92	Brout.	Maig.
58-3 HE	146,1	47,6	98,5	169	118	Brout. L	Maig.
58-4 VI	115	5	110	122	85	1-2 ans	Maig.
58-5 DB	387	98	274,6	395	255	Brout. L	Fini.
71-1 CO	125,1	8,6	116,5	129	81	1-2 ans	Maig.
71-2 FE	99,7	15,1	79,2	121	73	Eng.	Fini.
71-3 CA	168,3	29,6	138,7	154	85	½ Eng ½ repro	Fini.
71-4 LA	109,2	0	109,2	129	84	Brout. L	Maig.
71-5 NO	396,2	76	291	580	309	Eng	Fini.

La détermination des émissions de GES a permis de mettre en évidence les postes les plus impactants sur l'empreinte carbone finale (Tableau 7) et ainsi d'identifier les marges de manœuvre possibles en exploitations bovin viande.

Tableau 7 : Synthèse des émissions de GES rapportées à la surface fourragère (Echantillon étudié n = 10)

	58-1 DE	58-2 BI	58-3 HE	58-4 VI	58-5 DB	71-1 CO	71-2 FE	71-3 CA	71-4 LA	71-5 NO
Intensité fourrager	1	2	4	2	3	1	3	2	2	4
GES B/HASFP	3368	5629	7918	4329	6268	4512	6761	4984	5010	8266
GES N/HASFP	623	2278	5915	1231	3672	1594	5074	2589	1701	5870
STOCKCO2/HASFP	2745	3350	2002	3098	2596	2918	1687	2395	3309	2396
VV/HASFP	270	412	622	370	479	328	522	446	371	635

Les enseignements qui émergent de l'évaluation de l'empreinte carbone des 10 exploitations bovin viande en vue de réduire les émissions de GES reposent sur 4 points principaux :

a. Atteindre une production par UGB autour de 300 à 330kg de viande vive,
b. Avoir une cohérence entre l'intensification fourragère et l'intensification animale,
c. Ajuster les politiques d'intrants pour les systèmes fourragers intensifs,
d. Limiter les émissions de GES dans l'atmosphère des mesures de compensation par le stockage du carbone.

a - Atteindre une production par UGB autour de 330kg de viande vive

C'est le premier levier sur lequel il faut agir. En effet, il s'agit de produire dans une zone optimale allant de 300 à 360 kg de VV par UGB. Si la production de viande vive par UGB passe de 280 à 320 kg, on améliore de 2 points les émissions brutes de CO_2 par kg de VV.

En revanche, si on garde 3 % d'animaux improductifs comme des vaches non suitées ou vides dans l'effectif souche, on dégrade de 0,5 point les émissions brutes de CO_2 par kg de VV.

Par ailleurs, la mortalité adulte a deux conséquences : elle induit une perte de kg de viande vive qui influence directement la productivité à laquelle s'additionne des émissions de GES. Chaque point de mortalité adulte en plus altère d'environ 1,5 % la production de VV et augmente de 0,3 point les émissions brutes de CO_2 par kg de VV.

b - Avoir une cohérence entre l'intensification fourragère et l'intensification animale

Les émissions de GES par UGB évoluent selon les gradients d'intensification animale et fourragère. Les systèmes fourragers basés sur des cultures fourragères pluriannuelles et annuelles sont orientés sur du stock. Cette logique est souvent couplée des périodes de reproduction qui ont lieu en période hivernale. A contrario, les systèmes qui couplent les besoins des animaux sur la pousse de l'herbe, disposent d'un pool important de prairie permanente. Les périodes où les besoins des animaux sont élevés, correspondent à la période de pâturage.

c - Ajuster les politiques d'intrants pour les systèmes fourragers intensifs

La production de viande par UGB est techniquement productive dans une fourchette comprise entre 300, 330 et 360 kg de viande vive par UGB. Cette fourchette varie selon les profils de vente des animaux. Comme la production viande de viande par UGB est une constante qui se situe dans cette zone de 330 kg, toute

intensification animale visant à produire au-delà de ce potentiel sera vaine. En revanche, l'intensité fourragère est un secteur prépondérant qui conditionne les quantités de GES émis.

d - Limiter l'impact GES par des mesures de compensation par le stockage du carbone

La place de la prairie permanente dans les systèmes allaitants met en perspective le rôle de régulation importante face au changement climatique. Une proposition de matrice fixe le seuil les hectares de prairies permanentes à disposer pour une UGB afin de parvenir à un compromis « Environnement Production » entre 5 et 9 kg $EqCO_2$ par kg de viande vive produit.

Le stockage de carbone dans la prairie permanente est fixée 2786 kg de CO_2 par an. De plus elle héberge en moyenne 123 mètres linéaires de haie pour un stockage annuel de 574 kg de CO_2. Donc un hectare de prairie permanente stocke 3360 kg de CO_2 par an.

Dans cette partie, on estime les puits de carbone à disposer pour limiter les émissions de GES par kg de viande vive produite. Pour apprécier le niveau du compromis « production-environnement » traduit par l'indicateur « kg de CO_2 nets émis par kg de VV », on calcule la production de VV par UGB. Ensuite, il s'agit de préciser la période moyenne de vêlage **(b)**, l'intensité du système fourrager **(c)** pour aboutir à une valeur d'émissions de GES par UGB. Enfin, il s'agit de quantifier le ratio nombre ha de PP rapporté aux UGB présents et de visualiser sur la matrice où se situe le compromis ; le niveau d'émissions de GES nets par kg de viande vive produit.

Tableau 8 : Exemple de matrice pour une production de 300 kg VV, matrice relative au ha de prairie permanente à disposer pour une UGB sur une gamme d'émissions allant de 4 à 9 kg d'EQCO2 par kg de viande produite

Production de 300 kg de viande vive **(a)** par UGB									
Période vêlage **(b)**	Mode de récolte **(c)**	UGB par ha **(c)**	GES bruts par UGB	kg de d'$EqCO_2$ net par kg de viande vive					
				4	5	6	7	8	9
après le 1/03	Foin classique	< 1,1-1,15	4000	0,84	0,75	0,66	0,57	0,48	0,39
15/01 et le 1/03	Foin + enrubannage	1,1-1,15 à 1,25-1,3	4300	0,93	0,84	0,75	0,66	0,57	0,48
1/12 et le 15/01	Ensilage + foin	1,25-1,3 à 1,55-1,6	4600	1,01	0,93	0,84	0,75	0,66	0,57
avant le 1/12	Ensilage + foin + maïs	>1,55-1,6	4900	1,10	1,01	0,93	0,84	0,75	0,66

Exemple : Si le niveau de productivité se situe autour de 300 kg de VV par UGB (Tableau 8), que le modèle de production repose sur une période moyenne de vêlage tardive (après le 1/03), le système fourrager est en général apparenté à un système pâturage-foin avec une pression de chargement <1,1. Les émissions de GES sont estimées à environ 4000 kg par UGB. Si le rapport Prairie permanente (ha) sur les UGB totaux est 0,75 ha par UGB alors les émissions nettes en CO_2 par kg VV sont estimées à 5 kg CO_2 par kg de viande vive produite.

2.3.2.3 Action 2.2 – Mise en œuvre de systèmes à faible impact carbone en fermes expérimentales

Méthode

5 fermes expérimentales pour 8 systèmes d'élevage (3 exploitations laitières et 2 exploitations viande) sont impliquées dans le projet (

Tableau 9).

Tableau 9 : – Description des fermes expérimentales retenues

	Derval	Blanche Maison		Marcenat		Thorigné d'Anjou	Jalogny	
Partenaire	CA 44/Idele	CA 50/Idele		URH Theix		CA 49/Idele	Ca 71/Idele	
Localisation	Loire Atlantique	Manche		Cantal		Maine et Loire	Saône et Loire	
Production	Laitière	Laitière		Laitière		Viande	Viande	
Type de sol	Limono-argileux	Argilo-limoneux		Volcaniques acides		Sablo-limoneux	Limono-argileux	
Pluviométrie (mm)	750	800		1100		685	830	
Mode de production	Conventionnel	Conventionnel		Conventionnel		Agrobiologie	Conventionnel	
Système	/	A	B	PEPI	BOTA	/	A vêl Aut.	B vêl Ptps
% SFP/SAU	86	86	100	100	100	85	95	95
% prairies/SFP	65	50	100	100	100	90	100	100
Type de prairie dominant	RGA-TB	RGA-TB PME	RGA-TB, PME et PP	Prairie perm.	Prairie perm. diversifiée	Prairies multi espèces graminées + légumineuses	Prairies permanentes	
Chargement (UGB/ha SFP)	1,5	1,8	1,6	1,1	0,6	1,2	1,2	1,1
Type de déjections produites	Lisier pailleux et fumier	Fumier et lisier		Fumier		Fumier/compost	Fumier/compost	

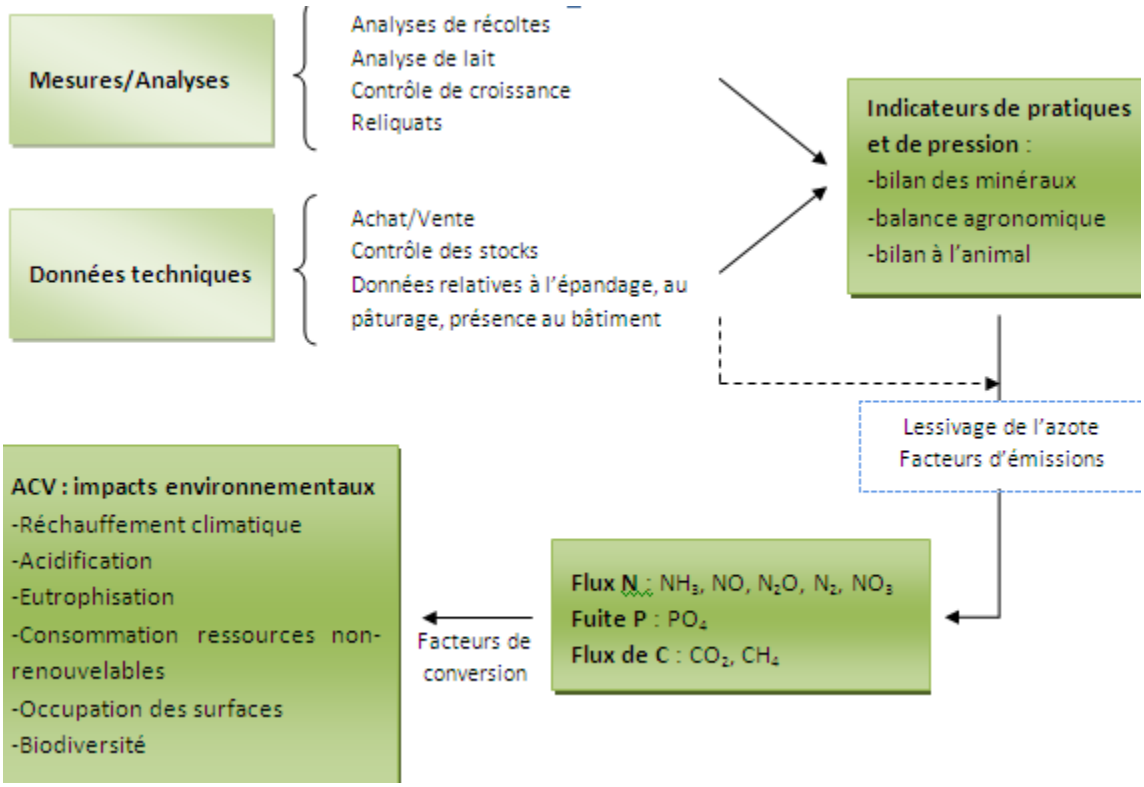
Les systèmes mis en place dans chacune des fermes expérimentales impliquées dans le projet ont pour objectifs d'être efficaces techniquement et performants d'un point de vue environnemental.

Les évaluations environnementales ont été réalisées à l'aide d'un outil d'analyse environnementale spécifique aux fermes expérimentales développée par l'Institut de l'Elevage et ses partenaires.

L'ensemble des données nécessaires à ces évaluations ont été collectées sur chacune des fermes.

La méthodologie employée pour calculer les impacts environnementaux générés par ces systèmes d'élevage est issue du raisonnement repris par la norme ISO 14040. La figure suivante permet de visualiser les différentes étapes de cette méthodologie.

Figure 1 : Etapes de la méthodologie d'analyse environnementale



Résultats

Les fermes expérimentales en production laitière

Les techniques innovantes mises en place sur l'exploitation de DERVAL pour améliorer l'efficience environnementale de l'exploitation sont les suivantes :

- Augmentation du pâturage en lien avec le fonctionnement du robot de traite (passage de 25 ares à 38 ares / vache)
- Remplacement du tourteau de soja par du tourteau de colza
- Réduction de la fertilisation minérale azote et phosphore
- Allongement du pâturage d'automne (quand les conditions climatiques le permettent : pousse de l'herbe effective à l'automne)

Les techniques innovantes mises en place sur l'exploitation de la Blanche Maison pour améliorer l'efficience environnementale de l'exploitation sont les suivantes :

- Au niveau des troupeaux, l'alimentation en protéines et en phosphore est ajustée aux besoins des animaux et à leur production, afin de limiter les gaspillages et les rejets ;
- Au niveau des bâtiments et des ouvrages de stockage des déjections, des pratiques sont mises en œuvre afin de limiter les pertes d'azote vers l'air. Le temps de séjour des animaux à l'étable est fonction de la part de fourrages stockés dans l'alimentation, afin de limiter le transfert d'éléments minéraux potentiellement polluants vers les prairies ;

- Au niveau de l'épandage des déjections, les règles optimales de gestion de la fertilisation (répartition sur l'ensemble de la sole, date et dose d'apports optimales) sont mises en œuvre ; Les légumineuses et notamment le trèfle blanc sont développés par semis ou sur semis, afin de réduire les achats d'azote minéral, très consommateurs d'énergie et émetteurs de gaz à effet de serre. L'objectif des essais est de ne pas utiliser d'azote minéral dans les systèmes ;

- Au niveau des cultures, les rotations sont choisies de façon à limiter les intrants. Les cultures intermédiaires entre céréales et maïs fourrage ou entre deux cultures de maïs sont systématisées. Elles sont implantées au plus tôt pour assurer leur développement avant la période de drainage. Une attention particulière est portée aux pratiques de protection des cultures et de destruction des couverts végétaux afin de limiter drastiquement le recours aux produits phytosanitaires comme le préconisent les objectifs du plan Ecophyto 2018. L'objectif des essais est de ne pas utiliser de produits phytosanitaires dans les systèmes même si on ne se l'interdit pas ;

- Au niveau de la conduite du pâturage, sa durée est calée sur la production d'herbe afin de limiter les temps de séjour trop prolongés à la pâture, en automne et en été. Les chargements mis en œuvre visent à valoriser toute l'herbe disponible.

Les techniques innovantes mises en place sur l'exploitation de Marcenat pour améliorer l'efficience environnementale de l'exploitation reposent sur la conduite des deux systèmes contrastés :

- Le premier système, appelé BOTA (Biodiversité, Organolepsie, travail, Autonomie), est conduit sur un mode très extensif (chargement de 0,67 UGB/ha). Les vaches vêlent à 3 ans et n'ont pas de concentrés de production.

Les surfaces fourragères ne reçoivent pas d'engrais minéral et sont récoltées en majorité en fauche tardive avec séchage au sol. 80 à 150 ares sont disponibles par UGB et le pâturage mis en place est de type tournant long. Il s'agit donc d'un système « bas intrants », nécessitant peu d'investissements, proposant des spots de biodiversité agricole et produisant des fromages à haute qualité sensorielle.

- Le système – PEPI (Productivité, Efficacité, Planète, Innovations) - est mené sur un mode un peu plus productif (chargement de 1,07 UGB/ha), mais avec peu de concentré (4 kg/j du vêlage jusqu'à la rentrée à l'étable, soit 993 kg/vache). Les vaches mettent bas à 2 ans. Une partie du foin est séchée en grange. Ce système se veut efficace sur les ressources, utilisant des innovations techniques. Chaque UGB dispose de 30 à 90 ares et le pâturage est de type tournant.

Comme le montre le Tableau 10, les émissions brutes de CO_2 sont assez proches entre les 5 systèmes d'élevage. L'empreinte carbone brute la plus faible est celle du système Bota de Marcenat. Bien que le système d'élevage de Derval soit complètement opposé (système productif sur l'animal, intensif à l'animal et à forte dominance maïs), son empreinte carbone brute est de 932 kg eq CO_2/1000L de lait, plus faible que celle du système maïs de La Blanche Maison (958 kg eq CO_2) et que celles des 2 derniers systèmes herbagers de La Blanche Maison (1 005 kg eq CO_2) et Pépi à Marcenat (1 067 kg eq CO_2).

La compensation liée au stockage de carbone est à l'opposé plus importante dans les systèmes herbagers ou à plus forte proportion de prairies que sur le système de Derval.

En terme d'empreinte nette du carbone, qui intègre le stockage de carbone, les systèmes d'élevage de La Blanche Maison et celui de Derval présentent des valeurs quasiment identiques entre 911 et 920 kg eq CO_2/1000L lait.

Tableau 10 : Indicateurs d'impacts environnementaux des 5 systèmes laitiers

	Derval	La Blanche Maison		Marcenat	
	Robot et pâturage productif	**Dominante Maïs**	**Herbager**	**Bota**	**Pepi**
Empreinte carbone brute du lait (kg eq CO_2/1000L lait)	932	958	1 005	823	1 067
Stockage de carbone (kg eq CO_2/1000L lait)	19	38	94	717	397
Empreinte carbone nette du lait (kg eq CO_2/1000L lait)	913	920	911	106	670
Eutrophisation (kg eq PO_4/ha)	32	29	24	3,8	11,9

Les systèmes maïs de Derval et de La Blanche Maison présentent un impact sur la qualité de l'eau (Eutrophisation) plus important que dans les 3 autres systèmes herbagers. Ceci est particulièrement à mettre en lien avec l'excédent du bilan des minéraux de ces élevages, plus importants dans les systèmes à dominante maïs. Cet excédent est potentiellement perdu par le système vers l'eau, l'air ou le sol.

Les fermes expérimentales en production viande

Sur l'exploitation de Jalogny, deux systèmes, comprenant chacun environ 50 vêlages, visent à produire des mâles maigres destinés à l'engraissement sur la période d'été en juin-juillet avec un niveau de complémentation des veaux modéré. Pour y parvenir chaque système est conduit selon des stratégies bien distinctes.

Le système de printemps (vêlages en février-mars-avril) vise à caler au maximum les besoins du troupeau sur le cycle de l'herbe avec une conduite animale modérée en phase d'élevage qui s'adapte à la ressource alimentaire disponible. Cela se traduit par une livraison de mâles maigres en été à 16-18 mois avec un deuxième passage à l'herbe et des rations à base de foin et enrubannage en hiver. Le choix de l'utilisation de l'enrubannage, plus énergétique que le foin, a été fait dans le but de réduire le recours aux concentrés.

Le système d'automne (vêlages en août-septembre-octobre) vise à satisfaire la demande alimentaire animale de manière régulière avec des besoins plus élevés des animaux en hiver. Cela se traduit par une conduite plus intensive en phase d'élevage avec la vente des broutards maigres à 9-10 mois en été, une stratégie de sécurisation des stocks fourragers, des rations à base d'ensilage d'herbe et de foin en hiver et une utilisation plus importante de concentrés.

Comme le montre le Tableau 11, pour l'année 2012, les émissions nettes illustrent que les 2 systèmes présents sur l'exploitation compensent leurs émissions compte tenu du stockage de carbone.

Tableau 11 : Emissions de GES sur les 2 systèmes de la ferme de Jalogny (en kg eq CO_2)

En eq CO_2	A2011	P2011	A2012	P2012
Emissions brutes par UGB	4909	4512	5005	4319
Emissions nettes par UGB	3242	2258	-875	-1341
Emissions brutes par ha SAU	5646	6092	5412	5797
Emissions nettes par ha SAU	2761	2258	-700	-1333
Emissions brutes par kg PBVV	14,3	14,7	16,4	16,8
Emissions nettes par kg PBVV	9,4	7,3	-2,9	-5,2

Le système agricole culture- élevage développé à Thorigné d'Anjou montre d'excellents résultats environnementaux aussi bien sur la qualité de l'air en termes d'acidification des écosystèmes et de réchauffement climatique, que de préservation des ressources en l'eau : eutrophisation faible des écosystèmes, aucune utilisation de produits phytosanitaires, aucun prélèvement d'eau pour irrigation.

Il utilise de façon optimum les ressources naturelles puisque qu'il utilise peu d'énergie non renouvelable par kilo de viande produit et utilise aucun fertilisant de synthèse (préserve les ressources minières). De plus, les bâtiments d'élevage sont utilisés pour produire de l'électricité photovoltaïque vendue, ce qui compense partiellement l'impondérable utilisation d'énergie fossile via le carburant. La bonne productivité des animaux contribue notablement à réduire les impacts liés au réchauffement climatique et à l'acidification (moindre rejets azoté/kg de viande et moindre méthane entérique émis par kilo de viande). Elle contribue également à réduire l'eutrophisation par une moindre pression de rejets organiques par hectare (JPP) à production de viande identique.

Cette productivité est le couplage à la fois d'une gestion performante du troupeau (âge au premier vêlage de 30 mois soit 15 % inférieure à la moyenne des éleveurs de la région, IVV 4 % plus courts, mortalité des veaux à 290 j de 13 % inférieure à celle des éleveurs bovins croissance VA4) et à celle des surfaces via :

- le choix des types de cultures et le choix des variétés fourragères adaptées au potentiel agronomique,

- les modes de mise en culture : espèces multiples semées ensembles, semi du couvert suivant en même temps que la culture principale

- le choix des rotations : bénéfices des différents couverts au fil des successions.

2.3.3 Action 3 : Evaluation de l'acceptabilité des mesures d'atténuation par les éleveurs pour contribuer à la formulation des conseils

2.3.3.1 Rappel des objectifs attendus

Le but de cette action est d'analyser la perception des éleveurs des enjeux autour de l'émission de GES et de formaliser un plan d'action concret « réduction de l'impact GES de l'élevage français », qui sera mis en œuvre suite à ce projet pour permettre aux éleveurs d'adopter effectivement les pratiques ou systèmes jugés les plus pertinents. Il s'agit donc à la fois dans cette action :

- de comprendre les points de vue des éleveurs et de leurs conseillers vis à vis de la thématique des GES et des solutions techniques proposées,
- d'identifier des actions concrètes qui pourraient être mises en œuvre pour faciliter leur adoption,
- de formaliser des supports d'information et de diffusion utilisables dans le cadre de ces actions.

2.3.3.2 Méthode

Une analyse des représentations des éleveurs et de leurs conseillers vis à vis de la problématique des GES et des solutions techniques ou sur les systèmes d'élevage a été réalisée auprès d'un échantillon composé :

- d'éleveurs de bovins lait dans l'ouest
- d'éleveurs de bovins viande dans le Centre
- de conseillers intervenant auprès des éleveurs dans ces deux régions.

Une vingtaine d'entretiens individuels semi-directifs approfondis et des entretiens collectifs d'éleveurs et de conseillers ont été réalisés.

2.3.3.3 Résultats

Les éleveurs face aux enjeux environnementaux

Les éleveurs montrent une sensibilité différente aux problématiques environnementales. D'une manière générale, la qualité de l'eau et la consommation d'énergie apparaissent comme les enjeux environnementaux principaux pour la majorité des éleveurs impliqués dans le projet. Ces enjeux sont les plus connus et les plus faciles à visualiser pour les éleveurs. Les émissions de gaz à effet de serre, la consommation d'eau et la biodiversité arrivent ensuite mais sont des thèmes qui semblent plus flous.

Les éleveurs sont plutôt optimistes concernant l'impact de leur activité sur la qualité des eaux même s'ils ne semblent pas savoir précisément comment l'évaluer.

A l'inverse, il est plus simple pour eux d'appréhender correctement leur consommation d'énergie (notamment les énergies directes), directement observables sur leur facture.

Ils présentent quelques difficultés pour identifier les sources d'émissions de GES. La fermentation entérique est souvent citée comme source naturelle et les leviers d'action pour diminuer ces émissions restent inconnus.

Approche thématique des mesures d'atténuation

Comme il a déjà été évoqué précédemment (action 2, suivi des fermes commerciales), compte tenu de la forte variabilité des résultats environnementaux et du lien qui existe entre pratiques d'élevage et émissions de GES, de nombreux leviers sont identifiés. Ils ont servi de base à la conception des plans d'actions sur les fermes suivies. Néanmoins, l'adhésion des éleveurs à la démarche n'a pu se faire que si le double objectif d'assurer un revenu « convenable » et de maintenir ou d'améliorer les conditions de travail était respecté.

Suite aux différents échanges établis dans le cadre de projet, et avant de d'entrer dans la recevabilité concrète des leviers d'actions, il est important de préciser que la motivation des éleveurs est certainement le premier levier d'actions pour établir un projet d'amélioration. Si l'éleveur ne souhaite pas s'engager dans ce type d'initiatives, il sera impossible de mettre en place des plans d'action.

- *En bovin viande*

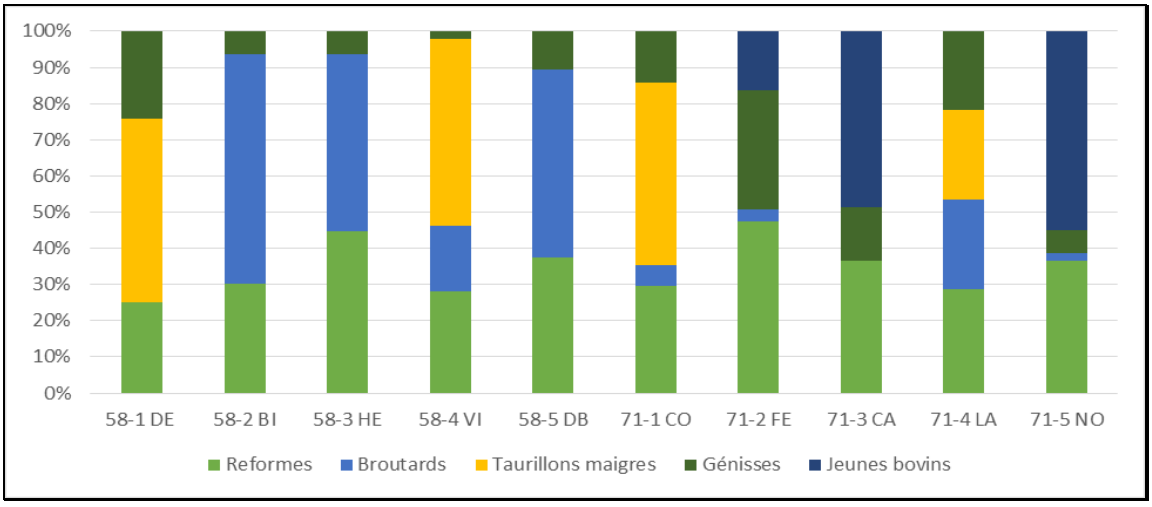
Dans le cadre de cette approche, plusieurs postes ont été abordés avec techniciens et éleveurs : l'alimentation du troupeau, la maîtrise de la fertilisation, la consommation d'énergie fossile, le stockage de carbone et la biodiversité. Cette approche a permis d'évaluer de manière simplifiée les conséquences directes des leviers d'action étudiés sur l'environnement (GES/UGB et GES/kgvv) et sur l'économie.

L'analyse des émissions de GES et notamment les leviers potentiels d'atténuation est toujours mise en relief avec la notion de production.

La mortalité adulte altère fortement la production de viande vive

La mortalité adulte a deux conséquences : elle induit une perte de kg de viande vive qui influence directement la productivité à laquelle s'additionne des émissions de GES. Chaque point de mortalité adulte en plus altère d'environ 1,5 % la production de VV.

Figure 2 : Contribution des différentes catégories animales à la production de viande vive



Si on considère qu'une mortalité adulte de 2 % est le maximum sur le plan zootechnique, chaque point de mortalité en plus induit une perte de 1,5 % de la viande vive produite. Un taux de perte dans les catégories adulte de 8 % altère le ratio GES bruts/kg de viande vive de d'environ de 6 %.

Tableau 12: Relation entre la mortalité adulte et les émissions de GES Bruts par kg de viande vive

Mortalité adulte sur GES bruts par kg de viande vive	**58-1 DE**	**58-2 BI**	**58-3 HE**	**58-4 VI**	**58-5 DB**	**71-1 CO**	**71-2 FE**	**71-3 CA**	**71-4 LA**	**71-5 NO**
4 points	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02
6 points	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05
8 points	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,07	0,08	0,09	0,07

Les temps d'improductivité animale

Les différentes politiques de réformes des vaches sont induites selon la date moyenne de vêlage. L'absence de décision quant à cette catégorie animale a des conséquences importantes sur le système fourrager mais aussi en termes d'émissions de GES. La décision d'engraisser ou de vendre immédiatement la réforme doit être suffisamment rapide pour limiter les émissions. Le nombre de jours entre le tarissement doit être minimal (vendue, engraissée immédiatement puis vendue).

- *En bovins lait*

Deux voies complémentaires permettent l'atténuation des émissions : l'optimisation des systèmes et l'amélioration de leur l'efficience d'une part, et l'introduction de pratiques et techniques spécifiques pour la réduction des GES, d'autre part. La première semble rencontrer plus facilement l'adhésion des éleveurs car elle va également dans le sens de meilleures performances techniques et économiques, alors que la deuxième peut-être sujet à plus de discussion car elle nécessite de la technicité particulière et être parfois coûteuse. Il ressort ainsi que les principales pistes de réduction des impacts vont concerner quelques facteurs principaux pour lesquels un petit rappel technique est reproposé, ainsi que la perception des éleveurs à leur mise en place.

L'alimentation du troupeau

Les systèmes optimisés (équilibre de la ration alimentaire) valorisant les surfaces en herbe permettent de réduire les impacts environnementaux renforçant le lien entre performances technico-économiques et environnementales. Les moyens développés pour augmenter l'autonomie alimentaire des exploitations en jouant sur les concentrés (type et optimisation) et/ou les fourrages (qualité, type, stade de récolte, conservation, …) représentent ainsi une alternative pour améliorer les bilans environnementaux. Développer les légumineuses permet de réduire la fertilisation des cultures mais aussi de remplacer une partie des intrants azotés pour l'alimentation du troupeau.

Le remplacement du tourteau de soja par du tourteau de colza est une mesure prise par certains éleveurs. Si cette pratique parait simple pour une partie d'entre eux, elle semble contraignante pour les autres, notamment en terme de modalités de distribution lorsqu'un DAC utilisé pour le soja équipe déjà l'installation. Le passage au colza peut nécessiter un passage en ration semi-complète et remettre en cause le DAC et les investissements liés déjà réalisés.

L'introduction de luzerne en vue de réduire la dépendance aux concentrés est également une voie choisie sur certains élevages. Les modalités d'implantation, de récolte, … se posent néanmoins chez les éleveurs.

Les consommations d'énergie sous forme de fioul et d'électricité

Ces consommations peuvent être réduites grâce à la mise en place d'équipements spécifiques (pré-refroidisseur de lait, récupérateur de chaleur, …) ou à la mise en œuvre de pratiques économes telles que la conduite des engins, les techniques culturales simplifiées, …

Néanmoins, il est important de vérifier sur l'exploitation la cohérence de ce levier avec d'autres objectifs ou pratiques mises en place comme le remplacement de traitements phytosanitaires par des techniques alternatives mécaniques pouvant nécessiter de nombreux passages sur les parcelles concernées, et donc une consommation supplémentaire de fioul.

De même, certains agriculteurs rappellent que cette consommation est très dépendante des années puisque fonction par exemple de la pluviométrie : une pluviométrie importante pourra avoir une incidence sur les interventions à prévoir sur les sols particulièrement peu portants.

La gestion des déjections

La gestion des déjections au bâtiment, au stockage et à l'épandage, en lien avec le type de déjections (lisier/fumier) permet par, des pratiques adéquates (couverture des stockages, enfouissement des déjections, …), de réduire les émissions sur les différents segments. Par ailleurs, les systèmes qui assurent une meilleure valorisation de l'herbe (temps au pâturage supérieur) réduisent les impacts environnementaux du fait du moindre recours aux intrants et de la réduction des émissions sur les segments bâtiment-stockage-épandage.

Le niveau de dépendance aux intrants (concentrés, engrais minéraux, …)

Le recours aux intrants influe sur les impacts environnementaux directs et indirects du processus de production. L'amélioration du bilan environnemental passe par une réduction/optimisation du recours aux intrants (concentrés, fertilisants azotés et phosphatés). L'ajustement des apports aux besoins réduit la dépendance énergétique, les excédents azotés, … ; le tout permettant de réduire les impacts environnementaux.

La réduction de la fertilisation azotée sur culture de maïs, et plus généralement la gestion de la fertilisation est un sujet parfois délicat car associé à un volet réglementaire contraignant.

La gestion du troupeau

Elle concerne tous les postes d'émission de GES. Les effectifs de renouvellement, les vaches présentant des problèmes sanitaires (boiteries, mammites, mortalité, …) influent sur le nombre d'animaux improductifs, le chargement animal et les performances environnementales. C'est ainsi que les exploitations réduisant la part d'animaux improductifs réduiront le chargement animal et les impacts environnementaux. Le temps passé en bâtiment, influe également sur les résultats environnementaux.

Par ailleurs, à même niveau d'intrants et mêmes effectifs, … une productivité laitière par vache supérieure est un gage de réduction de l'empreinte carbone au litre de lait. Cette tendance est toutefois à relativiser en fonction du potentiel génétique. Certains gains de productivité, associés à un recours plus important aux intrants, un temps de présence des animaux en bâtiment plus long, des risques sanitaires accrus, une part plus faible de prairies, … peuvent en effet se traduire, dans de nombreuses situations, par des impacts environnementaux supérieurs ramenés au kg de produit ; et dans tous les cas, par une pression plus forte sur le milieu.

Quels argumentaires ?

La thématique environnementale est souvent perçue de manière négative par les éleveurs. Un effort de communication est important afin de les sensibiliser et de valoriser leur travail.

La structure de l'exploitation ne permet pas toujours de mettre en place des plans d'action pour réduire les impacts environnementaux. La zone géographique, la qualité des terres, le climat ou la structure de l'exploitation de manière générale ne s'y prêtent pas toujours. Par exemple, l'augmentation du temps de

pâturage est possible à condition qu'il y ait des parcelles accessibles en nombre suffisant. D'autre part, la couverture des fosses est facile à mettre en œuvre mais c'est aussi un dispositif coûteux.

Pour les éleveurs et techniciens impliqués dans le projet, il est important de conserver une démarche volontaire car certains peuvent avoir peur de montrer leurs pratiques, et de communiquer sur le fait qu'il s'agit d'une démarche positive, de progrès.

Les conseils des éleveurs et techniciens émanant de leurs différents échanges pour encourager ou faciliter ces démarches de progrès sont listées ci-dessous.

- Sensibiliser les jeunes dans les lycées par exemple, pour les aider à sortir du système familial érigé en modèle « c'est bien comme on fait chez moi, … ».
- Ne pas sous-estimer la difficulté à changer.
- Lever les craintes des autres éleveurs par rapport au risque de contraintes nouvelles à venir.
- Etre persuasif pour faire comprendre que ce n'est pas une façon de moins payer le lait à l'avenir.
- Responsabiliser les producteurs vis-à-vis des attentes des consommateurs en lien avec le produit (pas seulement producteur de lait) néanmoins, en contrepartie, faire en sorte que le consommateur (ou la collectivité) paye les contraintes supplémentaires.
- Savoir ce qui peut être modifié facilement sur l'exploitation, sans entraîner de gros investissements (ex : bande enherbée pour favoriser le développement de carabes).
- Pouvoir se comparer à d'autres exploitations semblables.
- Avoir un diagnostic / des préconisations vraiment adaptés aux spécificités de la zone.
- Pouvoir chiffrer les manques à gagner de la situation diagnostiquée et les bénéfices possibles liés aux préconisations techniques.

2.4 Les modalités de valorisation du projet

Les diffusions réalisées sont présentées ci-après en plusieurs catégories : guide méthodologique, communications scientifiques, et communications appliquées/développement, rapport de stage, presse agricole.

Guide méthodologique

Guide méthodologique pour l'évaluation environnementale des fermes expérimentales (2015)

Publications et communication

IDELE, Combiner environnement et production laitière, aout 2013

IDELE, Concilier production et environnement en systèmes bovins allaitants, 4ème trimestre 2013

IDELE, Elevage de ruminants et changement climatique, juillet 2015

Colloques et séminaires

Journées Elevage et ruminants, acteur des solutions climat – 9 et 10 juin 2015.

Satellite 3R - Elevage de ruminants, acteur des solutions climat – 3 décembre 2015.

Séminaire SALENPRO du 4 novembre 2015 à THEIX (diffusion des résultats de la partie viande des mesures d'atténuation).

Biennales des fermes expérimentales de l'Ouest, 6 février 2014.

EAAP, août 2013. Visite de la ferme expérimentale de DERVAL.

SPACE Rennes, septembre 2013. Elise LORINQUER, Nadine GUINGUAND, Paul PONCHANT, Melynda HASSOUNA, Paul ROBIN, Nadège EDOUARD et Solenne LAGADEC. Les émissions gazeuses en bâtiment avicoles, bovins et porcins.

EAAP, août 2013. Nadège EDOUARD, Alicia CHARPIOT, Paul ROBIN, Elise LORINQUER, Jean-Baptiste DOLLE, Philippe FAVERDIN. Nitrogen supplies and manure handling improve feed efficiency and reduce emissions in dairy cattle.

Poster

Présentation de l'expérimentation de Derval lors du forum régional Air - "Airs et agriculture : des leviers d'amélioration, sources de performances" organisé le 28 janvier 2014 à Angers (49) par la Région des Pays de la Loire, la Chambre d'Agriculture Régionale des Pays de la Loire et l'Ademe.

Nadège EDOUARD, Alicia CHARPIOT, Paul ROBIN, Elise LORINQUER, Jean-Baptiste DOLLE, Philippe FAVERDIN. Émissions de gaz en bâtiment bovin lait : interactions entre conduite et nutrition azotée. 3R, décembre 2013.

M. EUGENE, A. DANGLARD, F. FOURNIER, Y. ROCHETTE, C. MARTIN, D. POMIES, A. FARRUGGIA, 2015. Enteric methane emissions of cows at grazing in two contrasted and low inputs dairy grassland-based systems. Presented at International Symposium on Emissions of Gas and Dust from Livestock (EMILI 2015), 2015-03-24, 2015-03-26, Florianopolis, Brasil.

M. EUGENE, A.I. ROCA-FERNANDEZ, N. EDOUARD, Y. ROCHETTE, C. MARTIN, R. DELAGARDE. Effect of supplementation with clover and chicory on fresh ryegrass-based diet quality and methane emission in dairy cows. Proceedings of the 6th Greenhouse Gas and Animal Agriculture Conference (GGAA 2016), 14 – 18 february 2016, Melbourne, Australia.

Rapport de stage

F. Bruckert, 2014. Suivi des pertes d'azote sur prairies pâturées et évaluation de l'efficacité des inhibiteurs de nitrification sur l'émission de GES, Projet d'étude ESITPA.

Presse agricole

L'éleveur Laitier, décembre 2013 n° 2019. Allier Economie et Environnement avec un Bâtiment Ecolo, décembre 2013, numéro 2019.

L'éleveur laitier, janvier 2015. Gaz à effet de serre être offensif plutôt que subir.

Le Télégramme du 25 février 2015. Elevage, la vache laitière soigne son bilan carbone.

Terra, mars 2015. Projet Carbon dairy, un plan carbone de la production laitière française.

Réussir- L'agriculteur Normand, 9 avril 2015. Le grand écart entre la performance et l'environnement.

Ouest France, 8 septembre2015. Ils allègent l'empreinte carbone de leur lait.

Réussir lait, octobre 2015. Dossier - Gagner plus avec moins de gaz à effet de serre.

Agri 72. Quantifier les émissions de GES des exploitations.

L'éleveur laitier, novembre 2015. Nos pratiques font que notre empreinte carbone est plus faible.

Cultivar élevage, novembre-décembre 2015. LIFE CARBON DAIRY : Dessine-moi une ferme laitière bas-carbone.

Alim'agri, octobre-novembre-décembre 2015. Réduire l'empreinte carbone, les exploitations gagnantes.

Campagnes et environnement. Réduire son empreinte carbone avec Carbon dairy.

3 Perspectives

La complémentarité des partenaires de ce projet a permis de réelles avancées dans le domaine de l'atténuation du changement climatique associée à l'activité d'élevage. Les expérimentations ont éclairé la variabilité des émissions et les solutions techniques. Les évaluations en fermes commerciales et expérimentales ont permis de mettre en situation des techniciens avec des éleveurs sur cette nouvelle problématique environnementale. Il en ressort globalement un intérêt partagé à poursuivre les investigations de manière à sensibiliser, informer et promouvoir de nouvelles pratiques afin d'assurer la durabilité des systèmes d'élevage.

Les résultats de ces travaux ont permis d'initier de larges programmes nationaux comme CARBON DAIRY et BEEF CARBON dont les objectifs sont de réduire les empreintes carbone des produits lait et viande de l'élevage bovin de 15 à 20 % à échéance de 10 ans. Ainsi les enseignements du CASDAR MAGES ont structuré les objectifs suivants des deux projets :

- Apporter aux éleveurs et à leur environnement technique, les outils et méthodes pour appréhender la problématique, orienter et modifier leurs itinéraires techniques dans un objectif de réduction de l'empreinte carbone du lait et de la viande,
- Promouvoir les systèmes d'élevage et les pratiques innovantes dans un réseau de fermes innovantes,
- Elaborer le plan carbone de la production de lait et de viande bovine déclinant les plans d'action carbone par système de production ainsi que la stratégie partenariale à mettre en place au niveau national,
- Lancer une dynamique nationale associant les éleveurs, les conseillers agricoles, les entreprises, ainsi que toute la filière en faveur de la production de lait et de viande bovine à faible impact carbone,
- Construire un projet pédagogique, axé sur la problématique élevage et environnement, à destination des enseignants, formateurs et apprenants.

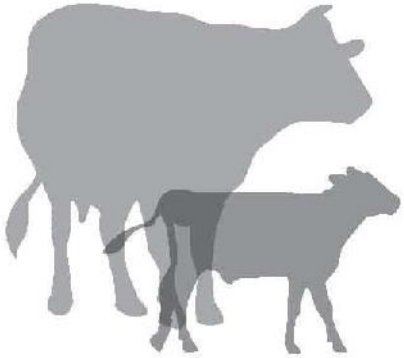
COLLECTION RÉSULTATS

MAGES

Mesures d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre en élevage bovin lait et viande

La prise en compte des préoccupations environnementales en élevage herbivore est un enjeu stratégique majeur. De nombreux travaux sont notamment nécessaires pour préciser la contribution des systèmes d'élevage aux émissions de gaz à effet de serre, déterminer l'empreinte carbone du lait et de la viande bovine et identifier les leviers de réduction. Le projet MAGES, piloté par l'Institut de l'Elevage en partenariat avec trois équipes INRA spécialisées dans le domaine des émissions de GES, l'UMR Pegase, l'UMR SAS, l'UMR Herbivores ; et plusieurs fermes expérimentales lait et viande, a ainsi couplé des évaluations sectorielles (méthane entérique, émissions en bâtiment) à des évaluations à l'échelle des systèmes de production. Les travaux conduits confirment qu'une incorporation de légumineuses à hauteur de 40 % dans le régime permet de réduire jusqu'à 20 % les émissions de méthane entérique. En bâtiment, le logement des animaux sur litière accumulée se traduit par des émissions plus élevées de méthane et de gaz carbonique. A l'échelle du système, les évaluations mettent en évidence que l'empreinte carbone brute du lait et de la viande oscillent respectivement entre 823 et 1 067 kg CO_2/1 000 kg lait et 16,8 et 11,4 kg CO_2/kg viande vive. Les différences observées ont trait au système fourrager, à la conduite du troupeau et de leur alimentation (suppléments lipidiques, fourrages, ...) ou encore aux pratiques agronomiques (gestion des déjections, ...). Enfin le stockage de carbone qui compense jusqu'à 80 % des émissions, reste sensible aux modes de gestion des prairies et aux conditions climatiques. Les résultats obtenus et la variabilité observée illustre que la réduction de la contribution de l'élevage bovin au changement climatique est envisageable, même si des travaux de recherche complémentaires sont nécessaires pour préciser les mécanismes biologiques et les leviers.

INSTITUT DE L'ELEVAGE



Édité par :
L'Institut de l'Elevage
www.idele.fr

Dépôt légal :
4ème trimestre 2016
© Tous droits réservés à l'Institut de l'Elevage
Décembre 2016
Réf. 00 16 304 021
ISSN 1773-4738

EN COLLABORATION AVEC :

INRA SCIENCE & IMPACT

Avec la participation Jean Paul Couthard – Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou, de Pascal Dhour et Florence Fournier - Ferme de Marcenat, de Jean Pierre Farrié – Institut de l'Elevage pour la Ferme expérimentale de Jalogny, de Marc Fougère - Ferme expérimentale de Derval et Bernard Houssin, Céline Pacary – Ferme expérimentale de la Blanche Maison.

AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE :