



HAL
open science

Nouvelles approches et considérations autour de la conduite d'élevage des génisses laitières

Yannick Le Cozler

► **To cite this version:**

Yannick Le Cozler. Nouvelles approches et considérations autour de la conduite d'élevage des génisses laitières. Sciences du Vivant [q-bio]. Université de Rennes 1, 2014. tel-02796654

HAL Id: tel-02796654

<https://hal.inrae.fr/tel-02796654>

Submitted on 5 Jun 2020

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

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

Université Rennes I

**Mémoire présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à
Diriger des Recherches**

Par

Yannick Le Cozler

Maître de conférences

**UMR PEGASE, Unité Mixte de Recherches Physiologie, Environnement et Génétique pour
l'Animal et les Systèmes d'Elevage, AGROCAMPUS-Ouest / INRA**

**Nouvelles approches et considérations autour de
la conduite d'élevage des génisses laitières**

24 juin 2014

Université Rennes I

**Mémoire présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à
Diriger des Recherches**

Par

Yannick Le Cozler

Maître de conférences

**UMR PEGASE, Unité Mixte de Recherches Physiologie, Environnement et Génétique pour
l'Animal et les Systèmes d'Elevage, AGROCAMPUS-Ouest / INRA**

**Nouvelles approches et considérations autour de
la conduite d'élevage des génisses laitières**

24 juin 2014

AVANT-PROPOS

Ce document est rédigé en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des travaux de Recherche (HDR).

Il a pour objectif de montrer mon aptitude à diriger et encadrer des travaux de recherche.

Il se présente sous la forme de quatre parties découpées de la façon suivante :

- un curriculum vitae présentant brièvement ma situation et mon parcours professionnel ;
- un rapport d'activités décrivant de façon non exhaustive les activités et responsabilités marquantes depuis le début de ma carrière ;
- une synthèse de mes travaux de recherche avec pour but de montrer la cohérence et l'originalité de la démarche de recherche entreprise en thèse, lors de mon activité au sein de l'Etablissement Départemental de l'Elevage, des Chambres d'Agriculture de Bretagne et enfin, depuis mon arrivée à AGROCAMPUS-Ouest ;
- un projet de recherches que je souhaite développer au cours des prochaines années.

Afin d'en faciliter la lecture et la compréhension, les références bibliographiques n'ont été incluses que dans la dernière partie. En effet, la synthèse des activités de recherche (partie 3) s'appuie sur des travaux publiés et sont replacés dans leur contexte scientifique au moment de leur réalisation. Certaines de ces activités ont été abandonnées depuis, en raison des évolutions et changements pris en cours de carrière, d'autres ont été poursuivies. Devant la diversité et la complémentarité des thèmes abordés, cela aurait aussi nécessité une bibliographie importante et une ré-actualisation sur des sujets non abordés depuis plus de 10 ans pour la plupart. J'ai conservé la même logique lors de la présentation des derniers travaux publiés et n'ai donc choisi de contextualiser uniquement que les activités de recherche que je souhaite pouvoir réaliser dans les années à venir (partie 4).

LISTE DES ABBREVIATIONS

ACP: Analyse en Composante Principale
AFSSA: Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, devenue ANSES
AGROCAMPUS-Ouest: Institut supérieur des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
ANR: Agence Nationale pour la Recherche
ANSES, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
BAPSA: Biologie Appliquée aux Productions et à la Santé Animale
CGEA: Conduite et Gestion de l'Exploitation Agricole
CNAM: Conservatoire National des Arts et Métiers
CNRS: Centre National de la Recherche Scientifique
DAA: Diplôme d'Agronomie Approfondie
DAG: Diplôme d'Agronomie Générale
DEA: Diplôme d'Etudes Approfondies
EDE: Etablissement Départemental de l'Elevage
ENSAR: Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes
ESA : Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers
GTTT: Gestion Technique des Troupeaux de Truies
HDR: Habilitation à Diriger des travaux de Recherche
IDELE: Institut de l'Elevage
IFIP: Institut de la Filière Porcine
INRA: Institut National de la Recherche Agronomique
INSERM: Institut National de la Santé Et Recherche Médicale
INSFA: Institut National Supérieur de Formation Agroalimentaire
IgG1: Immunoglobulines de type 1
IP: Intensive Program Erasmus Mundus
ISA: Institut Supérieur Agronomique
ITP: Institut Technique du Porc, devenu IFIP
MAP: Maladie de l'Amaigrissement du Porcelet
ONIRIS: Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes-Atlantique
PCV2: Porcine Circovirus de type 2
P3AN: Département Productions Animales, AgroAlimentaire, Nutrition
PhD: doctor of philosophy, i.e., doctorat
PHASE: PHysiologie Animale et Systèmes d'Elevage
PV: Poids Vif
SAED: Sciences de l'Animal pour l'Elevage de Demain
SLU: Université Suédoise d'Agronomie
SPA: Sciences et Productions Animales
SPADD: Systèmes de Productions Animales et Développement Durable
UC: unités constitutives d'enseignement
UMR: Unité Mixte de Recherches
UMR PL: Unité Mixte de Recherche « Production du Lait »
UMR PEGASE: Unité Mixte de Recherche « Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Elevage »
UMT RIEL: Unité Mixte Technologique « Recherche et Ingénierie en Elevage Laitier »
UP: Unité Pédagogique

SOMMAIRE

A. CURRICULUM VITAE	5
A.1. Cursus professionnel, fonctions exercées, mobilité	5
A.2. Formations et titres	5
A.3. Formations complémentaires	5
B. RAPPORT D'ACTIVITES	6
B.1. Activités d'enseignement	6
B.1.1. Services d'enseignement en présence d'élèves ou d'étudiants	7
B.1.2. Responsabilité d'unités constitutives d'enseignement	8
B.1.3. Autres approches en enseignement	9
B.1.4. Encadrement d'étudiants, tutorat, stagiaires (hors activité de recherche)	9
B.1.5. Participation à l'enseignement hors d'AGROCAMPUS-Ouest	10
B.2. Activités de recherche	10
B.2.1. Orientation générale	10
B.2.2. Cadre structurel de la recherche et du développement	11
C. SYNTHÈSE DE L'ACTIVITÉ DE RECHERCHES	12
C.1. Description du positionnement et chronologie	12
C.2. Travaux de DEA (1993-1994) : métabolisme et production de chaleur chez le porc	14
C.3. Travaux réalisés de 1994 à 2005 : maîtrise de la reproduction et de la production chez le porc	15
C.3.1. La maîtrise de la mise à la reproduction des jeunes reproducteurs	15
C.3.2. La gestion du progrès dans les élevages	18
C.3.3. Vers un changement d'échelle et l'approche « multicritères »	21
C.3.4. Faire face à l'évolution des contextes réglementaire, social, sociétal, environnemental... et les systèmes de production	21
C.3.5. Conclusion sur les années 1994 à 2005	23
C.4. Focus sur les travaux réalisés de 2006 à 2013 : génisses laitières et performances	24
C.4.1. La phase d'élevage du jeune	24
C.4.2. L'importance de l'âge au 1 ^{er} vêlage	25
C.4.3. Comment étudier la variabilité des trajectoires individuelles ? Mieux appréhender la diversité au sein des élevages	27
C.4.4. Conclusion sur les années 2006 à 2013	29
C.5. Conclusion sur les activités de recherche	30
D. PROJETS DE RECHERCHES	30
D.1. Des projets à long terme: analyses de données, « clustering » et « big data »	31
D.1.1. Utilisation et valorisation des données d'élevages et/ou de fermes expérimentales	32
D.1.2. Des limites à (re)considérer	33
D.1.3. Réduire l'information et penser de nouveaux indicateurs	34
D.2. Innovation en élevages, vêlage précoce et croissance « séquencée »	35
D.3. Favoriser l'émergence d'une communauté scientifique autour de l'élevage du jeune	36
E. CONCLUSION	38
F. LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	39
Annexe 1. Liste des publications	40
Annexe 2. Activités d'animations recherche	44
Annexe 3. Liste des activités exercées avec différents partenaires	45

A. CURRICULUM VITAE

Yannick LE COZLER

Né le 24 octobre 1968

Marié, 2 enfants

Maître de conférences à AGROCAMPUS-Ouest

Unité Pédagogique (UP) des Sciences et Productions Animales (SPA)

Département Productions Animales, AgroAlimentaire, Nutrition (P3AN)

65, rue de Saint-Brieuc, CS 84215

tel. : 02 23 48 59 18

35042 Rennes Cedex

Courriel : yannick.lecozler@agrocampus-ouest.fr

A.1. Cursus professionnel, fonctions exercées, mobilité

1994 - 1998 **Doctorat en Sciences**, Université Suédoise d'Agronomie (SLU), Uppsala

1999 **Rédacteur adjoint** à la revue Réussir Porcs

1999 - 2005 **Ingénieur en recherche appliquée**, à l'Etablissement Départemental de l'Élevage (EDE) du Morbihan :

- Responsable départemental de l'animation technique du groupe porc
- Animateur régional du groupe « Systèmes d'élevages et conduite »
- Rédacteur adjoint de la revue Atout Porc Bretagne

Depuis 2006 **Maître de conférences en sciences animales** au sein de l'UP SPA, AGROCAMPUS-Ouest

A.2. Formations et titres

1990 - 1991 **Licence** de Biologie Cellulaire et Physiologie, Université de Rennes 1

1991 - 1992 **Maîtrise** de Physiologie Animale, Université de Rennes 1

1993 - 1994 **Diplôme d'Études Approfondies** (DEA) de Physiologie et Physiopathologie de la Nutrition Humaine, Université D Diderot, Paris 7

1994 - 1998 **Doctorat** en productions animales, Université Suédoise d'Agronomie (SLU), Uppsala. Sujet: effect of intensity of rearing and herd management on performance and longevity of sows (*effets du niveau d'alimentation en croissance et des conditions d'élevage sur les performances et la longévité des truies*). Directeurs de thèse: Pr. JE Lindberg (S) et Dr JY Dourmad (F) ; Rapporteur principal (opponent): Pr. CT Whittemore (GB) ; Membres du jury: Dr LA den Hartog (NL), Dr M Etienne (F), Dr AM Dalin (S), Dr M Rundgren (S), Dr L Göransson (S)

A.3. Formations complémentaires

2005 Diplôme d'**habilitation à l'expérimentation animale** (à dominante mammifères), Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, juin 2005

2007 Ecole-Chercheurs INRA "Démarches et méthodes pour l'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes d'élevage et de culture", 20-23 mai, Joué-Lès-Tours

B. RAPPORT D'ACTIVITES

B.1. Activités d'enseignement

Mes activités d'enseignement couvrent un champ thématique large, allant de la croissance des jeunes animaux jusqu'au fonctionnement global des exploitations agricoles, en passant par la gestion et la conduite des animaux au sein des ateliers de production. Ces activités résultent à la fois de mon parcours professionnel avant mon arrivée à AGROCAMPUS-Ouest¹ en 2006 et les évolutions du contexte socio-économique.

Depuis février 2006, j'exerce en la qualité de maître de conférences en zootechnie au sein de l'UP SPA² du département P3AN³ à AGROCAMPUS-Ouest, Centre de Rennes. L'établissement est impliqué dans la formation d'ingénieurs dans deux domaines, l'un en agronomie (ex-Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes, ENSAR) et l'autre en agroalimentaire (ex-Institut National Supérieur de Formation Agroalimentaire, INSFA). Il est aussi impliqué dans la formation d'étudiants de niveau master (M2), doctorat (PhD⁴), licence professionnelle (L3), mais également dans la formation continue.

L'UP SPA a pour mission d'assurer l'ensemble des activités liées aux sciences et productions animales au sein de l'établissement, en lien avec d'autres UP (Génétique, Economie et Sciences de Végétal notamment). La composition actuelle de l'UP est présentée dans le tableau B1.

Tableau B1 : Composition de l'unité pédagogique (UP) de Sciences et Productions Animales (SPA) à AGROCAMPUS-Ouest

Nom	Grade	Fonctions
Disenhaus Catherine	Professeure	Responsable du cursus Ingénierie zootechnique
Faure Justine	Maître de Conférences	
Flament Jocelyne	Maître de Conférences	Responsable de l'UP SPA
Jacquot Anne-Lise	Maître de Conférences	
Kouba Maryline	Professeure	Responsable du département de Productions Animales, AgroAlimentaire, Nutrition (P3AN)
Le Cozler Yannick	Maître de Conférences	
Lollivier Vanessa	Maître de Conférences	
Marnet Pierre-Guy	Professeur	Directeur scientifique adjoint d'AGROCAMPUS-Ouest
Montagne Lucile	Professeure	Co-Responsable du Master « Sciences de l'Animal pour l'Elevage de Demain », avec F. Ferrière (Université de Rennes 1)

¹ AGROCAMPUS-Ouest est né en 2008 de la fusion de deux établissements formant des ingénieurs, AGROCAMPUS-Rennes et l'Institut National d'Horticulture d'Angers

² Sciences et Productions Animales

³ Productions Animales, AgroAlimentaire, Nutrition

⁴ PhD : Doctor of Philosophy

Les objectifs principaux de notre UP sont de faire acquérir des compétences générales en zootechnie à tout élève ingénieur agronome ou en agroalimentaire, et de faire acquérir des compétences personnalisées et approfondies aux élèves ingénieurs et masters en termes de savoirs et savoir-faire multidisciplinaires. L'enseignement en productions animales est essentiellement assuré par les enseignants-chercheurs de l'UP SPA, aidés de collègues chercheurs et ingénieurs des UMR⁵ associées. Pour les modules faisant appel à des approches pluridisciplinaires, des enseignants-chercheurs d'autres UP d'AGROCAMPUS-Ouest (en statistiques ou en économie rurale par exemple) sont également sollicités. Enfin, pour certains enseignements, des spécialistes et/ou professionnels de l'élevage (Institut de l'Élevage, Institut de la Filière Porcine...) permettent d'approfondir certains aspects particuliers des productions animales.

L'organisation et la réalisation des enseignements sont collectives au sein du département et chaque enseignant-chercheur anime et/ou co-anime un ou plusieurs modules de formation. Il s'agit d'apporter aux étudiants les connaissances les plus avancées dans le domaine des sciences animales, afin de répondre au mieux aux objectifs d'une formation prospective. Il s'agit également d'enseigner les méthodes et outils leur permettant de développer une approche systémique de questionnements biologiques parfois complexes, à l'échelle de la cellule, de l'animal, de l'élevage ou des filières de production.

Aujourd'hui, j'interviens auprès des élèves ingénieurs agronomes dans les différents semestres (S) de leur formation :

- S5 et S6 (niveau L3, équivalent à la 1^{ère} année de la formation d'ingénieur),
- S7 et S8 (niveau M1, équivalent à la 2^{ème} année),
- S9 et S10 (niveau M2, 2 équivalent à la 3^{ème} année, dans la spécialisation "Ingénierie Zootechnique").

Mes interventions sont également réalisées auprès des étudiants du Master « Sciences de l'Animal pour l'Élevage de Demain » (SAED) de l'Université de Rennes 1, co-habilité avec AGROCAMPUS-Ouest et Oniris⁶. Elles ont lieu au cours des semestres S7 et S8 (M1) et S9 et S10 (M2). Dans un grand nombre de cas, les interventions sont communes aux étudiants ingénieurs agronomes et masters lors des semestres 8, 9 et 10.

B.1.1. Services d'enseignement en présence d'élèves ou d'étudiants

Ma charge horaire représente un volume horaire annuel variant en moyenne de 220 à 240 heures équivalent TD (travaux dirigés) au cours de la période 2007 à 2011 (tableau B2). Les volumes ont été plus importants en 2012 et 2013 (250 à 280 heures) pour pallier un déficit ponctuel d'enseignants. L'année en cours (2013-2014) n'a pas été représentée, mais le recrutement de deux nouvelles collègues doit permettre un réajustement important de cette charge. Les autres évolutions inter-annuelles sont la plupart du temps liées à des non-ouvertures de certains modules, des congés, des années interstitielles ou de mises à disposition de certains enseignants-chercheurs de l'UP. Le tableau B2 montre une part importante des enseignements sous forme de TD et activités autres (encadrements de projets notamment). A l'inverse, le volume de cours de type magistral est réduit, de l'ordre de 20 à 30 heures par an. Cette répartition n'illustre toutefois pas le fait que dans bon nombre de TD, une part non négligeable du volume horaire (1/3 du temps environ) peut être considérée équivalente à des cours traditionnels. Néanmoins, je souhaite privilégier cette forme d'enseignement interactive,

⁵ Unité Mixte de Recherches

⁶ Oniris : Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes-Atlantique

où savoir, savoir-faire et savoir-être sont intimement mêlés, ce qui constitue un atout dans une formation professionnalisante.

Tableau B2. Bilan horaire annuel (en équivalent TD) et niveau des étudiants concernés

Année	Total horaire	Cours	Travaux dirigés	Formation diplômante suivie par les étudiants*	Nombre d'étudiants
2006-2007**	243	7	26	L3	121
		20	112	Ingénieur agronome / Master (M1/M2)	21
2007-2008	252	6	16	L3	124
		20	132	Ingénieur agronome / Master (M1/M2)	17
2008-2009	224	5	20	L3	122
		31	113	Ingénieur agronome / Master (M1/M2)	28
2009-2010	231	5	19	L3	126
		20	75	Ingénieur agronome / Master (M1/M2)	19
2010-2011	230	5	20	L3	124
		18	76	Ingénieur agronome / Master (M1/M2)	28
2011-2012	276	9	22	L3	126
		20	98	Ingénieur agronome / Master (M1/M2)	28
2012-2013	260	7	20	L3	130
		19	89	Ingénieur agronome / Master (M1/M2)	34

* le niveau M1 regroupe en général 8 à 12 étudiants de cursus Master et 10 à 15 étudiants en 2^{ème} année de cursus ingénieur agronome

** recrutement au 1^{er} février 2006 et titularisation le 1^{er} février 2007

*** septembre à décembre 2013

Si j'organise et anime différentes unités constitutives (UC) d'enseignement (voir chapitre B.1.2), je participe aussi aux enseignements organisés par mes collègues, soit sur des thématiques relevant de mes compétences disciplinaires, soit sur des aspects de méthodes / outils (atelier rédactionnel, conduite de projet...).

B.1.2. Responsabilité d'unités constitutives d'enseignement

Actuellement, je suis co-responsable de 5 des UC portées par notre UP et responsable de l'une d'entre elles. Outre la partie enseignement proprement dite, je participe à l'encadrement d'élèves (fin d'études, mini-projets de master, évaluation de stage master 1 et 2, stages en exploitations). Les réformes en cours font et feront encore évoluer les responsabilités au sein de ces unités, avec des changements de dénomination possibles. A la fin de l'année 2013, ceci correspondait aux unités suivantes (le nombre d'heures affichées à l'emploi du temps est indiqué entre parenthèses) :

Enseignements spécifiques au cursus ingénieur agronome

- S6 : « Approche de l'exploitation agricole et des conditions de production » (50 h, co-animation S Duvaleix-Tréguer, A Ridier et M Carof) ;

Enseignement spécifique au cursus Master SAED

- S5 : « Module Filières » (50 h, co-animation J Faure) ;

Enseignements mutualisés pour les cursus ingénieur agronome et Master SAED

- S8 : « Zootechnie générale », (50 h, co-animation J Flament) ;

- S9 : «*filières et territoires* » (72 h, co-responsable C Disenhaus) ;
- S9 :«*Bâtiments et environnement* » (36 h) ;
- S9 :«*Enquêtes et Typologies* » (42 h, co-responsable C Disenhaus).

B.1.3. Autres approches en enseignement

Je participe dans différents modules, de manière ponctuelle sous forme de cours et/ou TD, à l'approfondissement des connaissances des étudiants. Ceci a lieu notamment au niveau de la formation des étudiants de master M1 et au niveau du cursus ingénieur agronome en 1^{ère} et 2^{ème} année, en lien ou non avec mes activités de recherche. Comme l'ensemble de mes collègues, les connaissances et compétences scientifiques sont valorisées lors de travaux encadrés par les étudiants : recherches bibliographiques, analyses de données, rédactions de rapports et d'articles par exemple. Ma première expérience de journaliste est également mise à profit, avec l'encadrement des étudiants lors de l'écriture d'articles de vulgarisation.

B.1.4. Encadrement d'étudiants pour l'enseignement (hors activité de recherche)

L'activité d'enseignement ne peut être résumée à l'apport de connaissances. Il s'agit de former et préparer au mieux les étudiants à leurs carrières futures. Pour cela, je prends part, comme l'ensemble de mes collègues, à des activités d'encadrement multiples et variées :

Encadrement de projets

- S5/S6/S8 : 2 à 7 activités personnelles semestrielles/an (40 h) depuis 2006 dont environ 4/an en lien avec les activités de recherche de l'UMR (en propre ou non) ;
- S9 : 1 à 2 projets d'ingénieur ou de statistiques/an (80 h). Les projets d'ingénieur sont le plus souvent commandités (et financés) par des organismes professionnels.

Bibliographies

- 1 à 4 bibliographies par an jusqu'en 2011 en S5-S6 ;
- 2 à 4/an depuis 2006 en S9 ;
- 2/an en S8 depuis 2013.

Tutorat

- *de suivi de projet professionnel et parcours personnalisé* : 4/an en S5-S6 et 2 à 4/an en S9 depuis 2006 ;
- *de suivi de stages courts (2-6 mois)* : 3 à 8 stages/an (semestres 7, master et ingénieur agronome) et 4 à 6 rapports/an de stages en exploitation agricole ;
- *de suivi de stages de fin d'études (6 mois)* : 2 à 6 étudiants/an.

Participation à des jurys

- *Jury de sélection pour l'entrée en Master SAED* (1^{ère} et 2^{ème} année) ;
- *Jury diplômant* : Master 2 « Biologie Appliquée aux Productions et à la Santé Animale (BAPSA) / SAED et spécialité « Ingénierie Zootechnique » :
Présidence de jury : 16 étudiants ;
Examineur : 18 étudiants ;
Rapporteur : 17 étudiants.
- *Jury de thèse de 3^{ème} cycle (examineur)*

G Touré (Université de Rennes 1, 28 novembre 2007) : Déterminants socio-économiques, performances zootechniques et contraintes sanitaires en élevage périurbain en Côtes d'Ivoire : cas de l'élevage ovin de Bouaké ;

M Umar Faruk (Université F Rabelais, Tours, 25 août 2010): Evaluation of the impact of Loose-mix and Sequential feeding using locally available feed ingredients on performance of layer hen.

- *Jury de recrutement de Maître de Conférences* : 1 fois titulaire, 2 fois suppléant.

- *Autres activités d'évaluation / suivi*

Relecteur pour diverses revues (Journal of Dairy Science, Livestock Science, Animal...);

Evaluateur projet ANR (1);

Evaluateur des nouveaux programmes de formation professionnels FETAC (Level 5, Teagasc, Ireland);

Président de séances à divers colloques / congrès (2);

Rapporteur de stages de niveau M1 (14);

Membre de comités de thèse (4);

Président du jury du baccalauréat professionnel agricole pour les inter-régions (depuis 2011):

- Nord-Ouest : Conduite et Gestion de l'Exploitation Agricole (CGEA), spécialité Systèmes à Dominante Elevage et Valorisation du cheval ;

- Nord-Ouest et Sud-Ouest: Productions Aquacoles.

B.1.5. Participation à l'enseignement hors d'AGROCAMPUS-Ouest

Parmi les autres activités d'enseignement assuré en tant qu'enseignant-chercheur, certaines se déroulent hors d'AGROCAMPUS-Ouest :

- CNAM⁷, sur les filières de productions animales (25 h environ, formation à distance), tous les 2 ans en moyenne ;

- Intensive Program Erasmus Mundus, sur le bâtiment d'élevage : Sustainable Livestock Housing in Europe (2014 à 2016). Partenaires : Université Suédoise d'Agronomie, Université de Bologne, Université d'Agronomie de Cracovie, Université Harper Adams, ISA de Lille et AGROCAMPUS-Ouest. Co-organisateur avec J Lenssink, ISA de Lille ;

- Master MAN-IMAL (ESA – Oniris) : « Livestock Farming and Sustainability » (2014), sur les notions de durabilité ;

- Formations « à la carte ». Exemple : « Construire un projet de recherches », pour ingénieurs / techniciens "Recherche Appliquée" de la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne ;

- Interventions spécifiques lors de réunions ou d'événements particuliers (visites, journées d'animations...).

B.2. Activités de recherche

Cette partie sera développée en détails dans la partie C et ne sont présentés ici que les principaux éléments.

B.2.1. Orientation générale

Mon travail de recherche se caractérise par la diversité des thèmes abordés (alimentation, nutrition, reproduction, conduite de l'élevage) et des espèces animales étudiées (bovines et porcines). Il s'agit d'une recherche essentiellement finalisée, mais qui allie des niveaux d'approche variés allant essentiellement de l'animal à l'élevage, en passant par l'organe. Cette activité inclue ponctuellement également des approches au niveau du territoire. Au cours de ce parcours, j'ai pu réaliser ces travaux dans des structures de recherche et développement très différentes, au fonctionnement parfois éloigné les unes des autres. J'ai aussi eu la chance de pouvoir les réaliser dans deux pays, où les différences de mentalités et d'approches m'ont montré l'importance d'avoir une certaine ouverture d'esprit.

⁷ CNAM : Conservatoire National des Arts et Métiers

B.2.2. Cadre structurel de la recherche et du développement

J'ai réalisé mes travaux de thèse au sein du département de Nutrition Animale et de Conduite de l'Élevage (*Animal Nutrition and Husbandry*), de l'Université Suédoise d'Agronomie (SLU, Uppsala, Suède), dans le cadre d'une collaboration franco-suédoise (SLU, INRA, ITP⁸). Cette thèse m'a permis d'être en contact avec des spécialistes de disciplines différentes (nutritionnistes, généticiens, physiologistes de la reproduction...) et ce, dans un contexte très international. Les travaux de recherches ont été réalisés à différentes échelles, allant de l'étude fine de profils hormonaux sur quelques dizaines de truies à l'analyse de bases de données comportant les performances et la longévité d'environ 170 000 truies. Ces travaux ont fait l'objet de diverses publications et communications, dont 7 articles dans des revues à comité de lecture de rang A.

Mes études au sein de l'EDE du Morbihan (56) ont orienté ensuite mes recherches sur des aspects plus finalisés que lors de la thèse, en réponse à des problématiques et questions issues des professionnels (éleveurs et organisation de producteurs). Les études expérimentales et travaux d'enquêtes, ainsi que des analyses de bases de données locales ou nationales, ont été au cœur de cette activité. Ces travaux ont fait l'objet de communications régionales ou nationales (28 publications). Le souci de garder un lien étroit avec la recherche publique (INRA et AFSSA⁹ notamment) s'est traduit par des travaux communs et des publications scientifiques dans des revues à comité de lecture (4). Un des objectifs recherchés était aussi la reconnaissance, par la communauté scientifique, de la qualité et l'originalité des travaux menés par notre structure professionnelle de recherche (devenue depuis le pôle Recherche Appliquée des Chambres d'Agriculture de Bretagne).

Depuis ma nomination en tant que maître de conférences à AGROCAMPUS-Ouest en 2006, mes travaux se sont focalisés sur l'élevage de la future vache laitière. Ceux-ci ont été réalisés au sein de l'équipe *SYSLAIT* de l'UMR PEGASE (Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Élevage). L'équipe *SYSLAIT*, dans laquelle j'effectue mes travaux de recherche, étudie la conduite des systèmes laitiers, depuis la conduite de l'animal (génisse et vache, et prochainement chevrette et chèvre) jusqu'à la conduite de l'exploitation d'élevage, en mettant en œuvre des approches pluridisciplinaires. Depuis mon arrivée en 2006 et le début des activités de recherche, je suis l'auteur principal de 5 publications dans des revues à comité de lecture et co-auteur d'une autre publication. D'autres publications sont actuellement en cours de finalisation.

L'ensemble de mes travaux de recherches a fait l'objet de publications : 18 dans des revues de langue anglaise, avec comité de lecture (+ 2 en cours de soumission), dont 13 articles en tant qu'auteur principal (1^{er} auteur). Ces travaux ont aussi été publiés dans des revues françaises à comité de lecture (5). Beaucoup d'entre eux ont aussi fait l'objet de communications à des colloques et forums internationaux, nationaux, régionaux et/ou locaux. J'accorde à cette activité de valorisation une importance aussi grande que celle accordée aux publications de rang A. En effet, cela permet une reconnaissance plus large qui, j'en suis sûr, permet le montage à terme de projets de recherche ambitieux, nationaux ou internationaux. Cette activité participe également à une reconnaissance et une lisibilité de l'UMR à tous ces niveaux, ce qui est pleinement profitable à la fois pour notre partenaire de recherche (INRA), mais également pour notre établissement d'enseignement (AGROCAMPUS-Ouest).

⁸ Institut Technique du Porc, devenu depuis l'Institut de la Filière Porcine (IFIP)

⁹ Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, devenu ANSES

Au cours de ces années, les activités de recherche ne se sont pas résumées à l'écriture de publications et/ou leur présentation lors de colloques. Cela concerne aussi l'encadrement ou le co-encadrement de stagiaires et d'étudiants, de niveau L1 à doctorat (voir annexe 2).

C. SYNTHÈSE DE L'ACTIVITÉ DE RECHERCHE

Depuis mon entrée dans le monde de la recherche, on peut distinguer deux grandes phases, l'avant et l'après 2006, même si un autre découpage est sans doute possible. Ceci correspond à une évolution professionnelle importante, liée à mon recrutement en tant qu'enseignant-chercheur à AGROCAMPUS-Ouest. Le changement d'espèce en tant que modèle d'étude a également constitué une évolution marquante, tout comme la réorientation vers une recherche finalisée plus « académique ». Aussi, après une brève présentation de cette évolution et de mon positionnement dans le monde de la recherche (partie 1), cette synthèse comprendra-t-elle successivement les travaux de recherche entrepris avant l'année 2006 (parties 2 & 3), puis ceux réalisés et/ou encore en cours depuis cette date (partie 4).

A chaque fois et lorsque cela est pertinent, la référence des articles publiés dans des revues à comité de lecture (C1.X anglais ou C2.X français, voir annexe 1) sera précisée, en lien avec les travaux présentés. Les autres références (communications lors de congrès ou articles de vulgarisation par exemple) ne sont pas incluses dans le texte.

C. 1. Description du positionnement et chronologie

Issu du milieu agricole, passionné par l'élevage et la biologie animale, j'ai réalisé ma formation supérieure, d'abord en classe préparatoire vétérinaire, puis à l'université (Licence, Maîtrise) à l'Université de Rennes 1 (35). Ces formations étaient surtout axées sur l'acquisition de connaissances approfondies de biologie et de physiologie animale. Après l'obtention de mon diplôme de maîtrise, j'ai choisi d'approfondir mes connaissances dans le domaine de la nutrition animale, tout en l'ouvrant à la dimension humaine. J'ai ainsi préparé et obtenu mon diplôme d'études approfondies (DEA) de Physiologie et Physiopathologie de la Nutrition Humaine, à l'Université D Diderot (Paris 7). A cette occasion, j'ai eu l'opportunité de suivre un enseignement essentiellement axé sur l'espèce humaine, avec de nombreuses interventions de chercheurs du CNRS¹⁰, de l'INSERM¹¹ et de l'INRA¹² notamment. En complément, mon stage de DEA, sous la direction de J Noblet de l'INRA, m'a permis d'avoir une « vision » plus métabolique de la nutrition animale.

Par la suite, j'ai choisi de compléter ma formation en préparant un doctorat en agronomie (PhD), au sein de l'Université Suédoise d'Agronomie (SLU) d'Uppsala. Celui-ci était financé dans le cadre du projet « Relationship animal production, health and welfare », financé par le Swedish Council for Forestry and Agriculture Research (SJFR). Ce travail de thèse a également été réalisé dans la cadre d'une collaboration officielle entre les équipes recherches de cette université et l'INRA. Mes travaux ont ainsi été conduits au sein d'équipes de recherches françaises (direction : A Aumaître et JY Dourmad, INRA) et suédoises (direction : JE Lindberg, M Neil et S Johansen, SLU). Cette thèse m'a permis de travailler sur les conditions d'élevage et de mise à la reproduction des cochettes, à différentes échelles. Ainsi, une première série d'analyses effectuées en collaboration avec J Dagorn de l'Institut Technique du Porc (ITP, devenu depuis IFIP, Institut de la Filière Porcine) m'a permis de me

¹⁰ CNRS : Centre Nationale de le Recherche Scientifique

¹¹ INSERM : Institut National de la Santé et Recherche Médicale

¹² INRA : Institut National de la Recherche Scientifique

familiariser avec la gestion et l'analyse de bases de données complexes (169 983 cochettes et leurs 753 343 portées, issues de 5 616 élevages). Cette analyse a été complétée par une série d'essais réalisés en Suède pendant 2 ans sur 240 animaux. Ces expérimentations visaient à étudier les performances d'animaux élevés suivant différentes modalités d'alimentation et de mise à la reproduction. Enfin, une étude « fine » menée en France sur 18 animaux élevés spécifiquement et préparés chirurgicalement (cathéters jugulaires) a permis de mieux comprendre les modifications physiologiques induites par les changements de conduite de l'élevage. Cette expérience m'a permis de collaborer avec de nombreux chercheurs et ingénieurs des deux pays, et d'intégrer mes résultats pour faire le lien entre des approches expérimentales et le monde de l'élevage. Ces 3,5 années de travail ont été marquées par la présentation de mes résultats et ceux de mes collaborateurs lors de différents congrès locaux, nationaux et internationaux. Elles se sont concrétisées également par la publication de 7 articles dans des revues à comité de lecture.

Ne me destinant pas initialement au monde de la recherche « académique » mais davantage intéressé par une approche au plus près du monde de l'élevage, j'ai d'abord été (brièvement) rédacteur en chef adjoint d'une revue professionnelle agricole, au sein d'un groupe de presse spécialisé (groupe de presse REUSSIR). Ceci m'a permis de compléter mes connaissances, notamment au niveau des filières animales et d'acquérir des compétences nouvelles de rédaction « finalisée », c'est-à-dire, d'articles de vulgarisation. Ce métier m'a aussi permis de nouer des liens avec certains acteurs de la recherche que je ne connaissais pas et avec qui j'ai pu collaborer par la suite.

Fort de cette nouvelle expérience, j'ai été recruté à la fin de l'année 1999 en tant qu'ingénieur d'études et de recherches appliquées au sein de l'Etablissement Départemental de l'Élevage (EDE) du Morbihan. Lors de cette nouvelle expérience professionnelle, j'ai été amené à mettre en place des études sur la gestion des animaux et l'optimisation de leurs performances. Ces travaux, menés en collaboration avec des Instituts de recherche et structures professionnelles, ont aussi fait l'objet de publications écrites dans des revues à comité de lecture et/ou de vulgarisation, ainsi que de communications orales en France et à l'étranger. En effet, il était important pour moi de faire reconnaître la qualité et l'importance des travaux réalisés au sein de ces structures auprès de la communauté scientifique et les faire valider, via le processus d'évaluation que constitue la soumission d'articles à des revues ayant des comités de lectures. Cette démarche, peu ou pas présente auparavant dans ces structures professionnelles, s'est depuis mise en place et développée. Outre cette activité de recherche et de développement autour de la conduite d'élevages et la responsabilité scientifique de différentes études et essais, j'ai progressivement pris en charge l'animation des équipes départementales, puis régionales, d'ingénieurs de recherches. Les activités principales de ces équipes concernaient les thématiques précédemment évoquées, ainsi que celles autour de la génétique. Cette expérience de 7 années au sein de l'EDE m'a permis, outre l'acquisition de connaissances et de compétences nouvelles, d'apprendre à gérer et à diriger des équipes de recherches et développement. Une dernière activité importante des équipes était celle de former et d'encadrer des étudiants, de formations diverses et variées, allant du niveau L1 au niveau M2.

Le 1^{er} février 2006, j'ai rejoint AGROCAMPUS-Rennes, devenu depuis AGROCAMPUS-Ouest, en tant que maître de conférences au sein de l'UP SPA en ce qui concerne l'enseignement et de l'équipe SYSLAIT (« SYStèmes LAITiers ») de l'Unité Mixte de Recherches Production du Lait (UMR PL), pour la partie recherche. Depuis le 1^{er} janvier 2012, je fais partie de la nouvelle UMR PEGASE (Physiologie, Environnement et Génétique

pour l'Animal et les Systèmes d'Elevage), toujours au sein de l'équipe SYSLAIT. Le projet de notre équipe de recherches vise à mieux comprendre le fonctionnement des animaux et systèmes laitiers, depuis l'organe jusqu'au territoire. L'équipe SYSLAIT est animée par R Delagarde et est composée de 4 chercheurs INRA (2 DR¹³, 2 CR¹⁴), 3 enseignants-chercheurs AGROCAMPUS-Ouest (1 PR et 2 MC) et de 3 ingénieurs de recherches INRA. Au total, cette équipe compte 4 HDR et 5,3 ETP¹⁵ chercheurs au 31 janvier 2014.

Mes travaux de recherches s'intègrent plus largement dans les missions de l'UMR PEGASE qui sont notamment d'acquérir, au niveau des ruminants laitiers, des connaissances sur la biologie des femelles laitières et la maîtrise de la lactation. Les missions de l'unité sont aussi de mettre en œuvre ces connaissances pour développer des pratiques d'élevage répondant aux demandes émanant des filières (efficacité de la production, qualité des laits) et aux exigences de la société (impact environnemental de la production, bien-être animal). Mes recherches s'inscrivent enfin dans le schéma stratégique du département INRA PHASE (PHysiologie Animale et Systèmes d'élevage) où elles dépendent du champ thématique « Production ». Une des missions importantes de l'équipe de recherches est aussi de participer à la formation des étudiants de tous niveaux, et notamment celle des doctorants. L'obtention de l'habilitation à diriger des recherches est donc une nouvelle étape importante dans l'évolution de ma carrière professionnelle, mais elle va aussi permettre un renforcement des activités de recherches et de formation au sein de l'équipe SYSLAIT.

C. 2. Travaux de DEA (1993-1994) : métabolisme et production de chaleur chez le porc

Entre 1993 et 1994, j'ai effectué mes premiers travaux de recherche au cours du stage obligatoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA) de Physiologie et Physiopathologie de la Nutrition Humaine. Ce stage a été réalisé au sein de l'équipe dirigée par J Noblet (Station de Recherches Porcines à St-Gilles (35), englobée depuis au sein de l'UMR PEGASE). Il s'est déroulé après une première découverte du monde de la recherche porcine lors d'un stage court de maîtrise (2 mois), effectué au sein de cette même unité et encadré par A Prunier. Le stage de DEA s'est déroulé sur une année universitaire complète, la formation théorique ayant lieu chaque vendredi à l'Université D Diderot (Paris 7), le reste de la semaine étant consacré au travail en station / laboratoire. Au cours du stage, j'avais en charge le suivi des performances, l'analyse des composantes de la production de chaleur et la composition à l'abattage de 3 races de porcs, se différenciant par leur potentiel de croissance. Les animaux utilisés étaient des mâles castrés de race pure Large-White, Piétrain et Meishan. L'objectif de ce travail était de mieux comprendre et de mieux caractériser les composantes de la production de chaleur chez le porc, en relation avec son stade de développement, sa race et son comportement alimentaire.

La production de chaleur dépend en effet de la chaleur dégagée par le métabolisme de base, l'effet thermique des repas et l'activité de l'animal. Cette chaleur peut être mesurée par calorimétrie indirecte, c'est à dire, au moyen de chambres respiratoires, et la présence de capteurs de position ou de poids permet de mesurer, en continu, les activités motrice et alimentaire des animaux. Pour réaliser ce type d'expériences, les animaux étaient nourris à volonté et placés à intervalles réguliers prédéfinis, en fonction de leur stade de croissance, en cage individuelle de digestibilité, afin de réaliser des bilans métaboliques complets. Il ressort au final de ce travail que l'effet thermique du repas dépend principalement de sa teneur en

¹³ Directeur de Recherches

¹⁴ Chargé de Recherches

¹⁵ Equivalent Temps Plein

énergie digestible et que ce sont les porcs de race Meishan qui produisent le moins de chaleur lorsque les animaux sont mis à jeun (production du métabolisme de base). Nos travaux ont montré que la production de chaleur, lorsqu'elle est exprimée par unité poids métabolique, non pas définie avec un exposant de 0,65 comme chez l'adulte mais de 0,50 plus adapté chez l'animal en croissance ($PV^{0,5}$ au lieu de $PV^{0,65}$), est indépendante du stade de développement. L'effet thermique du repas représente 18 % du total de l'énergie digestible ingérée en moyenne, et est plus élevé chez les porcs de race Meishan. Les différences de valeur de quotient respiratoire (VCO_2/VO_2) entre les races ont aussi montré des liens avec le niveau d'ingestion et la nature du gain corporel. Ces travaux, initiés lors de la réalisation de ce DEA, ont ensuite été poursuivis par différents chercheurs, notamment dans le cadre d'un séjour d'une année de J Bernier, professeur à l'Université Laval (Québec) au sein de l'unité. Ils ont fait l'objet de communications écrites et orales (C1.7 ; C1.9).

C.3. Travaux réalisés de 1994 à 2005 : maîtrise de la reproduction et de la production chez le porc

Dès le début des travaux de thèse, la plupart de mes travaux de recherche se sont focalisés sur l'adéquation entre l'optimisation des performances des animaux et le fonctionnement de l'élevage, en s'intéressant plus particulièrement à l'élevage des jeunes. D'abord centrés sur la cochette, mes travaux se sont ensuite orientés vers l'animal adulte (truie).

C.3.1. La maîtrise de la mise à la reproduction des jeunes reproducteurs

La maîtrise de bonnes performances chez la truie passe par une mise à la reproduction adéquate des futurs reproducteurs. Or, celle-ci répond à plusieurs impératifs et notamment une préparation suffisante, correspondant notamment à :

- une bonne adaptation des animaux à leur nouvel environnement ;
- une croissance suffisante répondant à des objectifs pré-déterminés d'âge à la 1^{ère} mise bas (1 an) ;
- une durée de vie non-productive avant reproduction suffisamment courte pour être rentable du point de vue économique.

A partir de l'analyse des résultats collectés en élevages et disponibles dans la base nationale de données de la GTTT¹⁶, nous avons pu montrer que l'âge à la 1^{ère} mise bas permettant d'optimiser la carrière de la truie se situe aux alentours de 365 jours. Dans le cas d'une mise à la reproduction plus précoce (< 355 j), la moindre prolificité des truies en 1^{ère} portée est contrebalancée par un allongement de leur carrière, aboutissant à un nombre de porcelets produits équivalent. Retarder l'âge à la 1^{ère} mise bas ne se justifie donc pas des points de vue technique et économique (C1.2). Du point de vue physiologique, une mise à la reproduction dès la 1^{ère} chaleur détectée se traduit par une baisse de prolificité importante. Néanmoins, dès la 2^{nde} portée, ces différences initiales ont disparu. Inversement, retarder fortement la mise à l'insémination en attendant plusieurs cycles estriens, se traduit par une augmentation de la prolificité des truies (C1.6). Dans ce cas, on observe que la prolificité en 2^{nde} portée est réduite. Ce phénomène, parfois connu sous le nom de « syndrome de la 2^{ème} portée », ne s'observe que chez les truies les plus prolifiques en 1^{ère} portée. Il serait alors en fait plus correct de parler de « syndrome de 1^{ère} portée », puisque c'est la taille de la 1^{ère} portée, en raison du nombre élevé de cycles estriens avant la mise à la reproduction, qui est anormalement élevée. En 2^{nde} lactation, l'insémination est fécondante dans 90 % des cas sur la

¹⁶ GTTT : Gestion Technique des Troupeaux de Truies

1^{ère} chaleur détectée après tarissement. Attendre un cycle estrien supplémentaire n'améliore que très peu la prolificité des truies. Pour les éleveurs et les techniciens en charge du suivi des ateliers de production, retarder l'âge à la mise à la reproduction est néanmoins le moyen d'obtenir un développement corporel plus important, jugé plus propice à l'optimisation des différents critères de reproduction. En cas de réformes ou de ventes précoces, fréquentes en 1^{ère} et 2^{ème} lactation, cela permet aussi d'augmenter les gains économiques pour l'éleveur, en raison d'une meilleure rémunération d'animaux plus lourds et disposant d'une teneur en viande maigre plus élevée.

Nos travaux ont aussi confirmé que quelle que soit la parité de la truie, la taille de la portée peut varier en fonction de la durée de l'intervalle entre le sevrage et le moment de l'insémination fécondante (figure 1).

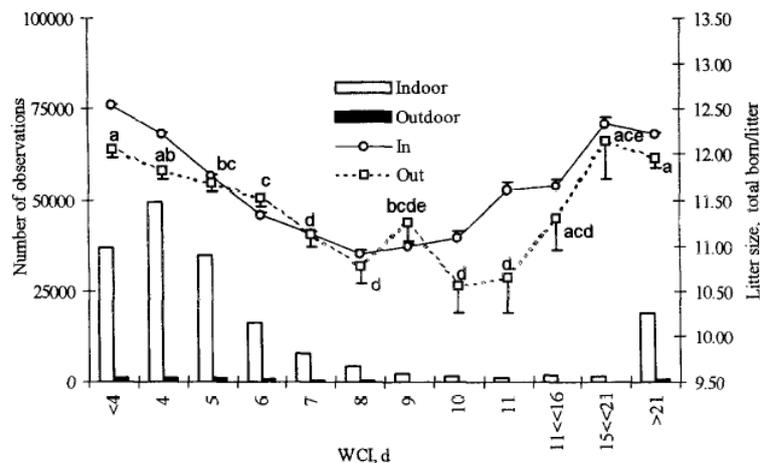


Fig. 1. Effect of outdoor or indoor management and weaning-to-conception interval (WCI) on subsequent litter size (LSmeans \pm sem). (For outdoor sample, means with the same letters did not differ at $P < 0.05$).

Figure 1. Effet de la durée de l'intervalle sevrage-fécondation sur la taille de portée suivante des truies (issue de C1.1).

Une baisse de 1,5 porcelets nés vivants est observée en moyenne lorsque la durée de l'intervalle sevrage-IA passe de 5 à 9 j, par rapport à des durées < 5 j ou > 10 j. Devant une telle baisse et en absence d'effet lorsque cet intervalle est supérieur à 22 j, on peut se demander si ne pas inséminer à la 1^{ère} chaleur détectée. Selon nos analyses, attendre un cycle estrien complet (21 j) ne serait pas une solution intéressante pour retrouver une taille de portée non pénalisée. Nos approches ont permis de démontrer que, outre les risques sanitaires liés au changement de bandes des truies, le gain en termes de nombre de porcelets, s'il est réel, ne permettait pas de compenser la perte économique liée à l'augmentation de la durée improductive supplémentaire et les coûts qui en découlent (alimentation, utilisation des salles...).

Lorsque la vitesse de croissance des cochettes est ralentie par une restriction alimentaire (80 % du niveau libéral), on observe un léger retard de l'apparition de la puberté (+ 5 j) associé à un poids vif et une adiposité plus faibles (C1.5). Néanmoins, à 240 j d'âge, âge auquel les cochettes sont traditionnellement mises à la reproduction dans les élevages commerciaux, le pourcentage d'animaux ayant présenté au moins une chaleur ne diffère pas entre les deux conduites alimentaires (animaux nourris à volonté ou de manière restreinte). De plus, si les cochettes sont mises à la reproduction immédiatement après la 1^{ère} chaleur détectée (i.e., à la puberté), la taille de la portée qui en résulte est réduite par rapport à celle d'animaux mis à la

reproduction après la 3^{ème} chaleur observée. Au final, les performances, estimées par le nombre de porcelets nés vivants et/ou sevrés par portée cumulé sur les deux premiers cycles de reproduction, diffèrent peu, y compris pour les truies recevant 80 % du niveau libéral en croissance. Ces résultats, complétant ceux obtenus lors de l'analyse des bases de données, permettent de conclure que les effets négatifs initiaux observés chez la cochette mis à la reproduction précocement sont en partie contrebalancés par de bonnes performances au cours de la carrière et par une durée de vie improductive plus faible.

Les analyses effectuées sur le plasma de truies cathétérisées montrent que les truies les plus grasses présentant une plus faible ingestion d'aliment ont des taux circulants en acides gras non estérifiés plus élevés (C1.3 ; C1.4). Il est difficile de conclure si cette valeur plus élevée est la cause ou la conséquence, plus ou moins indirecte, de la baisse d'appétit. Un état d'engraissement excessif est aussi connu pour être pénalisant sur le bon déroulement de la mise bas et l'ingestion ultérieure (C1.8). Néanmoins, l'étude des variations de métabolites et d'hormones autour de la parturition ne permet pas de conclure sur l'existence d'éventuels liens avec l'état corporel des animaux.

Lorsque l'on raisonne au niveau de l'atelier et pas seulement au niveau de l'animal, il est important de considérer la longévité des femelles, i.e. leur durée de vie (productive). On peut ainsi s'interroger sur la capacité des truies actuelles à maintenir leur productivité sur le long terme, en raison notamment d'une diminution de leurs réserves corporelles en réponse à la sélection sur la croissance du tissu maigre pratiquée chez le porc. En réalisant un suivi dans 15 élevages de Bretagne, nous avons montré que les taux de réforme sont effectivement plus élevés en fin de 1^{ère} et 2^{ème} lactation, lorsque les niveaux de réserves corporelles de la truie sont faibles à la mise à la reproduction. A partir de la 3^{ème} mise bas, la cinétique de renouvellement des animaux est équivalente, quel que soit le niveau de réserves initial. Nous avons pu estimer qu'un minimum de 14,5 mm d'épaisseur de lard dorsal est nécessaire à la mise à la reproduction pour assurer une carrière optimale. Néanmoins, cette valeur individuelle d'adiposité corporelle doit aussi être adaptée en fonction de la génétique, et des conditions d'élevages. En effet, 20 ans auparavant, on estimait que cette valeur était proche de 21 mm. La nature du régime est sans doute également à prendre en compte. L'absence de données sur la période de croissance ne permet pas de conclure si l'état des réserves au moment de la mise à la reproduction est plus important que la cinétique de croissance la précédant, même si les deux phénomènes sont intimement liés.

Ainsi, l'ensemble de nos travaux réalisés à partir de données issues de bases nationales, d'élevages de production et/ou expérimentaux démontre que l'âge à la mise à la reproduction et le niveau d'alimentation alloué aux cochettes ont une incidence sur la physiologie de la truie. En revanche, ils ont peu ou pas de conséquence sur les performances techniques (nombre de porcelets sevrés par truie, par exemple) de l'atelier et la longévité de la truie (après trois portées). Ils influencent le taux de réforme après 1 à 2 portées, et peuvent donc être importants à considérer pour les élevages pratiquant une politique de mise à la réforme précoce des femelles (élevages de sélection et multiplication notamment). Il semblerait au final que tout se passe comme si, chez les animaux modernes sélectionnés sur des critères de production maximale mais disposant d'assez peu de réserves lors du démarrage de leur carrière productive, les femelles reproductrices étaient capables de pleinement réaliser un ou deux cycles de production et/ou de reproduction seulement. Ceci est toutefois insuffisant pour une carrière optimale et il convient alors d'être particulièrement vigilant sur le bon déroulement des premières lactations, tout en essayant d'anticiper les suivantes afin d'optimiser la carrière.

En raisonnant élevage et pas seulement individu (i.e. truie) comme nous l'avons vu précédemment, l'âge optimal de la mise à la reproduction varie aussi selon la politique globale de l'élevage. Nos travaux ont ainsi montré que l'âge optimal de 365 j pour une première mise bas pouvait être pénalisant si on classait les élevages en fonction de l'âge aux 1^{ères} inséminations et mises bas, et de la variabilité de ces critères au sein des élevages (figure 2 ; C1.2).

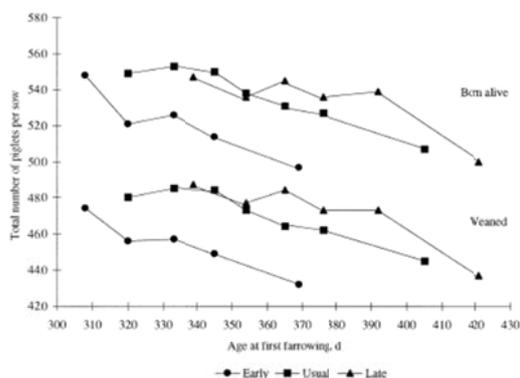


Fig. 1. Effect of age at first farrowing and herd management on total number of piglets born or weaned during the life span (mean values).

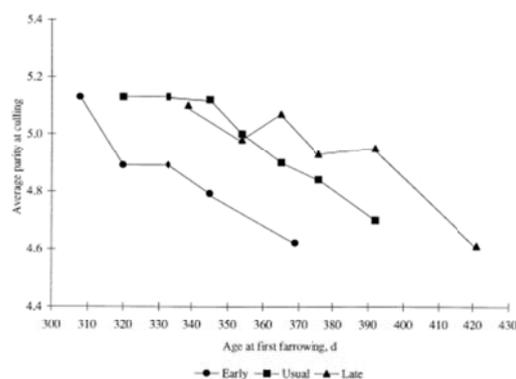


Fig. 3. Effect of age at first farrowing and herd management on average parity at culling (mean values).

Figure 2. Effet de l'âge à la première mise bas, en fonction de la stratégie d'élevage, sur le nombre de porcelets sevrés au cours de la carrière et le nombre de portée à la réforme (issue de C1.2)

Notre procédure de classification a permis de distinguer 3 classes d'élevages, appelés « Early », « Usual » et « Late », avec respectivement, des âges moyens à la 1^{ère} mise bas de 355, 370 et 385 j. Alors qu'un âge de 365 j est très intéressant en termes de performances et longévité pour les animaux du groupe « Usual », il ne l'est pas pour les truies des groupes « Early » et « Late ». Ceci montre une nouvelle fois qu'il est donc important de bien prendre en compte l'animal au sein de son élevage et ne pas le considérer indépendamment de celui-ci. Les pratiques d'élevages et/ou des génétiques différentes, ainsi que leurs possibles effets sur les performances, sont donc des critères essentiels à ne pas négliger.

C.3.2. La gestion du progrès dans les élevages

Optimiser les performances de production des truies

Quelle que soit l'espèce, au sein d'un élevage, la productivité des animaux dépend essentiellement des choix de reproduction et du succès de celle-ci : sa bonne maîtrise chez la truie permet d'avoir un nombre de porcelets sevrés par an maximal. La productivité des truies varie en partie avec la durée de lactation et donc de manière indirecte, du choix de la conduite utilisée (nombre de bandes, durée de l'intervalle entre bandes). Elle dépend aussi des caractéristiques et capacités des bâtiments d'élevage, sans oublier les choix des éleveurs. Alors que cela n'avait pas été observé par le passé, nos résultats montrent que les performances ne varient pas de façon linéaire avec la durée de lactation. En effet, l'analyse effectuée à partir des données de GTTT a montré l'existence de deux optima, correspondant aux deux âges au sevrage rencontrés le plus fréquemment (21 jours dans la plupart des élevages de grande taille adoptant une conduite en bandes à la semaine et 28 jours pour la plupart des autres élevages et conduites) (C1.1). Ceci illustre bien la nécessité de prendre en

compte le fonctionnement de l'élevage pour comprendre et analyser les performances des animaux.

Si la taille de la portée à la naissance est un facteur important permettant d'expliquer les différences de performances entre élevages, le nombre de porcelets sevrés l'est encore plus. Au sein d'une bande de truies, il dépend non seulement du nombre de porcelets nés, mais également de la gestion des porcelets au sein de cette bande. Les progrès de prolificité, réalisés à la suite de l'introduction de lignées hyperprolifiques dans les élevages, sont tels que les décisions de gestion deviennent toutes aussi importantes que la physiologie même de la truie et/ou celle des porcelets. Devant un nombre de porcelets parfois largement supérieur au nombre de tétines fonctionnelles disponibles, les adoptions et/ou le sevrage précoce doivent être envisagés. En l'espace de 10 ans, de 2002 à 2012, le nombre de porcelets par portée s'est accru de 12,4 à 13,3 nés vivants. Dans le même temps, le taux de pertes entre la naissance et le sevrage a aussi augmenté, passant de 12,6 à 13,3 %, alors que le pourcentage de pertes entre le sevrage et l'abattage tend à se stabiliser (environ 6 %). Nos études montrent que l'augmentation de la taille de la portée s'est traduite par une diminution du poids moyen individuel du porcelet et une hétérogénéité plus grande de la portée. Mais, contrairement à ce que l'on pouvait penser, cette hétérogénéité plus grande n'est pas seulement due à une plus forte présence de porcelets de faible poids. Elle s'explique aussi par une augmentation du nombre de porcelets de poids importants. Les conséquences de cette évolution sont nombreuses et diverses, puisqu'elles touchent par exemple, la composition en fibres des muscles (tableau 1 ; C1.12).

Table 4
Muscle histological traits (means±standard error of the means) at market weight in pigs with a heavy birth weight (HBW, n=10) or a light birth weight (LBW, n=9)

Traits	Birth weight group		Statistics
	HBW	LBW	P<F ^a
<i>Longissimus lumborum muscle</i>			
Myofiber mean CSA ^b (μm ²)	4726±261	5655±317	0.04
Fiber type composition (%)			
Type I	11.4±1.1	9.2±0.9	0.20
Type IIA	5.8±1.0	5.2±0.7	0.68
Type IIB	82.8±1.4	85.6±0.8	0.12

Tableau 1 : exemple de l'importance du poids de naissance sur la composition musculaire des animaux à l'abattage (d'après C1.12).

Or, la taille et la composition des fibres influencent les qualités gustatives du produit fini. Les travaux de recherche et les programmes de sélection ont depuis permis de réduire cette variabilité, ce qui devrait se traduire par une plus grande homogénéité des porcelets à la naissance et par conséquent, à la vente (à âge de vente égal car aujourd'hui, la gestion des départs en fonction des poids permet de limiter cette variabilité, mais ne facilite pas nécessairement le travail de l'éleveur).

Gérer les risques de mortinatalité et de mortalité

Nos travaux ont permis de mettre en évidence l'existence de facteurs de risques statistiques, tant sur la mortinatalité que sur la présence de porcelets morts *in utero*, reconnaissables au moment de la mise bas sous forme de momies lorsque la mort est antérieure de plusieurs jours à la parturition. Même si les porcelets mort-nés sont en moyenne plus légers que les porcelets nés vivants, le poids de naissance n'apparaît pas être un facteur de risque important de

mortinatalité, pas plus que le sexe des animaux. Le rang de naissance du porcelet au sein de sa portée intervient sur ce critère, mais il ressort surtout de ces études que le risque d'observer une mortinatalité importante chez une truie est assez répétable d'une portée à l'autre. Il existe ainsi de fortes probabilités pour qu'une truie donnant naissance à des porcelets mort-nés à la portée (n) produise également des porcelets mort-nés à la portée (n +1). Parmi les facteurs permettant de limiter ces pertes, le facteur humain a un impact positif direct : plus la présence humaine est importante pendant le déroulement de la mise bas, moins les risques de mortinatalité sont élevés (C1.10). Ceci s'explique surtout par une possibilité d'intervention rapide et efficace des personnes en charge du suivi, permettant par exemple de libérer les porcelets des enveloppes placentaires ou de réanimer certains animaux en détresse respiratoire. En revanche, si le poids de naissance n'a pas d'impact sur la survie du porcelet pendant les 24 premières heures, il influence fortement les pertes avant sevrage et au-delà.

Cependant, l'apport principal de ces travaux est de montrer que la conduite à tenir en fonction du poids de naissance ne peut être raisonnée qu'en fonction de la taille de la portée. Sur la base des performances de 1200 porcelets suivis en élevages expérimentaux, nous avons calculé qu'un porcelet pesant moins 800 g a toutes les chances d'atteindre le poids commercial d'abattage s'il appartient à une portée de 16 porcelets ou plus. A l'inverse, dans une portée de 10 porcelets ou moins, ses chances de survie sont quasi nulles. L'évolution des pertes avant sevrage a également montré qu'il n'existe pas de relation absolue entre taux de pertes et poids individuel à la naissance. Parmi les points influençant la survie, le confort des porcelets et la bonne prise de colostrum ont également été soulignés (travaux réalisés en collaboration avec J Le Dividich). Nos travaux ont montré que les soins doivent donc être apportés de la même façon à l'ensemble des animaux, sans qu'aucune « euthanasie sélective » ne puisse être recommandée. De plus, et malgré des performances en retrait pour les animaux de faible poids à la naissance, le fonctionnement de l'élevage et/ou la qualité de la carcasse ne sont pas (ou peu) affectés. Les simulations technico-économiques issues de ces travaux montrent que l'option la plus favorable est de garder le maximum de porcelets sous la mère (au lieu de les sevrer précocement) et de construire les places manquantes (au lieu de vendre ou d'engraisser à façon le surplus de porcs). Quelle que soit la situation, l'introduction des truies hyperprolifiques en élevages de production est incontestablement un plus au niveau de la compétitivité des élevages (C2.1).

La gestion des anomalies et des pathologies

La mise en place de l'hyperprolificité est néanmoins concomitante au développement d'anomalies en élevages, notamment les hernies inguinales et abdominales. Une enquête auprès d'une vingtaine d'éleveurs et un suivi rapproché dans 8 élevages de production a permis de montrer que la plupart des critères zootechniques (prolificité, poids du porcelet, parité de la truie...) n'ont pas d'effet sur l'apparition des hernies inguinales. Nos résultats n'ont pas mis en cause l'hyperprolificité comme facteur de risque, mais ils indiquent, en complément des données bibliographiques, que la voie génétique est sans doute à privilégier pour limiter la prévalence des hernies inguinales. Si la castration précoce (vers 3 à 4 j d'âge) permet de diminuer le nombre de hernies inguinales par rapport à une castration plus tardive (14 j), elle se traduit par des taux de pertes plus importants. Il est vraisemblable que le manque d'habitude et/ou des précautions sanitaires sans doute insuffisantes pour des animaux aussi jeunes expliquent ces derniers résultats. Là encore, le principal apport de nos travaux est de démontrer non seulement l'importance de l'individu (poids de naissance par exemple), mais aussi l'importance d'autres paramètres comme la structure de la portée (taille, écart-type

des poids vif individuel sex-ratio), les pratiques d'élevage (soins apportés aux animaux, temps de présence humaine notamment) ou la génétique (lignée sino-européenne ou classique).

Le développement de l'hyperprolificité dans les élevages s'est aussi traduit, lors de son introduction, par un moindre respect de certaines règles de base de zootechnie. Parmi les points néfastes, on peut noter l'augmentation de la fréquence des mélanges de porcelets intra- et inter-bandes, ou le non-respect des règles de chargement (i.e., densité de porcelets par m²). Or, en considérant le cas particulier de la MAP¹⁷, nos travaux ont confirmé le risque sanitaire très élevé pour la santé des animaux que présentait une telle pratique, avec une non-protection immunitaire de certains porcelets adoptés par des truies potentiellement à risques. L'hétérogénéité de statut immunitaire des animaux vis-à-vis du PCV2 (Porcine CircoVirus de type 2, virus responsable de la MAP) peut être importante au sein d'un même troupeau et est connue pour être un facteur de risque important quant à l'apparition de cette maladie. C'est pourquoi, certains spécialistes préconisent une vaccination systématique de l'ensemble du troupeau, afin d'obtenir un statut immunitaire global plus homogène. Malgré son coût relativement élevé, cette solution s'avère être assez efficace. Mais elle ne doit pas cacher des défauts de fonctionnements et/ou de conduites de l'élevage qui risquent tôt ou tard d'être de nouveau pénalisants pour l'éleveur.

C.3.3. Vers un changement d'échelle et l'approche « multicritères »

La plupart des études publiées s'intéresse le plus souvent à un ou plusieurs aspects particuliers des performances de production des truies (nombre de porcelets nés vivants, sevrés, longévité...). Bien que ces approches analytiques soient nécessaires, elles ne sont pas suffisantes pour appréhender la situation réelle des élevages, qui doit être cernée dans sa globalité. Les résultats d'une enquête réalisée sur l'infertilité des truies en été auprès de 94 éleveurs ont mis en évidence que le facteur humain et une mauvaise mise en application des principes de base de la gestion de l'élevage sont responsables de la grande majorité des problèmes de fertilité observés (C2.2). Plus que la physiologie propre de l'animal, la manière de réaliser les « fondamentaux » de l'élevage (disponibilité ou spécialisation de la main-d'œuvre, suivi des chaleurs, gestion des semences, ambiance dans les bâtiments, adaptation des pratiques alimentaires à la saison et à l'état de la truie, hygiène générale de l'élevage...) est toute aussi importante. Nos travaux ont permis de mettre au point une grille identifiant 30 items à considérer pour évaluer les risques d'infertilité d'été en élevages, devant permettre une sensibilisation efficace de l'ensemble des acteurs de la profession à l'optimisation de la conduite. Ces approches globales multicritères, seulement initiées lors de mon activité à l'EDE, se sont développées depuis de manière importante au sein des activités de la recherche appliquée.

C.3.4. Faire face à l'évolution des contextes réglementaire, social, sociétal, environnemental... et les systèmes de production

Outre l'apparition de l'hyperprolificité, les années 2000 ont aussi été marquées par l'évolution de l'environnement social et économique de l'élevage : main d'œuvre salariale plus importante dans les élevages, mise en place des 35 heures, développement de l'engraissement à façon, mise en place de maternités collectives (i.e. ateliers de « naissages collectifs »)... Une évolution majeure concerne également le changement de réglementation autour du bien-être animal. Pour faire face et mieux comprendre ces changements, nous avons créé un réseau

¹⁷ MAP : Maladie de l'Amaigrissement du Porcelet

de 40 exploitations inscrites dans la durabilité, selon une méthodologie « à dire d'experts ». Nos études, essentiellement descriptives dans un premier temps, ont permis de mieux cerner le fonctionnement d'exploitations avec ou sans salarié, avec ou sans production animale autre que le porc, les différentes approches en terme d'environnement, de gestion de la main d'œuvre... Ces travaux ont été réalisés pour partie dans le cadre du programme national de recherches « Porcherie Verte ». Dans une deuxième phase, une méthodologie prenant en compte les contraintes actuelles et à venir, les attentes sociétales et de l'éleveur... a été mise en place, afin d'accroître les chances de réussite et de durabilité des exploitations porcines à l'avenir. Dans un contexte général changeant, cette recherche d'une meilleure durabilité des exploitations est primordiale, quelle que soit la filière de production considérée. En effet, la demande accrue de matières premières à des fins alimentaires a longtemps répondu à l'augmentation de la population mondiale. Aujourd'hui, cette demande doit aussi faire face à l'émergence et la concurrence de nouveaux acteurs, notamment venus de l'industrie, telles que ceux des filières d'agro-carburants. Cette évolution a entraîné une concurrence forte sur les matières premières, fatales (en complément d'autres facteurs) à certaines des productions initialement identifiées comme durables. Certains systèmes ne se sont donc pas maintenus dans le temps, faute de débouchés et/ou en raison de coûts de production élevés notamment. Les éleveurs concernés étaient essentiellement des éleveurs orientés vers des productions à haute valeur ajoutée (porcs « bio » ou Label Rouge fermier). L'absence de filière clairement identifiée, courte ou non, ainsi qu'une inadéquation du produit par rapport à l'attente du consommateur, expliquent aussi en grande partie ces échecs. Mais on peut également se questionner sur la démarche scientifique initiale et son adéquation par rapport aux questions posées.

En ce qui concerne l'évolution du bien-être animal, nous avons étudié l'impact de la non-section des dents des porcelets sur leur santé et celle des truies (C1.11). La section précoce et quasi systématique des dents est pratiquée en élevage depuis le développement de la production dans les années 60-70. Elle trouve sa justification dans le fait que les porcelets, alors sevrés à 42 jours d'âge ou plus, provoquaient de fortes lésions sur les mamelles, sources de nombreuses complications. La législation actuelle interdit la section des dents après 7 jours d'âge et l'éleveur, s'il la réalise, doit apporter la preuve que d'autres mesures alternatives se sont révélées inefficaces. Néanmoins, elle est encore très souvent réalisée de manière systématique, même si l'âge au sevrage varie aujourd'hui de 21 à 28 jours en général. Nos essais réalisés dans 6 élevages de production ont permis de montrer qu'il était possible de ne plus sectionner ou de limer systématiquement les dents, sans préjudice majeur pour la truie et les porcelets (figure 3).

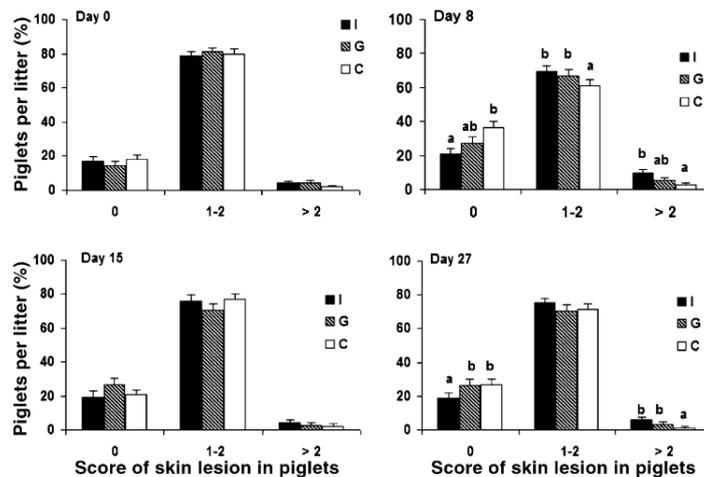


Fig. 2. Influence of tooth resection on the percentage of piglets within each class of skin-lesion score (a, b, c indicate significant differences between groups at $P < 0.05$) (I: intact teeth; G: ground-off teeth; C: clipped teeth; error bar = 1 S.E.M.; six farms, France, 2003).

Figure 3. Influence de la section (coupe ou limage) ou de la non-section, sur les blessures corporelles des porcelets (issue de C1.11).

Cette pratique peut néanmoins se justifier dans certains cas : inflammation de la mamelle entraînant une gêne chez la truie, porcelets agressifs et/ou trop nombreux... Ces études, notamment via les mesures des niveaux de cortisol dans le sang des porcelets et l'analyse morphologique des dents intactes, limées ou sectionnées, ont confirmé l'effet traumatisant (stressant) de certaines de ces pratiques pour le porcelet. En pratique, 4 des 6 éleveurs avaient abandonné cette pratique de coupe systématique des dents à la suite de l'essai réalisé, mais la plupart continuaient à l'utiliser occasionnellement et au cas par cas.

Enfin, les attentes de la société envers les éleveurs évoluent, mais la considération de ces derniers envers leurs concitoyens également, comme l'illustre les travaux menés dans le cadre du projet SPADD¹⁸, démarré en 2007. Certains travaux m'ont permis de faire le lien entre les activités des années pré-2006 et celles de la période post-2006. En croisant l'intégration sociale des exploitants avec leur conception de l'environnement, on s'aperçoit que plus l'exploitant est inséré dans des réseaux sociaux (essentiellement les réseaux familiaux, de voisinage et communaux), plus il a tendance à prendre en compte les qualités environnementales de son exploitation dans ses décisions (C2.3). En revanche, l'inscription principale dans des réseaux professionnels et le fait que l'exploitant définisse le milieu naturel en fonction de ses qualités productives jouent comme des obstacles à la prise en compte des qualités environnementales dans la conduite de l'exploitation. Sauf si l'exploitant y voit des opportunités pour augmenter la viabilité de son exploitation (C2.5).

C.3.5. Conclusion sur les années 1994 à 2005

Au cours de ces 12 années, l'espèce porcine a été au cœur de mes activités de recherche et de développement. J'ai eu l'opportunité (et la chance) de pouvoir appréhender la plupart des domaines de recherches : reproduction, nutrition, bien-être... mais aussi, de m'intéresser à l'animal, de sa naissance à sa mort. Les différentes approches mises en œuvre (analyses de grandes bases de données, essais sur animaux préparés chirurgicalement, sur des lots d'animaux ou sur un troupeau entier) m'ont permis de comprendre les limites et intérêts de ces changements d'échelles. La réalisation de suivi de réseaux, d'enquêtes ouvertes ou semi-

¹⁸ SPADD : Système de Productions Animales et Développement Durable

directives en élevages ou auprès de techniciens, m'a aussi permis d'acquérir de multiples compétences en terme d'approche.

C.4. Focus sur les travaux réalisés de 2006 à 2013 : génisses laitières et performances

Mon arrivée à AGROCAMPUS-Ouest s'est traduite, comme évoquée précédemment, par un changement important dans les activités de recherches. Les travaux engagés précédemment se sont achevés pour la plupart quelques temps après ma prise de fonction et ne seront pas présentés ici (projet SPADD par exemple). Seuls les essais initiés sur le nombre de porcelets sous la mère et l'impact ultérieur sur la fonctionnalité de la mamelle n'ont pas été poursuivis, à mon grand regret, puisque les résultats d'un essai similaire ont été publiés 8 ans plus tard par une équipe nord-américaine... Cette partie C.4. se focalisera uniquement sur les nouvelles activités de recherches développées depuis mon arrivée. La première phase a été de définir précisément le sujet de recherches. Après discussion et échanges au sein de l'unité de recherches d'accueil (UMR Production du lait, intégrée depuis à l'UMR PEGASE), le projet a été validé lors d'un conseil scientifique du département PHASE (PHysiologie Animale et Systèmes d'Élevage), département de recherches de l'INRA auquel l'unité est rattachée.

Les premières activités ont consisté en la réalisation « d'états de l'art » sur le développement de la génisse laitière et ont fait l'objet de synthèses publiées en France et à l'étranger (C1.13 ; C2.4). L'activité de recherches n'a véritablement démarré qu'en 2008 et certains des travaux initiés à l'époque sont actuellement toujours en cours. Dans la suite du rapport, seules les grandes lignes de cette activité de recherche et les premiers résultats obtenus seront développés. Les futurs projets qui en découlent seront présentés dans la partie D de ce rapport.

C.4.1. La phase d'élevage du jeune

L'élevage des jeunes génisses a pour premier objectif d'obtenir de « bonnes vaches laitières », i.e. bonnes reproductrices et bonne productrices, en bonne santé et si possible, au moindre coût. La carrière de ces animaux débute dès la naissance avec la prise colostrale du jeune veau. L'ingestion d'IgG1¹⁹ lors du repas de colostrum constitue la première et seule source de protection immunitaire du veau dans les premiers jours de vie. Pour assurer une bonne couverture immunitaire, nos travaux ont confirmé que l'apport d'un colostrum de bonne qualité immune, en quantité et rapidement, était une condition essentielle, mais non suffisante (C1.19 ; C2.6). En effet, des animaux recevant le colostrum dans de telles conditions n'ont pas systématiquement acquis une couverture immunitaire satisfaisante, estimée par la teneur sérique en IgG1 (seuil de 8 ng/ml). Néanmoins, certains des animaux ayant reçu du colostrum de qualité médiocre (teneur en IgG1 inférieure à 50 ng/ml) ont présenté des teneurs sériques élevées (> 8 ng/ml). Ceci permet de conclure qu'un colostrum de moins bonne qualité peut être très bien valorisé. La forte variabilité rencontrée entre les veaux ou entre les vaches, s'est également retrouvée entre les trayons d'une même mamelle, même si globalement, les variations sont assez faibles (figure 4 ; C1.19).

¹⁹ IgG1 : Immunoglobulines de type 1

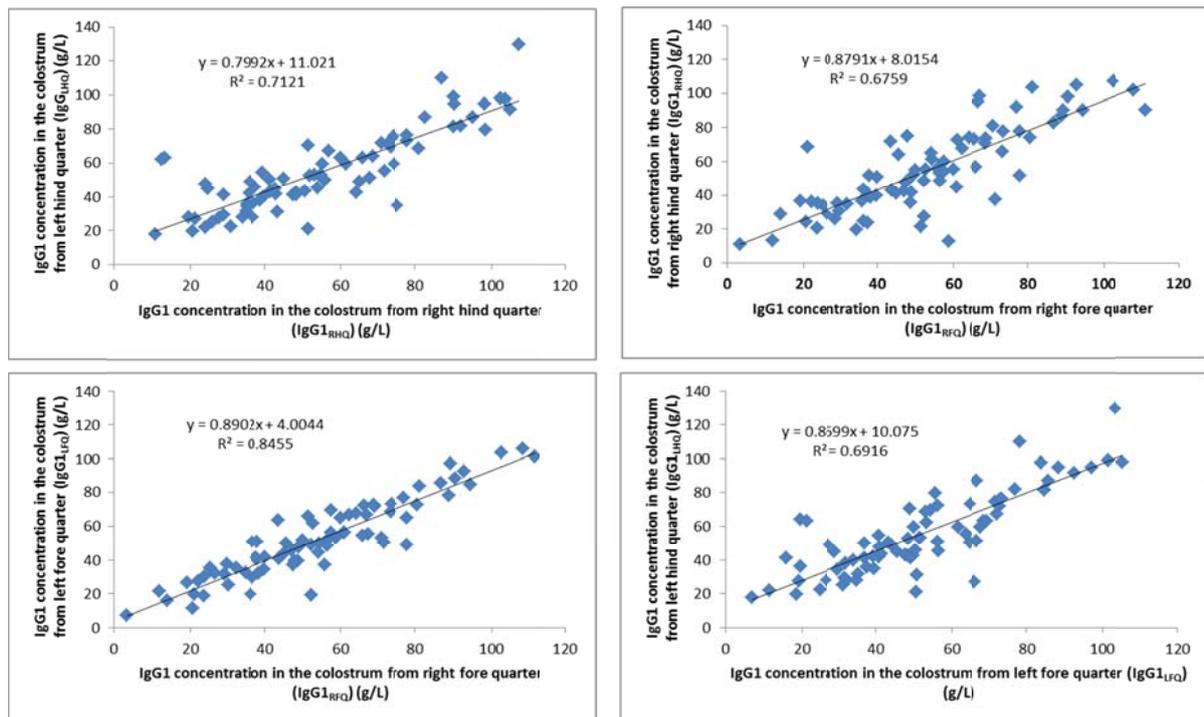


Figure 4. Relations entre les teneurs en IgG1 des différents trayons de la mamelle (issue de C1.19)

Nous avons ainsi pu conclure qu'une traite partielle permettait d'obtenir un colostrum de qualité immune suffisante dans plus de 80 % des cas. Les analyses de la teneur en IgG1 montrent aussi qu'il est possible d'avoir une très bonne estimation de la composition globale du colostrum issu de la mamelle à partir de la détermination en IgG1 d'un seul trayon.

L'ensemble de ces travaux a permis au final de (re)démontrer l'importance de la prise colostrale, les relations complexes entre les niveaux d'IgG1 du colostrum et ceux mesurés dans le sang, ainsi que les multiples sources de variabilités inter- et intra-individuelles. De nouvelles préconisations ont pu être émises. Les conclusions de ces études rejoignent en grande partie celles obtenues lors de travaux précédemment réalisés chez la truie et ses porcelets sur l'importance d'une bonne prise colostrale initiale. Néanmoins, les immunoglobulines du colostrum ne constituent qu'une fraction de sa composition et d'autres études sont nécessaires pour mieux comprendre son rôle. Cette phase fait d'ailleurs l'objet d'un nombre grandissant de publications depuis plusieurs années, ce qui tend à (re)démontrer son importance pour l'élevage et la santé du veau. Cette importance est sans doute à mettre en lien avec la recherche d'une meilleure prévention des troubles de la santé et d'un usage raisonné et réfléchi de certaines molécules en élevages, notamment les antibiotiques.

C.4.2. L'importance de l'âge au 1^{er} vêlage

Les données de la bibliographie chez la génisse confirment l'intérêt de ne pas trop retarder l'âge au 1^{er} vêlage et ceci est d'autant plus vrai chez les races laitières de gabarit important. Néanmoins, la pratique du vêlage groupé, avec 1 ou parfois 2 périodes de vêlage regroupées sur quelques mois au cours d'une année, ne permet pas autant de souplesse qu'en élevage porcin. Avec un vêlage groupé sur une seule période, l'âge au 1^{er} vêlage est de 24 ou 36 mois. Dans le premier cas, les animaux non fécondés à la fin de la période de reproduction sont généralement réformés, venus ou seront inséminés l'année suivante. Ceci représente un coût élevé et illustre l'importance de la bonne maîtrise de la reproduction. Or, une enquête réalisée

dans 447 élevages de l'Ouest de la France a montré que si les éleveurs connaissent l'importance des conditions de vêlage sur les performances à court, moyen et/ou long termes, peu finalement se donne les moyens de réussir efficacement cette phase d'élevage (C1.17).

Une alternative à un vêlage tardif ou repoussé pour les animaux nés en fin de saison de vêlage est d'accélérer leur croissance et de pouvoir ainsi les mettre plus jeunes, mais suffisamment développés, à la reproduction. On obtient au final des âges au 1^{er} vêlage variant de 21 à 22 mois. Longtemps décriée, cette pratique semble aujourd'hui possible et prometteuse, en raison probablement d'une meilleure connaissance des besoins alimentaires des animaux et les évolutions génétiques réalisées depuis plusieurs décennies. Les travaux menés actuellement confirment cette possibilité et semblent montrer que les éventuels effets négatifs d'une croissance très rapide sont limités. Une baisse de la production laitière chez les animaux vêlant dès 21 mois d'âge est effectivement observée (-700 kg de lait sur une lactation environ), mais cette baisse s'explique davantage par un poids vif plus faible au vêlage qu'un effet négatif sur le développement de la mamelle (C1.20). Ramené par unité de poids au vêlage, les effets de l'âge au vêlage disparaissent. Aucun effet n'est observé sur la santé des animaux (mère et veau) au moment du vêlage, ni sur les performances de reproduction ultérieures en 1^{ère} lactation. Ces âges au vêlage précoce ont été obtenus via l'augmentation de la teneur en énergie et en protéines des régimes en phase de croissance. Cette augmentation prolongée a eu aussi pour effet de diminuer l'âge à la puberté (9,4 vs 10,3 mois), sans altérer la fertilité des animaux, favorable à une 1^{ère} mise à la reproduction précoce. L'analyse de la composition corporelle des animaux ne semble pas démontrer d'effet d'une telle pratique sur la constitution tissulaire. L'ensemble de ces résultats, en cours d'analyses et de finalisation, montre qu'une évolution des pratiques d'élevage est possible et sans doute souhaitable. Néanmoins, ces travaux obtenus sur des animaux primipares de race Holstein, devront être confirmés (ou infirmés) sur d'autres races et sur le long terme.

Les résultats obtenus au cours de ces premiers essais montrent aussi que les génisses vêlant tôt (avant 21 ou 22 mois d'âge), moins développées et moins grasses, mangent autant que les génisses plus âgées. Ramenée à l'unité de poids vif, cette consommation est même supérieure. Au final, ces primipares produisent moins de lait, mais en fin de lactation, une grande partie de leur déficit de poids vif initial observé au vêlage a été comblée. Ceci peut peut-être s'expliquer par une répartition différente des nutriments au sein des différents tissus et organes de l'organisme. Une partie des résultats de ces travaux, en cours de rédaction, est présentée sur la figure 5 (non publiée).

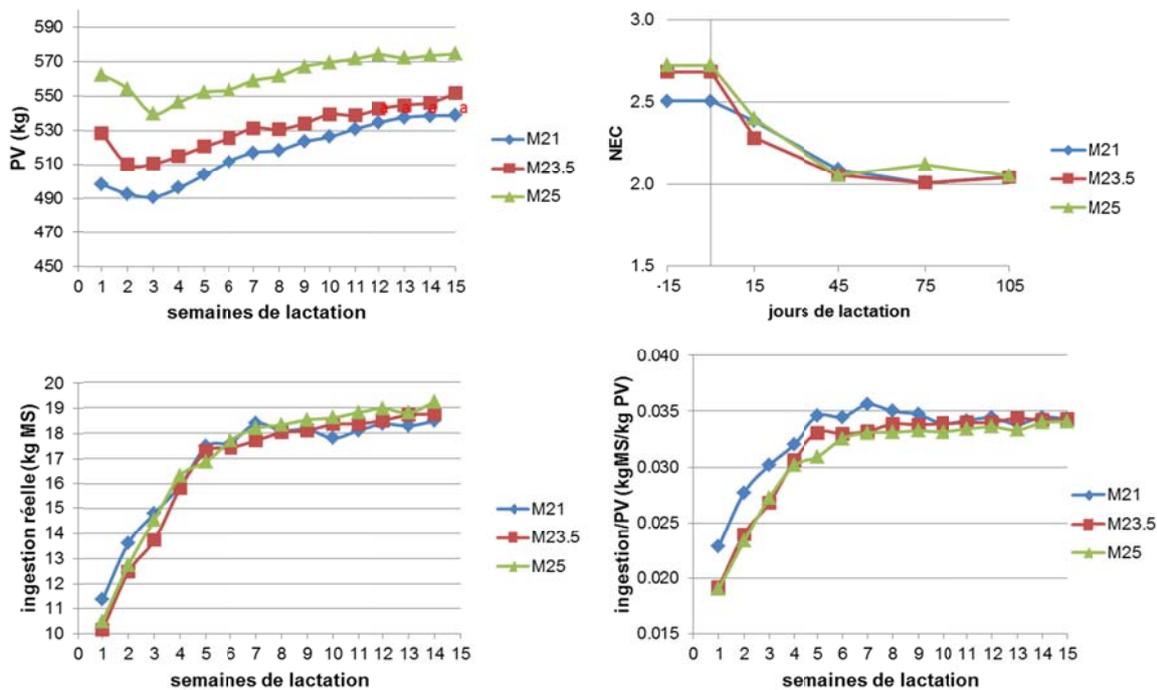


Figure 5. Effet de la classe d'âge au vêlage sur le développement et l'ingestion en cours de 1^{ère} lactation

Une meilleure connaissance de l'utilisation (partition) de l'énergie et des protéines ingérées, ainsi que des mécanismes de régulation impliqués, permettraient de réfléchir également à l'optimisation des rations de ces animaux au moment du vêlage ou immédiatement après. Ces mécanismes semblent se rapprocher du mécanisme de croissance compensatrice observé chez certains animaux en croissance (la croissance des vaches vêlant à 21 mois est plus faible en fin de gestation que celle d'animaux vêlant à 24 mois). Ainsi, une meilleure connaissance du niveau de certaines hormones (GH par exemple) pourraient peut-être apporter des éléments de réponse. Des échantillons de sang collectés sur une partie des animaux au cours de ces essais pourraient peut-être être utilisés pour vérifier au moins partiellement ces hypothèses, avant une éventuelle poursuite des travaux.

Ces phénomènes de croissance compensatrice sont fréquemment utilisés par les éleveurs, afin de limiter les apports de fourrages conservés et de concentrés en hiver, et d'utiliser au mieux ce phénomène à la sortie au pâturage (C1.14). Certains de nos essais (C1.15) ont par contre montré qu'il était important de ne pas trop limiter l'apport hivernal au cours des hivers successifs dans le cadre d'un 1^{er} vêlage à 36 mois, sous peine d'avoir des conséquences négatives en termes de production de lait et de longévité des animaux. L'établissement de lois de réponses permettrait de décrire au mieux ce phénomène, et donc de valoriser au mieux cette capacité d'adaptation des animaux.

C.4.3. Comment étudier la variabilité des trajectoires individuelles ? Mieux appréhender la diversité au sein des élevages

Une des difficultés majeures dans la réalisation d'études longitudinales est de pouvoir appréhender les phénomènes dans leur continuité. Il est en effet probable que cette continuité ait un impact plus ou moins marqué sur les résultats finaux. L'idée ici peut être résumée de la manière suivante : pour aller d'un point A à un point B, différents chemins sont possibles et certains sont sans doute plus intéressants que d'autres, mais pas nécessairement les plus directs. De même, les diverses ruptures observables dans ces courbes, estimables via les

dérivées secondes qui correspondent à des accélérations et/ou des décélérations, sont sans doute d'intérêt car elles peuvent être la réponse à un phénomène biologique passé ou anticiper un éventuel problème (infection par exemple). Les approches classiques par modélisation linéaire sont parfois difficilement utilisables, voire impossibles à mettre en œuvre.

L'utilisation de techniques d'analyses basées sur les splines²⁰ et l'application d'outils développés pour comprendre et analyser les données fonctionnelles devraient permettre de mieux prendre en compte la variabilité individuelle et à terme, de la valoriser. Une première application de ces techniques a permis d'étudier l'impact de la croissance des génisses Holstein, de leur naissance à leur insémination, sur leurs performances en 1^{ère} lactation (C1.18). Trois modèles de splines ont ainsi été testés : b-splines, splines de lissages et splines d'interpolation. La modélisation par splines permet notamment d'obtenir des estimations équidistantes d'une courbe de croissance, ce qui permet d'en estimer l'intégrale par une somme. Cela permet aussi de pouvoir étudier les dérivées premières (vitesses) ou secondes (accélérations) des courbes. Dans notre étude, du fait de la régularité des mesures et l'absence de données aberrantes, le choix s'est porté sur des splines d'interpolation, qui permettent au final de bien prendre en compte la continuité des phénomènes. En complément, différentes méthodes de classifications ont été testées à partir des équations de splines obtenues. L'importance de ruptures au sein des courbes, déterminée à partir des dérivées, a permis quant à elle de distinguer différents profils de courbes.

Nos résultats préliminaires indiquent que plusieurs ruptures en cours de croissance ont des conséquences négatives en terme de production. Des résultats expérimentaux obtenus par ailleurs, confirment ces résultats : des croissances trop faibles, voire négatives, en phases hivernales, se sont traduites par des baisses de production laitière et une longévité moindre (voir précédemment et C1.14; C1.15). Un exemple de transformation possible d'une courbe de croissance quelconque en une série de splines est présenté sur la figure 6.

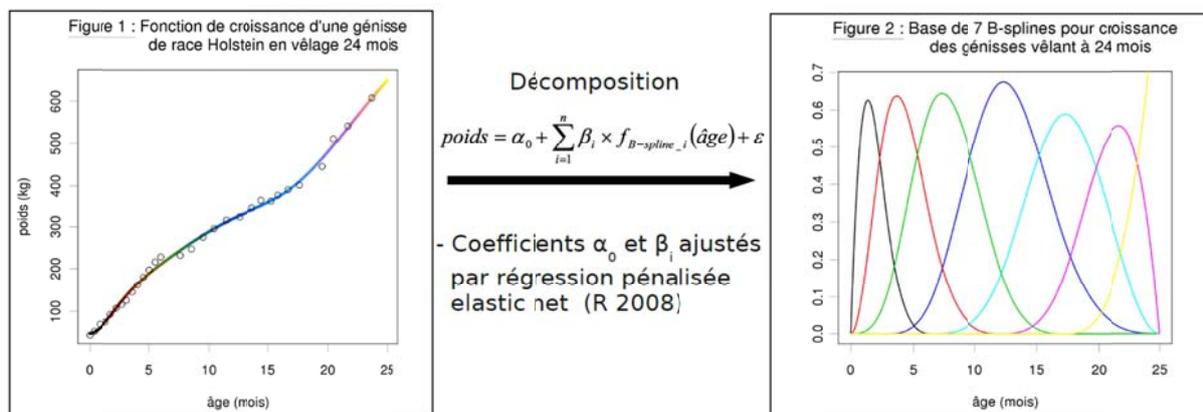


Figure 6. L'équation de la courbe de gauche peut s'écrire : $p = 48 + 18*f_1 + 133*f_2 + 202*f_3 + 278*f_4 + 603*f_5 + 280*f_6 + 3075*f_7$, f_i correspondant à chacune des équations des splines en fonction de l'âge (d'après Vautier et Le Cozler, 2009)

Ces approches nécessitent néanmoins d'être testées sur d'autres bases de données collectées en élevage, sur la croissance, mais aussi sur la lactation. Il serait alors possible de tester par exemple l'importance et/ou l'intérêt des accélérations initiales observées en début de lactation sur les phénomènes de persistance laitière et/ou de venue en chaleur. Il est possible à ce jour de discriminer différents profils de courbes de lactation, mais selon certains auteurs, plus que

²⁰ Rappel : en mathématiques, une courbe spline est une fonction polynomiale par morceaux

le profil, ce sont les accélérations (voir les décélérations) qui seraient à prendre en compte et considérer pour réaliser les analyses. Pour cela, il importe donc de bien modéliser l'ensemble des courbes (et non une courbe moyenne) et de pouvoir travailler sur la variabilité des modèles obtenues.

C.4.4. Conclusion sur les années 2006 à 2013

A la différence de la période 1994 à 2005, les travaux et études réalisées au cours de cette période sont à ce jour moins avancés, en raison d'un « redémarrage » d'activités. La réflexion autour de nouveaux projets de recherche, la découverte d'une nouvelle espèce, la nécessité de créer et de développer de nouveaux réseaux... nécessitent un peu de temps. Mais là aussi, comme au cours de la période précédente, j'ai eu la chance de pouvoir mettre en place et tester différentes méthodes d'approche de l'élevage de la génisse laitière, en m'appuyant efficacement sur les équipes de recherches et d'enseignement de l'UMR PEGASE et de l'UP SPA, ainsi que sur de nombreuses collaborations extérieures (autres UMR, Institut de l'Élevage, Chambres d'Agriculture...).

C.5. Conclusion sur les activités de recherche

Depuis le début de mes activités dans le monde de la recherche, j'ai été amené à travailler sur différentes espèces et types d'animaux. Les approches, très variées, m'ont permis d'acquérir de nombreuses connaissances et compétences, tout en développant un réseau relationnel utile, tant au niveau de la recherche qu'au niveau de l'enseignement. L'apparente dispersion est de fait un véritable atout et je souhaite garder cette ouverture d'esprit et cette curiosité à l'avenir. Ceci se retrouve d'ailleurs dans le projet de recherches que je vais maintenant développer.

D. PROJETS DE RECHERCHES

Ecrire et développer un projet de recherches, notamment sur le long terme, n'est pas chose aisée, en raison des nombreuses incertitudes (financement notamment) pour le futur. En fonction des réponses obtenues lors d'appels à projets de plus en plus contraints, les priorités, voir les thématiques, peuvent évoluer. Néanmoins, j'ai choisi de développer ce projet suivant trois niveaux, qui reflètent un peu trois échelles de temps, i.e. le court, le moyen et le long terme, sans nécessairement prendre en compte toutes ces incertitudes.

« La génisse est l'avenir de l'élevage ». Malgré l'importance reconnue de la phase d'élevage, les moyens mis en œuvre pour la réussir ne sont pas toujours à la hauteur de l'enjeu, quel que soit le pays considéré (Pays-Bas, Mourits *et al*, 2000 ; Suède, Pettersson *et al*, 2001 ; USA, USDA, 2008 ; Canada, Vasseur, 2010 ; France, Le Cozler *et al*, 2012). Néanmoins, l'apparition de nouveaux outils de suivi (imagerie, pesées en continu...) et de pratiques (délégation de l'élevage des jeunes par exemple) vont probablement (re)mettre cette phase de la vie des vaches laitières à sa juste place.

Les études sur les effets des conditions d'élevage des génisses mettent en œuvre différentes méthodologies : enquêtes, méta-analyses, essais en station(s) et/ou élevage(s)... Ces approches et méthodes ont fait leurs preuves et continueront d'être pertinentes. Mais l'émergence de **bases de données de plus en plus complexes et volumineuses**, nécessite de réfléchir à de **nouvelles approches d'analyses et de méthodologie**, tout en offrant de nouvelles perspectives d'études. **La prise en compte de l'information contenue dans l'évolution des paramètres observés** s'avère tout aussi cruciale que les valeurs cibles ou à âge-type, mais elle est difficile à analyser. Une partie des activités sur lesquelles je souhaite pouvoir axer mes travaux de recherche futurs est donc liée à des approches méthodologiques d'analyses de données (D.1.).

Pour autant, **une meilleure connaissance de l'impact des conditions d'élevages sur la physiologie et les performances des animaux** est toujours nécessaire. Les conditions d'élevages, la génétique, les besoins des animaux... ont évolué. Outre les questionnements autour de l'adaptabilité des animaux aux systèmes d'élevage (ou l'inverse), **le « séquençage » de la phase d'élevage** et de ses périodes clés doit être (re)précisé. Les conséquences d'un « cadencement » adapté ou non de cette phase d'élevage peuvent être importantes (Ford et Park, 2001 ; Davis-Rinckler *et al*, 2008; Soberon et Van Amburgh, 2011). Pour autant, la multiplication des programmes alimentaires au cours de cette phase ne répond pas pleinement à cette problématique (Terré *et al*, 2009). De nouveaux outils autorisent aujourd'hui d'envisager un suivi plus fin des animaux (santé et reproduction notamment). Ils permettent aussi de mieux gérer les programmes alimentaires en cours de croissance. C'est pourquoi les travaux autour de l'animal, par des approches plus analytiques, me paraissent toujours nécessaires et complémentaires de celles précédemment évoquées. Elles font l'objet des activités que je souhaite aussi développer (D.2.).

Enfin, je pense qu'il est important de pouvoir disposer d'un fil conducteur tout au long du projet (la génisse dans le cas présent, avec des priorités sur les aspects croissance et longévité). Néanmoins, il est aussi important de pouvoir **élargir son champ d'investigations et de recherche**, même temporairement, sur des sujets peut-être un peu éloignés de ceux évoqués précédemment, mais toujours en lien. C'est pourquoi j'ai choisi de présenter brièvement ces aspects lors de la dernière partie de cette section (D.3.).

D.1. Analyses et valorisation des données, « clustering » et « big data »

Au début de l'année 2014, sur une vache laitière équipée de tous les capteurs disponibles, au sein d'un élevage lui-même disposant de toutes les dernières avancées technologiques, il est possible de collecter quotidiennement plus de 30 informations de natures différentes, ponctuellement ou de manière continue (figure 7). Ces informations peuvent être récupérées lors du passage de l'animal à certains endroits (robot de traite ou portique par exemple) et transmises plus ou moins régulièrement (sur des pas de temps pouvant varier de 2 min à 2 h). Elles peuvent aussi être déclinées (moyenne, minimum, maximum, quartier par quartier...). Toutes vont alimenter des bases de données de plus en plus volumineuses et complexes, appelées « Sensor Data » lorsqu'elles sont issues de capteurs et plus généralement, « Big Data ».

Sur l'animal

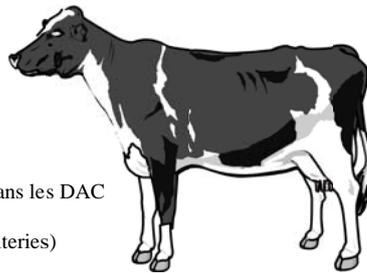
- Identifiant électronique
- Activité/nb de pas (chaleurs)
- Position debout/couché
- Comportement alimentaire : ingestion/rumination
- Position de la queue (vêlages)
- Contractions abdominales (vêlages)
- Géolocalisation dans le bâtiment

Dans l'animal:

- Rumen: température & pH
- Vagin: température (vêlage)

Bâtiment/robot/salle de traite

- Quantité de concentrés distribués dans les DAC
- Poids de l'animal
- Démarche/capteurs de pression (boïteries)
- Débit et temps de traite
- Fréquence de traite
- Intervalle entre les traites



Sur le Lait (capteurs dans le robot ou salle de traite)

- Production
- Conductivité du lait (mammites)
- Couleur du lait
- Dosage de progestérone (chaleurs)
- Dosage de BHB (acétonémies)
- Dosage de LDH (Mammites)
- Composants du lait (TB, TP, lactose, urée)
- Comptage des cellules somatiques

Figure 7. Principales informations pouvant être collectées sur vaches, fin 2013 (source C Allain, communication personnelle)

En parallèle de l'expansion de l'utilisation des capteurs, les capacités de stockage liées aux données collectées ont littéralement explosées. Selon le constructeur IBM, en 2012, chaque jour 2,5 exabytes de données ($2,5 \times 10^{18}$)²¹ étaient générées et stockées dans le monde. Outre les problèmes liés au stockage et les éventuels droits à la propriété de ces données, leurs utilisations et leurs valorisations posent de nouveaux challenges, tout en ouvrant des perspectives d'études originales. La possibilité de coupler des informations issues de différents fichiers (bases) pour des analyses plus globales, à l'échelle de la carrière de l'animal au sein de l'exploitation, en est une. Mais ce travail d'intégration et d'analyse nécessite l'apport et le développement de nouvelles approches, génériques si possibles. Une des utilisations les plus attendues et prometteuses de cette collecte importante d'informations est le **phénotypage à haut débit**, i.e. la mesure de l'ensemble des caractères des animaux de façon standard, répétée et fréquente. Selon Hocquette (INRA), « *les enjeux en sont l'identification précise des marqueurs génétiques liés aux caractères des animaux, la « prévision » des performances en fonction par exemple de l'impact des conditions d'élevage des animaux, et enfin l'élevage de précision, ou comment optimiser l'alimentation des animaux* ». Outre les intérêts en génétique et en alimentation, l'acquisition de ces données présente donc aussi un réel intérêt pour la conduite des élevages.

²¹ "IBM What is big data? — Bringing big data to the enterprise". www.ibm.com. Retrieved 2013-08-26.

D.1.1. Utilisation et valorisation des données d'élevages et/ou fermes expérimentales

Les bases de données collectées en élevages (expérimentaux ou commerciaux) constituent une source d'informations et d'études très riche, mais elles posent des problèmes méthodologiques quant à leur valorisation. Ces informations permettent de suivre l'effet d'un traitement, de pratiques, de caractéristiques particulières... en cours d'élevage (ex : conséquence du poids vif à la naissance sur la carrière ultérieure d'un animal). Elles permettent aussi de « retourner » à l'origine d'un phénomène, et peuvent donc aussi être très utiles en épidémiologie. Elles ne sont pas toutes issues de capteurs utilisés en routine et certaines sont collectées dans le cadre d'études ou de suivis, mais d'autres valorisations, après un travail de vérifications et/ou de validation, sont sans doute possibles. Elles peuvent ainsi permettre d'étudier l'influence des paramètres d'élevages et/ou des caractéristiques individuelles sur les performances et la longévité, ou être à l'origine de nouvelles études exploratoires.

Au-delà des données collectées spécifiquement en élevage(s) ou lors d'expérimentations (voir paragraphe suivant), **les informations collectées par les organismes de conseil** (BC²² / OCEL²³) constituent une « ressource expérimentale » non suffisamment exploitée selon moi à ce jour. Une valorisation « plus zootechnique » et nouvelle de ces bases de données est envisageable, car le croisement des informations collectées lors de la phase de croissance et pendant les lactations successives permet de caractériser le système d'élevage de la génisse. Les informations collectées sur les vaches en production ne concernent pas que des données animales. On y trouve aussi des données sur les systèmes d'alimentations (par ex, la part de maïs dans la SFP²⁴, la taille de l'élevage ou la présence de robot de traite), et ceci devrait permettre d'ouvrir des études plus larges sur les facteurs et conduites d'élevages influençant les performances des génisses et des vaches laitières. Elles pourront ainsi permettre d'étudier l'existence de nouvelles relations de cause à effet et permettre de déterminer quels sont les liens entre des facteurs. Par le passé, nous avons pu réaliser des études rétrospectives des performances de production en fonction des conditions d'élevage chez la truie (Le Cozler *et al*, 1997). Nous avons ainsi pu approcher certaines stratégies d'élevages (âge à la première mise bas) et démontré l'intérêt de ces approches.

Pour compléter ces bases de données, d'autres sources d'information sont également disponibles. Les **études sur la barymétrie** en races Holstein (Porhiel *et al*, 2005), Normande (Houssin *et al*, 2012) ou Montbéliarde (Ogereau, 2013) ont permis d'obtenir des repères importants de poids et de développement des animaux en cours de croissance. Un des critères de sélection des élevages ayant servi dans cette étude est leur appartenance aux structures de conseil / suivi en élevages (FCEL²⁵). Leurs performances sont (ou seront) donc disponibles et le couplage de ces différentes informations, peu ou pas réalisé à cette échelle, devrait permettre de disposer d'informations sur l'importance de ces caractéristiques initiales (poids, développement corporel) sur le devenir des animaux, en prenant en compte l'éventuel effet de l'élevage. Car si les approches sur le long terme sont parfois difficiles à mettre en place dans des stations expérimentales, les mesures de poids, de gabarit et de notes d'état réalisées dans ces élevages devraient nous permettre de disposer de données sur l'importance de ces caractéristiques corporelles sur la carrière des animaux de race Holstein, Normande et Montbéliarde. Ces études ayant démarré à la fin des années 2000 (sauf celle sur race Holstein

²² Bovins Croissance.

²³ Organismes de Conseil en Elevages, ex Contrôles Laitiers.

²⁴ Surface Fourragère Principale.

²⁵ France Conseil Elevage.

qui date du début de cette période), les résultats ne seront disponibles que dans quelques années. Ces analyses pourront être réalisées par des méthodes statistiques existantes, comme pour les études sur les données de GTTT, mais il est probable que de nouvelles approches mathématiques soient développées (voir plus loin).

Enfin, les **données issues d'essais ou de suivis en routine** dans les stations expérimentales méritent le plus souvent des valorisations allant au-delà de leur objet d'étude lui-même. Leur réutilisation, via des méta-analyses, devrait permettre d'établir certaines lois de réponses de manière précise, comme par exemple, celles concernant le phénomène de croissance compensatrice chez la génisse laitière (Hoch *et al*, 2003). Il est sans doute aussi possible de réfléchir à une valorisation des données sur la carrière, en fonction des données d'élevage de jeune, tout en prenant compte d'éventuels impacts d'essais en cours de production. Ceci pourrait s'avérer très utiles et pertinent pour l'analyse des travaux menés actuellement sur l'âge au 1^{er} vêlage.

Dans tous les cas, ces perspectives d'études constituent aussi de réelles opportunités de développer des collaborations riches et intéressantes avec les organismes en charge du conseil (OCEL, BC...), les équipes de recherche appliquée d'organismes professionnels (Chambres d'Agriculture, Institut de l'Elevage), et les équipes de recherches de différentes UMR ou autres (UMR Herbivores, PEGASE, BioEpar, ESA²⁶...).

D.1.2. Des limites à (re)considérer

L'analyse des Big Data repose sur la recherche de relations entre variables. On peut ainsi reconstruire des groupes, les comparer, suivre des cohortes... Le nombre d'animaux important constitue la force et la faiblesse de ce type d'approche. Sur les données analysées en 1997, nous avons pu ainsi mettre en évidence des différences significatives entre groupes ($P < 0,001$) de 0,001 porcelets nés vivants !!! Ceci montre la difficulté et les risques de mauvaise interprétation possibles. Les analyses exploratoires de bases de données permettent de comparer des groupes d'animaux entre eux, mais elles ne peuvent pas être utilisées et interprétées de la même manière que des données issues d'essais, où le témoin est clairement défini, avant analyse. L'approche n'est donc plus la même, en absence de vrai témoin. La difficulté est alors de pouvoir comparer et tester des hypothèses, en sachant qu'il ne s'agit plus d'une approche expérimentale classique qui consiste à avoir des animaux témoins et traités et de suivre leur évolution. En effet, dans le cas des analyses de grandes bases de données, il est possible, sciemment ou pas, de choisir son échantillon, représentatif ou non, et ainsi de biaiser encore plus le résultat.

Les approches par méta-analyses posent elles aussi certaines questions de validité. Elles tentent de répondre à la quantité grandissante d'études, et consistent à combiner les résultats de plusieurs études selon une méthodologie claire et précise afin de minimiser les biais de sélection et d'interprétation. Ce type d'étude a été créé pour pallier à certains problèmes liés à la puissance limitée (trop petit nombre de patients/étude) des études randomisées contrôlées. L'objectif principal des méta-analyses est de répondre à une question à laquelle plusieurs études n'ont pas réussi à répondre (trop petit nombre ou résultats contradictoires d'une étude à l'autre). Cette approche peut être réalisée sur des essais déjà publiés, mais également, sur des bases de données existantes. Néanmoins, les résultats d'une méta-analyse doivent être analysés soigneusement (validité des essais / articles choisis, intervalle de confiance de

²⁶ Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers.

l'analyse...). Les travaux de Le Lorier et al. (1997) montrent que pour une même question posée, les résultats des méta-analyses sur un même sujet sont parfois différents de ceux obtenus à partir d'études considérées comme « gold standard » en médecine humaine (études épidémiologiques). Ce qui a aussi conduit Horwitz (1995) à conclure à la nécessité d'être très prudent sur l'utilisation des méta-analyses.

D.1.3. Réduire l'information et penser de nouveaux indicateurs

L'accroissement constant de la masse de données collectées offre des opportunités d'analyses et d'études nouvelles, mais les méthodes d'approche méritent peut-être d'être repensées. L'enregistrement quasi-continu des données (robots de traite, compteurs à lait...) nécessite de mettre en place des outils adéquats d'analyse. Les analyses de données fonctionnelles, à base de splines, et la détection d'anomalies (ruptures), peuvent y contribuer. En outre, l'intérêt du couplage des informations collectées simultanément et/ou en parallèle (poids, production de lait, amaigrissement via l'imagerie 3D, ...) avec des données archivées (croissance) reste à étudier expérimentalement avant une éventuelle généralisation.

Une possibilité pour réaliser ces analyses exploratoires est de réduire dans un 1^{er} temps l'information en un nombre restreint d'indicateurs. Des analyses factorielles couplées à des classifications (Trocon *et al*, 1996) ou des classifications directes par clustering (Le Cozler *et al*, 1997), ont pu être réalisées, mais l'information liée à la continuité (croissance par exemple) n'apparaît pas ou plus. L'écriture de cette information sous forme d'équations paramétriques (en x^n , exponentielles...) n'est pas toujours aisée, avec un nombre d'équations nécessaires parfois élevés, non généralisables ou souvent applicables uniquement pour des courbes moyennes. L'utilisation d'approches semi-paramétriques, via l'utilisation des splines, permet de modéliser les courbes individuelles, de tenir compte de leur variabilité et au-delà, de modéliser globalement la plupart des données fonctionnelles existantes. Ces approches reposent sur les concepts liés à l'Analyse de Données Fonctionnelles (ADF) (Ramsey et Silverman, 2005). Des premières approches de ce type ont été réalisées dans le cadre de la thèse de C Sauder, en collaboration avec H Cardot de l'IMB²⁷. Les concepts de l'ADF s'appliquent aux données dont la structure est représentée correctement par une ou plusieurs fonctions. Cette modélisation est particulièrement intéressante dans le cas où les données présentent une variabilité temporelle (croissance par exemple, i.e. la taille, le poids... de l'animal en fonction de son âge). Chaque génisse peut ainsi être décrite par une fonction régulière, mais l'approche fonctionnelle permet de mettre en évidence des caractéristiques non décelables par des techniques traditionnelles, comme l'identification de phases de croissance plus rapide ou dégradée, grâce à l'étude de la dérivée de la fonction. Une des utilisations possibles des dérivées pourrait être la détection d'anomalies de croissance, comme lors de la contamination des jeunes animaux au pâturage par les strongles.

L'obtention des courbes splines, ainsi que de leurs dérivées 1^{ère} et 2^{nde}, permet en effet de détecter des anomalies de profils de manière assez fine et au-delà, d'envisager de déterminer leurs origines (utilisation explicatives) ou leurs conséquences (utilisation prédictive). L'approche par splines laisse envisager que cette approche est généralisable, quelle que soit la donnée fonctionnelle. Cette possible généralité de la méthode, qui reste à confirmer, ouvre de réelles perspectives face à la multiplication des informations enregistrées. Les travaux démarrés lors de la thèse précédemment évoquée ne sont toutefois pas totalement aboutis pour

²⁷ Institut de Mathématiques de Bourgogne.

permettre à ce jour de conclure complètement sur les intérêts et limites des splines et la collaboration démarrée avec H Cardot devrait se poursuivre dans les prochaines années.

Mais l'approche par splines ne se traduit pas nécessairement par une diminution du nombre de valeurs par individu. L'analyse en composantes principales (ACP) permet de le faire et ainsi, de disposer d'un nombre limité de critères pour ce type de modélisation (2 à 6 par exemple) et ceci, pour une valorisation et utilisation plus aisée. Au-delà, il est envisageable de réduire l'ensemble de données fonctionnelles issues d'un individu (poids vif, état corporel, production de lait, température interne...) à un ensemble de critères résumant l'individu. Pour chaque type de données, cela nécessite la même démarche (modélisation par splines puis ACP dit fonctionnelle, ACPF), mais adaptées en fonction de l'information collectée (fréquence et type d'information notamment). L'exemple de la croissance de la génisse montre que le traitement de données volumineuses n'est qu'une des possibilités offertes par l'approche fonctionnelle. La prise en compte de la structure des données permet aussi de tenir compte d'informations a priori sur les données (périodicité, régularité, etc).

Ce travail méthodologique nécessite à un fort investissement de ma part pour une meilleure connaissance des techniques d'analyses et leurs utilisations possibles. Il est nécessaire de développer des collaborations étroites entre équipes de recherches. Des réflexions seront menées dans ce sens prochainement, visant notamment à réfléchir au prolongement des travaux déjà engagés (thèse de C Sauder). Car face à l'émergence de ces problématiques liées à la gestion de grosses bases de données collectées en élevage, le rapprochement et la collaboration étroite entre mathématiciens et agronomes s'avère cruciale.

D.2. Innovation en élevages, vêlage précoce et croissance « séquencée »

Le processus d'innovation est un axe fort porté par les projets Horizon 2020 et encouragé au sein du département PHASE. Au sein d'AGROCAMPUS-Ouest, l'innovation au sein des formations est aussi un enjeu fort. On peut considérer que l'**innovation** consiste à améliorer, à développer, à adapter, à optimiser un existant, en y introduisant quelque chose de nouveau, ou à développer une idée originale et nouvelle. Elle peut s'appliquer sur une démarche, une politique, une organisation, un service, un produit, une méthode, un outil, un processus, une technique... Les problématiques de recherche autour de l'élevage sont de fait innovantes, même si les approches zootechniques traditionnelles ne sont pas toujours reconnues comme telles. Les travaux réalisés depuis plusieurs années sur l'intérêt et la faisabilité du vêlage précoce en témoignent, en rupture par rapport aux approches traditionnelles. Les premiers résultats, quoiqu'encourageants, posent de nouvelles questions de recherches (sans évoquer nécessairement un éventuel frein psychologique).

Les premiers résultats ont été obtenus en ayant des objectifs de poids lors de la 1^{ère} IA, se traduisant par des âges au 1^{er} vêlage précoces et des poids vifs assez faibles. Néanmoins, cette pratique ne semble pas être pénalisante puisque les animaux ont compensé en partie ce déficit initial et ont poursuivi leur carrière. On peut se demander s'il n'est pas possible d'envisager des poids à l'IA plus faibles, tout en maintenant un objectif de vêlage très précoce. En effet, le vêlage précoce nécessite de maintenir des performances de croissances élevées, pouvant se traduire par une apparition de la puberté très précoce (dès 6,5 mois d'âge en race Holstein, Lollivier *et al*, 2014, non publié). En supposant qu'il faille attendre 2 à 3 cycles estriens avant la 1^{ère} IA pour une fertilité non affectée (Barbat *et al*, 2007), on peut supposer que les animaux se reproduisent efficacement dès 1 an d'âge. Plusieurs études ont montré que les croissances non linéaires pouvaient être bénéfiques pour les performances ultérieures (Ford et

Park, 2001). Le séquençage de la période de croissance ainsi réalisé fait ainsi sans doute appel à des mécanismes de croissance compensatrice, mais dont la maîtrise peut être plus ou moins (contre)productive, y compris sur la période 0-6 mois d'âge. Cette période nécessite donc une attention particulière à l'avenir, comme le suggèrent Soberon et Van Amburgh (2011.) Il s'agirait ici d'étudier les relations coût-bénéfice d'une telle pratique d'un abaissement encore plus important de l'âge et/ou du poids au 1^{er} vêlage, mais aussi, les éventuels freins physiologiques. L'un d'entre eux est lié à l'abaissement du poids de naissance du veau, et son développement ultérieur.

Une des pistes de travail sera de tester différents protocoles de croissance, sur un nombre limité d'animaux, avec des objectifs différents (très intensif, peu intensif...), pour des mêmes objectifs de poids à 6 mois et / ou jusqu'à l'IA (à partir de 12 mois). Ceci peut être résumé de la façon suivante (figure 8) :

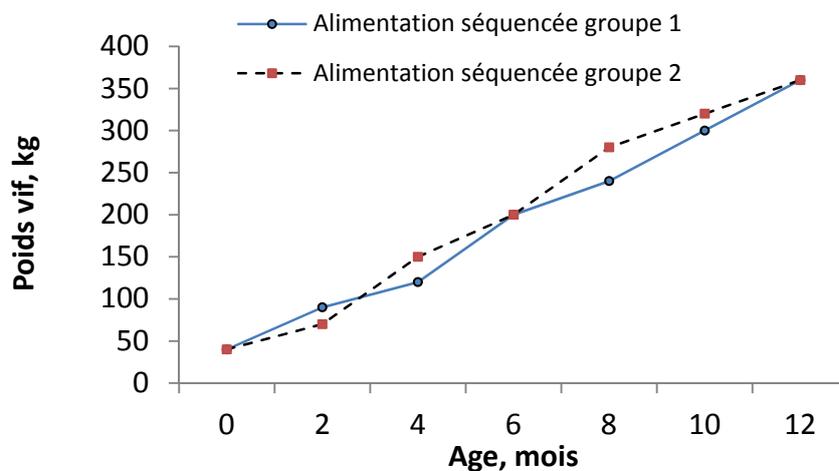


Figure 8. Exemple de « croissance cible » possible, obtenue par une alimentation séquencée au cours de la période 0-12 mois.

Pour ce travail, un suivi précis des animaux sera effectué, au niveau physiologique (prélèvements de sang par ex, pour suivis hormonaux), mais aussi au niveau corporel (pesée et développement). Dans ce dernier cas, l'utilisation d'outils de phénotypage actuellement testé (imagerie 3D ; Fisher *et al*, 2014, non publié), mais appliqués à l'animal entier, ouvrira aussi des perspectives d'études et de valorisations originales (liens entre critères morphologiques et de production).

D.3. Favoriser l'émergence d'une communauté scientifique autour de l'élevage des jeunes

Si les projets à moyen et long termes restent structurants pour un projet de recherche, les approches plus ponctuelles, limitées en durée et temps, permettent une adaptation plus aisée au changement. C'est un peu la « flexi-sécurité » du chercheur...

Certains projets pourraient à l'avenir être au cœur du projet de recherche, d'autres seront peut-être abandonnés. Néanmoins, ils restent toujours focalisés autour de l'élevage du jeune. Plusieurs études sont actuellement en cours et ne peuvent être ignorées dans le cadre d'un projet global de recherche, mais seront juste cités. Ces travaux concernent la contamination des jeunes génisses au pâturage (participation aux travaux de thèse de A Merlin (ONIRIS,

financée par la chaire AEI²⁸ ; responsable C Chartier)), le comportement des grands troupeaux de génisses pâturant des zones sensibles (stage de fin d'études d'E Cornet, Agrocampus-Ouest ; financement chaire AEI) ou la gestion de la phase colostrale en élevages (stage de fin d'études d'E Balthazar, AgroSup Dijon, encadré par E Doligez, Littoral Normand Conseil Elevage). Ces travaux sont aussi dans la continuité de ceux entrepris il y a quelques années sur la phase colostrale au niveau animal. Enfin, des analyses de laboratoires sont actuellement menées sur les profils en minéraux des génisses autour de la puberté et au vêlage (F Abeni, CRA FLC, Italie). Ces études permettent ainsi non seulement de répondre ponctuellement à certaines questions / problématiques, mais elles constituent aussi des opportunités pour des collaborations futures.

Pour mener à bien ces approches, ainsi que celles à moyen terme, une réflexion autour de la restructuration et/ou la reconstruction de bâtiments est en cours au sein de l'unité, orientée «jeunes animaux ». S'il voit le jour, ce projet fournira les infrastructures et les équipements permettant une approche par lots d'animaux, en complément des approches individuelles ou troupeau entier déjà accessibles à Méjusseau. Le suivi par lot sera couplé à un suivi individuel précis. Au niveau des unités de recherches de l'INRA, un tel dispositif permettra la mise en place d'essais et d'approches sur le jeune inédites à ce jour. Par le cloisonnement strict du point de vue environnemental (tous les rejets pourront être maîtrisés / contrôlés), de nouvelles approches et types d'études pourront aussi être envisagées (ex. : maîtrise « d'une contamination » des jeunes animaux ; impact environnemental d'additifs dans les rations ou changement de celles-ci...). Ceci permet une ouverture plus grande du dispositif expérimental à des projets hors unités rennaises ou hors département PHASE. La possibilité de collecter les informations par lots permettra aussi de disposer de données ou de matières premières réutilisables pour d'autres études (essais sur la valorisation des effluents organiques par exemple). Dans ce cas, il est aisé d'envisager des études de toute la chaîne de production, de la production à la valorisation/destruction. Ce projet s'inscrit donc bien aussi dans le schéma du centre INRA de Rennes pour les années 2013-2020. Ces projets sur jeunes animaux s'insèrent donc une structure collaborative importante, avec des équipes de chercheurs issus de l'INRA ou non, des biologistes et d'autres scientifiques, et peuvent aussi s'envisager sur les différentes espèces présentes au sein de l'UMR PEGASE.

²⁸ Chaire Agriculture Ecologiquement Intensive : chaire créée à l'initiative d'ONRIRIS, de l'ESA, d'AGROCAMPUS-Ouest, L'INRA et les coopératives Triskalia, Agrial et Terrena.

E. CONCLUSION

J'ai rédigé ce document en vue de l'obtention de l'habilitation à diriger des travaux de recherche (HDR). Cette habilitation devrait me permettre en tant qu'enseignant-chercheur qui consacre 50 % de son temps à la recherche, de pouvoir encadrer des doctorants. Ceux-ci vont, je l'espère, m'aider à avancer sur certains projets. Cette HDR va aussi m'aider à participer à la formation de futurs chercheurs et/ou zootechniciens de haut niveau. Lors de la rédaction de ce document, j'ai essayé de montrer au travers un parcours riche et varié, le caractère original de mes travaux de recherche, mon aptitude à développer une stratégie de recherche et ma capacité à encadrer de jeunes chercheurs. J'espère avoir aussi démontré des qualités d'ouverture d'esprit et de flexibilité, qualités qui m'ont aidé à passer d'une espèce d'étude à une autre, de dépasser le simple cadre de ma discipline scientifique d'origine (la nutrition) et d'élargir mon champ d'investigation pour développer de nouveaux projets de recherche.

Ma qualité d'enseignant pour 50 % de mon activité m'offre aussi des avantages pour la poursuite des activités de recherche. Elle favorise l'ouverture et les nouvelles collaborations, grâce aux nombreux contacts lors des stages. Elle facilite également l'appropriation des problématiques et enjeux auxquels sont confrontés les professionnels du monde agricole. Elle me permet enfin de poursuivre les activités avec les acteurs du développement agricole, en lien avec ma thématique de recherche actuelle. J'ai ainsi pu réaliser l'étude sur la meilleure connaissance des pratiques d'élevages des génisses laitières dans l'Ouest de la France dans ce cadre. Des nouvelles perspectives de travail et d'échanges sont en cours de réflexion. Et la participation à des projets du type CASDAR « fléxisécurité » ou « AIR-ELEVEUR » conforte aussi final ces activités de recherche au niveau national.

Les travaux et résultats réalisés depuis mon arrivée à AGROCAMPUS-Ouest m'amènent aujourd'hui, à poursuivre mes activités de recherche annoncées lors de la présentation de mon projet de recherche au sein du département PHASE. La prise en compte des variabilités individuelles et l'analyse de bases de données de plus en plus complexes sont néanmoins de nouvelles interrogations pour moi. Ces perspectives trouvent leur place dans le dispositif de recherche français et européen, répondant aux enjeux scientifiques actuels, notamment sur l'adaptabilité des animaux et l'agriculture de précision. Ils laissent entrevoir de nouvelles perspectives d'intégration des connaissances produites dans un cadre scientifique plus large, et la possibilité de nouvelles synergies et collaborations.

F. LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- Davis Rincker LE, Weber Nielsen MS, Chapin LT, Liesman JS, Daniels KM, Akers RM, Vandehaar MJ 2008. Effects of feeding prepubertal heifers a high-energy diet for three, six, or twelve weeks on mammary growth and composition. *Journal of Dairy Science* 91, 1926-1935.
- Ford JA, Park CS 2001. Nutritionally Directed Compensatory Growth Enhances Heifer Development and Lactation Potential. *Journal of Dairy Science* 84, 1669-1678.
- Hoch T, Begon C, Cassar-Malek I, Picard B, Savary-Auzeloux I 2003. Mécanismes et conséquences de la croissance compensatrice chez les ruminants, *INRA Productions Animales* 16, 49-59.
- Horwitz RI 1995. Large-scale randomized evidence: large, simple trials and overviews of trials": discussion. A clinician's perspective on meta-analyses. *Journal of Clinical Epidemiology* 48 (1), 41-44.
- Houssin B, Hardy A, Quesnel C 2012. Le tour de poitrine, un outil de mesure du développement des génisses Normandes. *Rencontres Recherches Ruminants* 19, 300.
- Jacobs A 2009. The pathologies of Big Data. *Communications of the ACM*, 52 (8), 36-44.
- Le Cozler Y, Recoursé O, Ganche E, Giraud D, Lacombe D, Bertin M, Brunschwig P 2012. A survey on dairy heifer farm management practices in a Western-European plainland, the French Pays de la Loire region. *Journal of Agricultural Science* 150, 518-533.
- Le Lorier J, Grégoire G, Benhaddad A, Lapierre J, Derderian F 1997. Discrepancies between meta-analyses and subsequent large randomized, controlled trials. *The New England Journal of Medicine* 337, 537-542.
- Mourits MCM, Van der Fels-Klerx HJ, Huirne RBM, Huyben MWC 2000. Dairy-heifer management in the Netherlands. *Preventive Veterinary Medicine* 46, 197-208.
- Ogereau J 2013. Mise au point d'un outil de suivi du développement des génisses montbéliardes. Courbes de tour de poitrine-objectifs pour deux âges au vêlage. Rapport d'Etudes, Institut de l'Élevage, 88 pages.
- Pettersson K, Svensson C, Liberg P 2001. Housing, feeding and management of calves and replacement heifers in Swedish dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica* 42, 465-478.
- Porhiel JY, Brunschwig P, Jegou V 2005. Le tour de poitrine, un outil de mesure du développement des génisses laitières Prim'Holstein. *Rencontres Recherches Ruminants* 12, 346.
- Ramsay J, Silverman BW 2005. *Functional Data Analysis*. 2ne edition, New York: Springer, 426 p.
- Soberon F, Van Amburgh ME 2011. Integrating Concepts of Pre-Pubertal Mammary Development and Rates of Body Growth to Describe Differences in First Lactation Milk Yield, Proceedings of the 73rd meeting of the Cornell Nutrition Conference for feed manufacturers, October 18-20, New-York, USA.
- Terré M, Tejero C, Bach A 2009. Long-term effects on heifer performance of an enhanced-growth feeding program applied during the preweaning period. *Journal of Dairy Research* 76, 331-339.
- USDA 2008. Dairy 2007, Part I: Reference of Dairy Cattle Health and Health Management Practices in the United States, 2007. Fort Collins, CO: USDA, National Animal Health Monitoring System.
- Vasseur E, Borderas F, Cue RI, Levebvre D, Pellerin D, Rushen J, Wade KM, De Passillé AM 2010. A survey of dairy calf management practices in Canada that affect animal welfare. *Journal of Dairy Science* 93, 1307-1315.
- Vautier B, Le Cozler Y 2009. Modélisation de la dynamique des courbes de croissance des génisses laitières par utilisation de B-splines. Journées d'Animation Scientifique du département PHASE, 7-8-9 octobre 2009, Tours, p189.

Annexe 1. Liste des publications

C.1. dans des revues de langue anglaise, avec comité de lecture (*souligné : étudiant(e)s encadré(e)s, en totalité ou partiellement*)

C1.1. Le Cozler Y, Dagorn J, Dourmad JY, Johansen S, Aumaître A 1997. Effect of previous weaning to conception interval and lactation length on subsequent litter size in sows. *Livestock Production Science* 51, 1-11.

C1.2. Le Cozler Y, Dagorn J, Lindberg JE, Aumaître A, Dourmad JY 1998. Effect of age at first farrowing and herd management on long term productivity of sows. *Livestock Production Science* 53, 135-142.

C1.3. Le Cozler Y, Beaumal V, Hulin JC, David C, Neil M, Dourmad JY 1998. Effect of feeding level during rearing on performance of Large White gilts. Part 1: growth, reproductive performance and feed intake during lactation. *Reproduction Nutrition Development* 38, 363-375.

C1.4. Le Cozler Y, David C, Beaumal, V, Johansen S, Dourmad JY 1998. Effect of feeding level during rearing on performance of Large White gilts. Part 2: effect on metabolites profiles during lactation and glucose tolerance. *Reproduction Nutrition Development* 38, 377-390.

C1.5. Le Cozler Y, Ringmar-Cederberg E, Johansen S, Dourmad JY, Neil M, Stern S 1999. Effect of feeding level during rearing and mating strategy on performance of Swedish Yorkshire sows. 1. Growth, puberty and conception rate. *Animal Science* 68, 355-363.

C1.6. Le Cozler Y, Ringmar-Cederberg E, Rydhmer L, Lundeheim N, Dourmad JY, Neil M 1999. Effect of feeding level during rearing and mating strategy on performance of Swedish Yorkshire sows. 2. Reproductive performance, food intake, backfat changes and culling rate during the first two parities. *Animal Science* 68, 365-377.

C1.7. Van Milgen J, Bernier JF, **Le Cozler Y** Dubois S, Noblet J 1998. Major determinants of fasting heat production and energetic cost of activity in growing pigs of different body weight and breed/castration combination. *British Journal of Nutrition* 79, 509-517.

C1.8. Le Cozler Y, Beaumal V, Neil M, David C, Dourmad JY 1999. Changes in the concentration of glucose, non-esterified fatty acids, urea, insulin, cortisol and some mineral elements in the plasma of the primiparous sow before, during and after induced parturition. *Reproduction Nutrition Development* 39, 161-169.

C1.9. Quiniou N, Bernier JF, **Le Cozler Y**, Dubois S, Noblet J 1999. Effect of growth potential (Body weight and breed/castration combination) on the feeding behaviour of individually kept growing pigs. *Livestock Production Science* 61, 13-22.

C1.10. Le Cozler Y, Guyomarc'h C, Pichodo X, Quinio PY, Pellois H 2002. Factors associated with stillborn and mummified piglets in high prolific sows. *Animal Research* 51, 261-268.

C1.11. Gallois M, **Le Cozler Y**, Prunier A 2005. Influence of tooth resection in piglets on welfare and performance. *Preventive Veterinary Medicine* 69, 13-23.

C1.12. Gondret F, Lefaucheur L, Louveau I, Lebret I, Pichodo X, **Le Cozler Y** 2005. Influence of piglet birth weight on postnatal growth performance, tissue lipogenic capacity and muscle histological traits at market weight. *Livestock Production Science* 93, 137-146.

C1.13. Le Cozler Y, Lollivier V, Lacasse P, Disenhaus C 2008. Rearing strategy and optimizing first calving targets in dairy heifers: a review. *Animal*, 2-9, 1393-1404.

C1.14. Le Cozler Y, Peyraud JL, Troccon JL 2009. Effect of feeding regime, growth intensity and age at first insemination on performances and longevity of Holstein heifers born during Autumn. *Livestock Science* 124, 42-81.

C1.15. Le Cozler Y, Peccate JR, Delaby L 2010. A comparative study of three growth profiles during rearing in dairy heifers: effect of feeding intensity during two successive winters on performances and longevity. *Livestock Science* 127, 238-247.

C1.16. Le Cozler Y, Gallard Y, Dessauge F., Peccatte JR, Trommenschlager JM, Delaby L 2011. Performance and longevity of dairy heifers born during winter 1 (W1) and reared according to three growth profiles during winter two (W2), in a 36 mo of age at first calving strategy. *Livestock Science* 137, 244-245.

C1.17. Le Cozler Y, Recoursé O, Ganche E, Giraud D, Lacombe D, Bertin M, Brunshwig P 2012. A survey on dairy heifer farm management practices in a Western-European plainland, the French Pays de la Loire region. *Journal of Agricultural Science* 150, 518-533.

C1.18. Sauder C, Cardot H, Disenhaus C, **Le Cozler Y** 2013. Non-parametric approaches to the impact of Holstein heifer growth from birth to insemination on their dairy performance at lactation one. *Journal of Agricultural Science* 151, 578-589.

C1.19. Le Cozler Y, Guatteo R, Le Dréan E, Turban H, Leboeuf F, Pecceu K, Guinard-Flament J 2013. IgG1 variations in the colostrum of Holstein dairy cows in an experimental herd. *Animal ? (à soumettre)*

C1.20. Lollivier V, Dessauge F, Boutinaud M, **Le Cozler Y** 2013. Succeeding the 21 mo of age at first calving challenge: consequences of intensity of rearing on puberty attainment and mammary development in Holstein dairy heifer. *Animal ? (à soumettre)*

C.2. en langue française, dans des revues avec comité de lecture

C2.1. Dagorn J, Boulot S, Aumaître A, **Le Cozler Y** 1998. La prolificité des truies françaises en 1995-1996 : un spectaculaire bond en avant. *INRA Productions Animales* 11 (3), 211-213.

C2.2. Quesnel H, Boulot S, **Le Cozler Y** 2005. Les variations saisonnières des performances de reproduction chez la truie. *INRA Productions Animales* 18 (2), 101-110.

C2.3. Van Tilbeurgh V, **Le Cozler Y**, Disenhaus C 2008. La durabilité des exploitations laitières : rôle du territoire dans leur fonctionnement en Ille-et-Vilaine. *Géocarrefour*, 83-3, 235-244.

C2.4. Le Cozler Y, Peccatte JR, Porhriel JY, Brunshwig P, Disenhaus C 2009. Pratiques d'élevages et performances des génisses laitières : état des connaissances et perspectives. *INRA Productions Animales* 22 (4), 303-316.

C2.5. Van Tilbeurgh V, **Le Cozler Y**, Disenhaus C 2013. La fabrication des paysages par les éleveurs laitiers : Le cas de l'Ille-et-Vilaine. *Fourrages (en attente)*.

C2.6. Guatteo R, Le Dréan E, Turban H, Leboeuf F, Guinard-Flament J, **Le Cozler Y** 2013. Evaluation de différentes procédures de prélèvement pour évaluer la teneur en Immunoglobulines G du colostrum chez la vache laitière et intérêt d'une première buvée contrôlée. *Bulletin des GTV* 71, 27-33.

C3. Autres publications

19 articles dans des périodiques sans comité de lecture, dont 8 en tant que 1^{er} auteur. Exemples :

- **Le Cozler Y**, Dagorn J, Guyomarc'h C, Pichodo X, Quinio PY, Pellois H 2001. Importance et origine des porcelets mort-nés : truies nées en 1994 et 1995 suivies en gestion technique des troupeaux de truies et observations en station expérimentales. *Journées de la Recherche Porcine en France* 33, 299-306.

- **Le Cozler Y**, Pichodo X, Roy H, Guyomarc'h C, Pellois H, Quiniou N, Louveau I, Lebreton B, Lefaucheur L, Gondret F 2004. Influence du poids individuel et de la taille de la portée à la naissance sur la survie du porcelet, ses performances de croissance et d'abattage et la qualité de la viande. *Journées de la Recherche Porcine en France* 36, 443-450.

- Le Dividich J, Cariolet R, Blanchard P, Bleunven E, **Le Cozler Y** 2006. Teneur du colostrum en IgG et titres d'anticorps PCV2: incidence du sevrage à 7 jours sur l'immunité des porcelets. *Journées de la Recherche Porcine en France* 38, 347-352.

- **Le Cozler Y** 2008. Alimentation et fertilité chez la génisse laitière. Bulletin Technique de l'Insémination Artificielle (BTIA), 128, 47-48.

- Van Tilbeurgh V, **Le Cozler Y**, Disenhaus C 2010. La fabrication des paysages par les éleveurs laitiers : le cas de l'Ille-et-Vilaine. Rencontres Recherches Ruminants 17, 179-182.

21 communications orales et écrites (poster) ayant donné lieu à la publication d'un résumé dans une revue ou à la publication de proceedings, dont 10 en tant que 1^{er} auteur. Quelques exemples :

- **Le Cozler Y**, Dubois S, Noblet J 1995. Components of heat production in pigs: effect of genotype and growth. Proceedings of the Nutrition Society 54 (3), 18 A.

- Van Milgen J, Bernier JF, Dubois S, **Le Cozler Y**, Noblet J 1998. Modelling aspects of heat production. In: Mc Cracken K, Unsworth EF, Wylie ARG (eds), Energy Metabolism of Farm Animals, proceedings of the 14th Symposium on energy metabolism, Newcastle, North Ireland, 1997. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 331-334.

- **Le Cozler Y**, Le Dividich J 2004. L'hyperprolificité: conséquences sur la truie et les porcelets. Colloque sur la production porcine, 25 ans d'évolution, CRAAQ, St-Hyacinthe, Québec, Canada, 91-123.

- **Le Cozler Y**, Le Dividich J 2005. Conséquences de l'hyperprolificité et de l'évolution génétique sur les performances et les caractéristiques des truies et leurs porcelets. Séminaire INZO Laboratoire Vétérinaire, Mises à jour des connaissances, Tolède (Espagne), 10-12 mai, 33 p.

- **Le Cozler Y**, Peccate JR, Delaby L 2009. Effect of feeding strategies during winter on fertility of dairy heifers first calving at 3 years of age. In Ruminant physiology 2009. Digestion, metabolism and effects of nutrition on reproduction and welfare, edited by Y. Chilliard, F. Glasser, Y. Faulconnier, F. Bocquier, I. Veissier and M. Doreau, Wageningen Academic Publisher, 754-755.

- **Le Cozler Y**, Guatteo R, Le Dréan E, Turban H, Leboeuf F, Pecceu K, Guinard-Flament J 2012. Sampling procedure during milking and between quarters on the assessment of colostrum IgG. Book of abstract of the 63rd annual meeting of EAAP Bratislava (Slovakia), 18, 122.

11 autres communications orales et écrites (poster) n'ayant pas donné lieu à la publication d'un résumé dans une revue ou à la publication de proceedings. Dont

- **Le Cozler Y**, Dagorn J, Lindberg JE, Aumaître A, Dourmad JY 1997. Effect of age at first farrowing on long term productivity of sows. Reproduction and Environnement congress, Uppsala, 25th September.

- Le Moan L, Quinio PY, **Le Cozler Y**, Donet P, Salard R, Bertholomeu D, Le Borgne M 2005. Know-how and working organizations in pig farming. International workshop on GREEN PORK PRODUCTION May 25-27, Paris, France.

- **Le Cozler Y**, Garcia F, Agabriel J, Meschy F 2010 L'alimentation des veaux et des génisses d'élevage. Cattle nutrition Conference: What's new about INRA systems? Université de Cracovie, 17-18 juin.

- Guatteo R, Le Dréan E, Turban H, Leboeuf F, Guinard-Flament J, **Le Cozler Y** 2012. Assessment of different sampling procedures to estimate the Immunoglobulin G content of colostrum in dairy cattle. World. World Buiatrics Congress. Lisbon, 4-8 juin.

Articles de vulgarisation

- 46 articles parus dans la revue Atout Porc Bretagne (non présentés)

- 15 autres articles, dont

o **Le Cozler Y**, Dagorn J, Dourmad JY 1998. Is there an optimal age for first farrowing? Pig Progress 8-11.

o Neil M, **Le Cozler Y**, Ringmar-Cederberg E 1998. Strategier vid gyltuppfoeding. FAKTA 11.

- Dagorn J, **Le Cozler Y**, Maignel L 2001. Evolution du nombre de porcelets mort-nés selon la taille et le rang de la portée : analyse d'un échantillon de truies nées en 1994 et 1995. Techni Porc 24 (3) 7-12.

Articles sous forme de CD ROMs de développement

- **Le Cozler Y**, Quesnel H 2002. Breeding pigs at younger ages. Management of Reproduction in Pigs. Animal Health and Production Compendium, Edition 2002, CAB International.
- **Le Cozler Y** 2002. Culling of sows. Management of Reproduction in Pigs. Animal Health and Production Compendium, Edition 2002, CAB International.

Ouvrages et rapports

22 synthèses et rapports d'études publiés par les Chambres d'Agriculture de Bretagne, dont:

- **Le Cozler Y**, Pellois H, Dagorn J, Guyomarc'h C, Quinio PY and Pichodo X 2000. Importance et origine des porcelets mort-nés. 75 pages.
- **Le Cozler Y**, Le Borgne M, Pichodo X, Roy H, Boulot S and Dourmad JY 2003. La constitution des réserves corporelles chez la jeune truie. Influences sur les performances et la carrière. 30 pages.
- **Le Cozler Y**, Pichodo X, Quiniou N and Gondret F 2004. Les performances zootechniques et la qualité de carcasse des porcs selon le poids de naissance et la taille de la portée. Essais en station. 60 pages.
- **Le Cozler Y**, Larour G and Roy H 2005. Optimisation des capacités maternelles. Comment augmenter le nombre de porcelets nés vivants et limiter les pertes en maternité ? 18 pages.

Ouvrages collectifs

- Les conduites en bandes en élevage porcin. Principes et règles générales. Edition EDE-Chambres d'agriculture de Bretagne. 30 pages. 2002.
- Intérêt et performances des porcelets issus de l'hyperprolificité. Conséquences de l'hétérogénéité du poids à la naissance. Cariolet R, **Le Cozler Y**, Le Dividich J, Quiniou N. ITP, Chambres d'agriculture - EDE de Bretagne, INRA, AFSSA. ITP éditions. 36 pages. 2004.
- Alimentation minérale des génisses laitières. Optimiser l'apport de minéraux. Edition Chambre Régionale d'agriculture des Pays de la Loire, 12 pages. 2008.
- Alléger le travail d'astreinte de la traite et de l'alimentation. 13 fiches pratiques. Chambres d'agriculture de Bretagne et des Pays de la Loire, Institut de l'Elevage, INRA, Agrocampus-Ouest, Enitac. 2008.
- Réussir l'élevage des génisses laitières, de la naissance au vêlage. Chambres d'agriculture de Bretagne, de Normandie et des Pays de la Loire, Institut de l'Elevage, INRA, Agrocampus Ouest, Ouest Conseil Elevage et Bovins Croissance. 76 pages. 2013.

Thèse et mémoires

- **Le Cozler Y** 1992. Evolution des profils en progestérone et oestradiol chez la truie après tarissement. Rapport de maîtrise, Université de Rennes 1, 19 pages.
- **Le Cozler Y** 1994. Production de chaleur et comportement alimentaire chez le porc, en relation avec son potentiel de croissance. Rapport de DEA, Université Paris 7, 32 pages.
- **Le Cozler Y** 1998. Effect of intensity of rearing and herd management on performance and longevity of sows. PhD Thesis, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria 105, SLU, Uppsala, Suède.

Annexe 2 : Activités d'animations recherche

Avant 2006 : animateur de groupes de travail départementaux ou régionaux (avant 2006) (4)

Depuis 2006 :

- animateur de l'axe 2 de l'UMT RIEL « Pilotage de la femelle laitière et du troupeau », en collaboration avec V Broccard (Institut de l'Élevage) ;

- responsable axe thématique 5 « Mutualisation et transfert », avec C Depoudent (CRAB) du RMT²⁹ Elevages et Environnement.

Liste des activités d'encadrement de niveau Master ou Thèse et pourcentage de responsabilité de l'encadrement

Niveau Master / fin d'études d'ingénieur

Aurore Avisse (2006). Fatty acid composition of pig feed and shelf-life of pork products. Mémoire de Fin d'études réalisé au Danemark, spécialité productions animales, ESA d'Angers (20 %) ;

Devenir : ingénieure conseil (CDI) au sein du groupe Glon-Sanders depuis 2007.

Bertrand Vautier (2009). Trajectoires de croissance des génisses laitières et relations sur les performances et la carrière. Mémoires de fin d'études, spécialité statistiques, AFROCAMPUS-Ouest (100 %) ;

Devenir : doctorant, (thèse soutenue en mars 2013).

Nadège Ferro-Famil, 2011. Analyse des comportements des génisses laitières nourries au DAL et élevées en groupe dynamique durant la phase lactée. Mémoire de Fin d'études, spécialité productions animales, AgroSup Dijon (100 %) ;

Devenir : Master d'éthologie (2012), puis depuis 2013, enseignante en biologie et sciences animales, lycée de Brioude-Bonnefont (43).

Marine Beillevert, 2013. Analyse de l'effet de l'âge au 1^{er} vêlage sur les performances de la génisse et de la vache laitière de races Holstein et Normande. Mémoire de Fin d'études, spécialité productions animales, ESA d'Angers (100 %) ;

Devenir : ingénieure conseil (CDI) Atlantic Conseil Elevage.

Niveau doctorat

Cécile Sauder, 2013. Modélisation des dynamiques de croissance et lactation chez les bovins laitiers et impact sur leur reproduction. Mémoire de thèse, AGROCAMPUS Ouest (60 % ; HDR : C Disenhaus, Agrocampus-Ouest & H Cardot, Université de Bourgogne) ;

Devenir : soutenue le 14 mars 2014.

Autres encadrements

4 stagiaires de niveau L2/L3 (100 % encadrement) ;

7 stagiaires niveau L1 (100 % encadrement) ;

3 fois membre de comités de thèse.

²⁹ Réseau Mixte de Technologie

Annexe 3 : listes des activités exercées avec différents partenaires

Liste des activités effectuées en relation avec le milieu industriel

(Uniquement celles entreprises depuis 2006)

- 2008-2009: panorama de l'élevage des génisses dans le Grand Ouest . Partenaires : CLASEL (53), Conseil en Elevage de Normandie. (Publication des résultats en 2012)
- 2009-2012: travaux sur la variabilité du colostrum. Partenaires : MERCK Santé Animale, ISAE (Institut en Santé Agro-Environnement), ONIRIS. Diverses valorisations, dont 1 publication soumise actuellement

Contrat de recherche et/ou développement

→ *Etude sur les évolutions des stéroïdes ovariens chez les ruminants laitiers (association GALA). 2012*

Deux contrats de recherches ont été menés après financement (partiel) de l'association GALA en vue d'analyser les profils de progestérone sanguins chez la génisse et dans le lait chez la vache laitière. Les objectifs sont ici de mieux comprendre l'impact de programmes alimentaires et de la stratégie d'âge au 1^{er} vêlage sur l'apparition de la puberté dans l'a première étude, sur le retour de cyclicité après vêlage dans la seconde étude. Ces travaux ont fait l'objet de publications confidentielles, mais une partie des résultats a été présentée lors des derniers congrès de l'American Dairy Science Association (2012 & 2013).

→ *Etude sur l'impact du chargement animal sur la biodiversité des prairies, le sol et les performances des animaux (bourses de stage de fin d'études, chaire AEI). 2013*

Dans la cadre de la chaire Agriculture Ecologiquement Intensif dont Agrocampus-Ouest est membre, nous avons obtenu une bourse permettant de financer le stage de fin d'étude d'un étudiant de niveau M2. En lien avec des collègues écologues et agronomes, nous allons étudier l'impact du chargement animal et la fréquence de pâturage des génisses sur leurs performances, l'évolution de la biodiversité et l'impact sur le sol (piétinement, déjection).

→ *Projet européen PROLIFIC (Pluridisciplinary study for a RObust and sustainabLe Improvement of Fertility In Cows). 2013-2017*

Dans le cadre du projet européen Prolific, il s'agit de mieux étudier et comprendre le retour de cyclicité des vaches et les éventuels problèmes. Les problèmes de reproduction constituent en effet une des causes de réforme les plus fréquentes en production laitière et même si ce sont les animaux adultes qui sont les plus touchés, un « volet génisse » est prévu, afin de poursuivre les investigations sur l'impact de la nutrition sur les performances ultérieures.

Liste et durée des séjours dans des laboratoires étrangers

Le principal séjour concerne la réalisation de la thèse au sein du département Animal Nutrition & Management » de l'Université Suédoises d'Agronomie d'Uppsala (un séjour global d'une durée proche de 3 ans en Suède). Par la suite, j'ai été amené à participer à divers colloques et formations, notamment en Pologne et au Canada, d'une durée moyenne de 15 j environ. Ceci ne se déroulaient non pas en laboratoires de recherches, mais au sein de structures professionnelles (conseil et développement, entreprises privées), où de nombreuses échanges sur des problématiques de R&D ont eu lieu également.

Principales collaborations en cours

- **F. Dessauge, V Lollivier et M Boutinaud** (INRA-UMR PEGASE, équipe BIOLAIT), sur l'intérêt et la faisabilité d'un vêlage à 21 mois dans le cas des vêlages groupés ;
- **F Abeni-Palmerio** (CRA, Italie), sur l'évolution des teneurs en minéraux dans le sang de génisse autour de la puberté et en début de lactation ;

- **L Delaby et C Disenhaus** (INRA-UMR PEGASE), dans le cadre du projet « quelles vaches pour quels systèmes ? »
- **J Flament** (INRA-UMR PEGASE, équipe BIOLAIT), **E Le Dréan** (ISAE35), **R Guattéo** (ONIRIS, UMR BioEpar), **F Leboeuf et K Peccu** (MSD Santé Animale), sur les évolutions de la production de colostrum chez la vache et son ingestion chez le veau.
- **C Chartier** (ONIRIS, UMR BioEpar), sur l'importance et le développement d'une stratégie de traitement sélectif vis-à-vis des strongles digestifs chez la génisse laitière au pâturage (Métaprogramme de l'Institut Carnot ;
- **Groupe interrégional génisses**, composé d'ingénieurs en charge des dossiers génisses de l'Institut de l'Elevage, les Organismes de Conseils en Elevages et les chambres d'agriculture de l'Ouest de la France.