



HAL
open science

Husbandry practices, sow herd performance and distribution of work load in swine farming systems : a modelling approach

Gilles Martel

► **To cite this version:**

Gilles Martel. Husbandry practices, sow herd performance and distribution of work load in swine farming systems : a modelling approach. Life Sciences [q-bio]. AgroParisTech, 2008. English. NNT : 2008AGPT0019 . pastel-00003677

HAL Id: pastel-00003677

<https://pastel.hal.science/pastel-00003677>

Submitted on 1 Dec 2008

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.

THÈSE

pour obtenir le grade de

Docteur

de

**l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement
(Agro Paris Tech)**

Spécialité : Zootechnie

*présentée et soutenue publiquement
par*

Gilles MARTEL

le 18 mars 2008

PRATIQUES D'ELEVAGE, PRODUCTIVITE DES TROUPEAUX DE TRUIES ET RYTHMES DE TRAVAIL DES ELEVEURS EN PRODUCTION PORCINE : UNE APPROCHE PAR MODELISATION

*Directeur de thèse : **Benoît DEDIEU***

*Codirecteur de thèse : **Jean-Yves DOURMAD***

Travail réalisé à :



*INRA, UMR1079 SENAH, F-35590 Saint-Gilles
INRA, UMR1273 Métafort, F-63122 Saint-Genès-Champanelle*

Devant le jury :

M. Jean LOSSOUARN , Professeur, AgroParisTech	Président
M. Jesus POMAR , Professeur, Université de Leïda.....	Rapporteur
M. André THEWIS , Professeur, Université de Gembloux.....	Rapporteur
Mme Hélène QUESNEL , Chercheur, INRA	Examineur
M. Yvon SALAUN , Ingénieur, IFIP – Institut du Porc	Examineur

Remerciements

La page de titre l'indique : ma thèse n'est pas l'œuvre d'une recherche solitaire mais correspond à des intérêts de deux unités et notamment des deux grands messieurs qui ont encadré cette thèse, Jean-Yves Dourmad et Benoît Dedieu. Ainsi, si cette thèse, à cheval entre deux départements de l'INRA, s'est aussi bien déroulée, c'est en grande partie grâce à leur présence active et leur intérêt indéfectible tout au long des 3 ans et quelques mois. Si tous les directeurs de thèses étaient comme eux, il n'y aurait point besoin de charte précisant le rôle des encadrants ! De façon plus particulière, je remercie Jean-Yves pour son ouverture d'esprit, sa disponibilité, sa qualité de rédaction, ses qualités relationnelles et ses conseils avisés (il faut que je rédige plus ☺). Toutes ces qualités m'ont permis de me sentir libre et soutenu dans mes recherches et ainsi d'y trouver du plaisir tous les jours. Je souhaite remercier Benoît pour son ouverture d'esprit (hé oui lui aussi !), sa disponibilité aussi bien par téléphone, mail ou lors de mes « intenses semaines clermontoises », sa convivialité, ses capacités d'analyse et de synthèse et aussi d'avoir toujours eu foi en mon travail (parfois... oui bon d'accord... souvent plus que moi-même !). Merci de m'avoir permis de focaliser sur les points positifs et novateurs de mes travaux plutôt que sur les limites de ceux-ci. Enfin, j'espère que vos recherches vous amèneront à retravailler ensemble car je pense que cette association produit un travail scientifiquement remarquable et avec une portée non négligeable pour la filière.

Je veux maintenant remercier toutes les autres personnes ayant participé à la vie scientifique de mon sujet, à commencer par les deux rapporteurs et les deux examinateurs de cette thèse. Merci donc à Jesus Pomar d'avoir pris le temps de lire et d'exprimer ses remarques sur cette thèse écrite en majorité en français (qu'il parle fort bien !). Merci aussi à André Théwis d'avoir trouvé le temps d'être rapporteur de ce manuscrit alors que le travail de recteur d'université doit déjà être une charge de travail importante. Je suis aussi content qu'Yvon Salaün ait accepté d'être un examinateur de ce travail car il est important pour moi de le faire évaluer par des personnes proches de la filière. J'exprime aussi toute ma gratitude à Hélène Quesnel qui a eu une position sûrement difficile à gérer puisque nous avons eu lors de ma thèse de nombreuses discussions que ce soit au sein du laboratoire ou lors des réunions du comité de thèse. Passer du côté « évaluation du travail fini » était délicat mais réussi : merci donc pour tes questions pertinentes en cours de thèse et lors de la soutenance ! Enfin le jury ne serait pas complet sans son président et je remercie vivement Jean Lossouarn pour son

travail, notamment au niveau de la planification et du respect des dates butoirs et pour ses bons conseils à l'approche de la soutenance.

Le déroulement de la thèse a été jalonné d'étapes dont les réunions du comité de pilotage de la thèse sont les principaux rendez-vous. Merci à tous ceux qui en ont fait partie et ont ainsi permis de délimiter la taille du sujet de thèse, d'évaluer la pertinence des méthodes et des résultats. Merci donc à Hélène Quesnel, Sylvie Cournut (tu sais que mon exemplaire de ta thèse part en morceau à force de consultations ? ☺), Brigitte Badouard (détentriche de LA base de données techniques ! Merci pour tes conseils), François Casabianca (dit « le corse », merci pour ton amour du terroir et des éleveurs, ça a été (et sera toujours) un plaisir que de discuter avec toi) et Roger Martin-Clouaire (si vous organisez une formation à DIESE je suis preneur !).

Je tiens aussi à remercier un autre comité qui a eu un rôle important pour mon travail et son orientation : le comité d'experts. Tout d'abord merci à Yannick Le Cozler d'avoir accepté d'y participer et de nous avoir proposé des contacts au sein des Chambres d'Agriculture mais aussi des groupements de producteurs. Merci à Jean-Yves Jégou de la Chambre d'Agriculture des Côtes d'Armor, Marc Herlédan (groupement CECAB), Pascal Rouxel (groupement Pigalys), Bernard Bernicot (groupement PRESTOR) et Yvon Salaün (IFIP) d'avoir accepté notre invitation. Merci aussi à Jacques Lossouarn (coopérative LT) de nous avoir mis en relation avec les quelques éleveurs nécessaires pour compléter notre échantillon lors de la phase d'enquête en exploitation.

Pour continuer les remerciements des personnes ayant contribué directement à mon sujet de recherche, je dois tout d'abord remercier Céline qui m'a fait suivre l'annonce de ce sujet de thèse et qui m'a donc permis de faire cette thèse ! J'espère aussi te devoir un resto bientôt ! Un grand merci aussi à Monica Commandeur pour l'ensemble de ses travaux et pour nos discussions autour de ceux-ci et de mes résultats d'enquêtes, Ludovic Brossard pour son aide sur la réalisation des macros SAS et de tests statistiques, le personnel de l'élevage (notamment Daniel, Loïc et Yannick) qui a pris le temps de me montrer ce qu'est le métier de porcher, Sylviane Boulot pour ses commentaires vis-à-vis de l'analyse de la base de données de la GTTT, Maëla Kloareg pour s'être penchée sur mes questions métaphysiques de statistiques, le personnel de SPAD pour avoir résolu mes problèmes lors de l'utilisation de leur logiciel (dont une partie était finalement due à un problème de notre côté... désolé), Armel pour les corrections orthographiques, Laurent Pérochon pour son aide sur le modèle UML initial, ainsi que les animateurs / organisateurs des séminaires Réfléxives®, séminaire qui a remis en question de façon profitable ma vision de mon sujet de thèse.

Mais une thèse ce n'est pas seulement un sujet de recherche, c'est aussi une ouverture à la recherche : ouverture aux autres domaines de recherche de mes unités d'affectation (merci donc à Armelle, Marie-Christine, Catherine, Jaap, les doctorants de l'UMR SENAH, Stéphane, Marie-Odile, Jean-Yves, les doctorants de l'équipe TSE et de l'UMR Métafort), des autres doctorants de l'INRA (merci à feu l'ATIR, néo DocAIR), merci beaucoup à tous les organisateurs des journées des doctorants du SAD ainsi qu'aux doctorants qui y ont participé... Je crois que ces journées passées à Saint Martin de Londres furent parmi les meilleures de ma thèse, merci donc aux Etienne, Rodolphe, Chloé, Julie, Olivier, Laurence, Damien, Frédéric, Lucie ... J'espère bien continuer à vous voir, même si c'est à un rythme peu fréquent !

Grâce à NICOMAUQUE et à Claudine Thenail j'ai aussi découvert les sujets de recherches de disciplines totalement différentes. J'ai enfin découvert la partie administrative de ce métier grâce à ma participation aux Commissions Administratives Paritaires (Nationales et spécifique des ASC : merci à ceux qui m'ont élu).

Enfin on ne passe pas trois ans dans un lieu sans y faire des rencontres et y établir des liens d'amitié. Merci donc à Ludo... 3 ans à me supporter dans le bureau et cela toujours avec le sourire : félicitations !! En tout cas j'ai bien apprécié cette cohabitation. Merci aussi à Rozenn et à Alice, une touche de sensibilité dans ce monde de brute (quoique... :P). Merci à Aurélie pour ses mimiques, ses petits messages et pour m'avoir introduit dans la communauté des joueurs rennais de WoW. Merci à la coloc infernale pour les apéros chez eux, les soirées avec panache (genre soirée jeu de la bière ou poker), les petits apéros en « sécu ». Merci notamment à Cyrille (bon par contre la description de ma personne avec l'analogie à la Guinness, je ne suis pas contre bien sûr mais va falloir la bosser un peu hein !☺) et à Xavier (respect pour ton travail et ta maîtrise de la Wii et de PES ☺). Merci aussi à David pour les bons plans sorties sur Rennes, pour les discussions passionnées à 2h du mat, pour ta confiance et pour nous avoir rejoint pour le périple Irlandais ! Merci à Etienne pour ta franche camaraderie, tes questions de stats encore plus pointues que les miennes et pour l'organisation des petits repas festifs entre doctorants du site de Saint Gilles. Merci à Pierre pour ses passages tard le soir avant de partir dans ma phase de rédaction. Pour finir avec les collègues amis de l'INRA, merci aux différents stagiaires passés soit dans le bocal à poisson à côté de notre bureau, soit dans un autre bureau, merci donc Audrey, Jean-Philippe (Starwars de Noël restera dans ma mémoire !), Félix, Sébastien, ... Du côté de Clermont, je veux remercier toute l'équipe TSE qui m'a fait me sentir comme un membre à part entière de leur équipe et ce dès

le début (je me souviens de ce poster présentant l'équipe TSE lors de l'AG du SAD, avec déjà mon nom mais un ? à la place de ma photo... à peine 1 mois après le début de ma thèse). Merci donc à Nathalie, Cécile et Rainer, Marie-Angéline et consorts pour les soirées passées sur Clermont, pour l'hébergement et pour m'avoir fait découvrir mon restaurant fétiche « La cassolette » ☺. Et puis merci à Soraya et Isma pour l'hébergement à Paris et bon courage pour le bel événement qui arrive ! J'espère que ca vous empêchera pas de venir me voir ! ☺

Et puis une thèse laisse encore un peu de place aux loisirs et je paraphraserai pour commencer un ami ayant soutenu sa thèse il y a déjà 2 ans : merci Blizzard pour tes jeux et notamment World of Warcraft. Merci à tous mes amis rencontrés dans ce jeu virtuel mais aussi en vrai, Listel, Graves, Layon, Tariquet, Krap, Corandel, Pessac, Gromgol, Clarimonde, Kitana, Sclé, Ouest, Shyria, Faull, Jocasta, Topa, Volalatre (et dire que certains osent encore dire que les jeux en ligne ne créent pas de relations :s). Merci aussi aux Schtroumpfs Verts (et associés) pour leur bonne humeur et leur humour bien décalé ! C'est cool d'avoir un groupe de pote comme vous. Merci aussi à William G. Morgan d'avoir inventé le volley-ball et à Ludo de l'organiser pour l'INRA de Rennes. Les rendez vous du lundi soir ont toujours été les bienvenus, notamment grâce à la bonne ambiance qu'il règne au cours de cette séance et cette volonté de faire quelque chose tous ensemble lors des coupes / Adayades. Désolé de vous abandonner lors de cette peut-être dernière coupe de volley avec l'INRA de Rennes mais d'autres festivités m'attendent ☺ (et puis de toute façon c'est à peine s'il y a 70km à faire cette année... même pas drôle du coup ☺). Bref merci à Monzy, Fonzy, Papy, Dherby pour ceux en « y » mais aussi à Natacha, Omar, Delphine, Armel, Benoît, Sandrine, Solène, Francine, Pascaline, ... Merci aussi aux joueurs de mon club de volley du Rheu, pour les matchs plus ou moins fait à l'arrache, pour les quelques victoires et surtout pour les bons restos faits après les matchs, toujours dans la bonne ambiance quelque soit le résultat. Merci aussi pour les soirées passées ensembles qui ont participé à faire que cette thèse de plus de trois ans me paraisse bien plus courte. Enfin, mon dernier loisir étant de ... bien manger..., merci à Thierry le cuisinier de la Sodexo qui m'a permis de maintenir au moins un repas équilibré et riche en saveur tous les jours !

Pour terminer ces remerciements (qui sont, à l'image de la thèse, un petit peu longs... et pourtant je suis sûr d'en oublier encore... toutes mes excuses), je souhaite avoir une pensée particulière pour mes parents qui m'ont laissé choisir ma voie selon mes envies en me motivant juste ce qu'il fallait, et à mon frère et ma sœur pour leur soutien. Et je conclurai en disant : merci Bjorn pour tes sourires, tes chansons et tes mimiques de fourbe... J'espère que je te montre avec ce travail un exemple à suivre ☺.

<u>Index des Abréviations</u>	13
<u>Index des Figures</u>	14
<u>Index des Tableaux</u>	17
<u>Index des Encadrés</u>	19
<u>Introduction</u>	21
Contexte général _____	23
Objectifs _____	24
Démarche _____	25
<u>Chapitre I Introduction bibliographique</u>	29
1. L'élevage porcin _____	31
1.1. La truie _____	31
1.1.1. <i>Déroulement d'un cycle de reproduction</i> _____	31
1.1.2. <i>Les facteurs physiologiques qui affectent les différentes durées des cycles</i> _____	32
1.1.3. <i>Les facteurs physiologiques qui influencent la prolificité</i> _____	34
1.2. Les ateliers de production porcine _____	35
1.3. La conduite des troupeaux de truies _____	37
1.3.1. <i>La conduite en bande</i> _____	37
1.3.2. <i>Les pratiques qui influent sur le déroulement d'un cycle de reproduction</i> _____	40
a. <i>Gestion des effectifs (Renouvellement, Réforme, Réinsémination)</i> _____	40
b. <i>Les pratiques autour de la mise bas et les adoptions</i> _____	41
c. <i>Autour du sevrage, des œstrus et des inséminations</i> _____	42
d. <i>Conclusion</i> _____	43
2. Le travail en élevage _____	44
2.1. L'évolution du travail dans l'agriculture _____	44
2.1.1. <i>Le monde agricole en général</i> _____	44
2.1.2. <i>L'élevage porcin plus spécifiquement</i> _____	45
2.2. La science et le travail dans l'agriculture _____	46
2.3. L'approche zootechnique du travail : 2 mondes _____	47
2.3.1. <i>Efficacité du travail</i> _____	47
2.3.2. <i>Efficiéce du travail</i> _____	47
2.4. Méthodes de représentation _____	49
2.4.1. <i>Les indicateurs de performance du travail</i> _____	49
2.4.2. <i>Les méthodes d'évaluation de l'efficiéce du travail</i> _____	51
a. <i>Bilan Travail</i> _____	51
b. <i>Atelage</i> _____	51
2.5. Les adaptations face à la pression du travail _____	52
2.6. Conclusion _____	55
3. Les indicateurs de performances techniques _____	55

3.1. Indicateur de gestion technique des élevages porcin (GTTT - GTE – TB)	56
3.2. Les indicateurs de performance des truies par cycle	57
3.2.1. <i>Proliféricité</i>	57
3.2.2. <i>Durées</i>	57
3.3. Les indicateurs de performance des élevages	57
3.3.1. <i>Les performances par truie par an</i>	57
3.3.2. <i>Les indicateurs de démographie</i>	58
3.3.3. <i>Les autres indicateurs</i>	59
3.4. Conclusion	59
4. La modélisation systémique des élevages	59
4.1. Le système général	59
4.2. Les « Livestock Farming System »	60
5. Les modèles d'élevage	62
5.1. Le modèle : une représentation de la réalité	62
5.2. La construction d'un modèle	63
5.3. Les différents types de modèles	64
5.4. Les modèles bio-décisionnels de fonctionnement de troupeaux	65
5.4.1. <i>Les questions traitées</i>	65
5.4.2. <i>La représentation des animaux</i>	66
5.4.3. <i>Les décisions</i>	67
a. <i>Les nombres de bandes et la durée de lactation</i>	68
b. <i>Les pratiques de renouvellement - réforme</i>	69
c. <i>Les pratiques de reproduction</i>	70
d. <i>L'alimentation</i>	70
e. <i>L'éleveur</i>	71
5.4.4. <i>Les ressources</i>	71
5.4.5. <i>Conclusions sur les modèles bio-décisionnels</i>	72
5.5. La validation des modèles	73
5.6. Conclusion	74
<u>Chapitre II MaProSH Management and Productivity of Sow Herds</u>	<u>77</u>
1. Introduction	79
2. Simulation of sow herd dynamics with emphasis on performance and distribution of periodic task events	83
2.1. Summary	83
2.2. Introduction	84
2.3. Model description	86
2.3.1. <i>The studied batch farrowing systems</i>	86
2.3.2. <i>Herd representation in the MaProSH model</i>	86
2.3.3. <i>Animal representation</i>	88
2.3.4. <i>Decision rules</i>	89
2.3.5. <i>Discrete event simulation controlled by a clock</i>	91
2.4. Calibration of the number and length of simulations	92

2.4.1. <i>Initial structure of the herd</i>	92
2.4.2. <i>Number and length of sow herd simulations</i>	92
2.5. Effects of animal biological parameters and management on herd productivity	97
2.5.1. <i>Effect of changes on production strategies</i>	97
2.5.2. <i>Effect of the period of oestrus detection</i>	100
2.5.3. <i>Effect of the weaning day</i>	100
2.5.4. <i>Effect of weaning to oestrus interval and fertility</i>	100
2.6. Discussion	102
2.6.1. <i>Operation of MaProSH</i>	102
2.6.2. <i>Specificity of MaProSH</i>	103
2.6.3. <i>Intelligence of the herd operation</i>	104
2.7. References	106
CHAPITRE III Les résultats de l'enquête en élevage	111
1. Introduction	113
2. Présentation de l'enquête	114
3. La diversité des pratiques	116
3.1. La surveillance des mises bas	116
3.2. L'adoption	118
3.3. Le sevrage	119
3.4. La surveillance des chaleurs	119
3.5. L'insémination	120
3.6. Le renouvellement	122
3.7. La réforme	123
3.8. L'interaction Renouvellement – Réforme	124
3.9. Conclusion sur la diversité des pratiques	125
4. Les relations entre les pratiques et les attentes de l'éleveur	127
4.1. Les relations entre les attentes de l'éleveur et leurs pratiques autour de la mise bas et des inséminations	127
<i>Do labour productivity and preferences about work load distribution affect reproduction management and performance in pig farms?</i>	128
4.2. Les relations entre les pratiques de renouvellement et de réforme et les attentes de l'éleveur.	149
5. Conclusion	151
Chapitre IV Analyse de la base de données « Gestion Technique des Troupeaux de Truies » (GTTT)	153
1. Introduction	155
2. Matériel et méthodes	157
2.1. Données utilisées	157
2.2. Sélection des données	157

2.2.1. <i>Qualité des renseignements</i> _____	159
<i>a. Sur les inséminations</i> _____	159
<i>b. Sur la prolificité</i> _____	159
2.2.2. <i>Stabilité de la conduite</i> _____	159
<i>a. Détermination de la conduite</i> _____	159
<i>b. Sélection des élevages ayant une conduite stabilisée</i> _____	160
2.2.3. <i>Le nombre de truies productives par élevage</i> _____	162
2.2.4. <i>La sélection des données au niveau de chaque truie</i> _____	162
2.3. <i>Analyses statistiques</i> _____	163
2.3.1. <i>Influence de la conduite (nombre de bandes, durée de lactation) sur les performances zootechniques.</i> _____	163
2.3.2. <i>Analyse de l'effet du rang de portée sur les performances des truies</i> _____	164
2.3.3. <i>Analyse des interactions entre critères de productivité</i> _____	164
2.3.4. <i>Analyse de l'effet des jours calendaires sur les critères de productivité</i> _____	165
<i>a. Répartition des événements selon le jour de la semaine</i> _____	165
<i>b. Effet du jour d'insémination sur la fertilité et la prolificité</i> _____	165
<i>c. Effet du jour de mise bas sur le taux de mort-nés</i> _____	166
<i>d. Effet du jour de sevrage sur le jour de l'insémination, sur la durée de l'ISO et sur la prolificité</i> _____	166
3. Résultats _____	166
3.1. <i>Références zootechniques des différentes conduites en bandes</i> _____	166
3.1.1. <i>Description des données selon la conduite en bandes</i> _____	166
3.1.2. <i>Effet de la conduite</i> _____	168
<i>a. Sur la productivité des truies</i> _____	168
<i>b. Sur la productivité du troupeau</i> _____	168
<i>c. Sur la démographie du troupeau</i> _____	170
3.2. <i>Effet du rang de portée</i> _____	170
3.3. <i>Interaction entre critères de performances</i> _____	172
3.3.1. <i>Les paramètres influençant la prolificité</i> _____	172
3.3.2. <i>Les paramètres influençant l'ISO, l'ISSF et le taux de fertilité</i> _____	176
3.4. <i>Effets des jours calendaires sur les performances des truies</i> _____	180
3.4.1. <i>Répartition des événements selon le jour de la semaine</i> _____	180
3.4.2. <i>Effet du jour d'insémination</i> _____	184
3.4.3. <i>Effet du jour de mise bas</i> _____	185
3.4.4. <i>Effet du jour de sevrage</i> _____	186
4. Discussion _____	187
4.1. <i>Analyse de la diversité des conduites à partir de bases de données zootechniques : des bases de comparaison limitées</i> _____	187
4.2. <i>Diversification des modèles de conduite des troupeaux porcins</i> _____	188
4.3. <i>Effet de la conduite sur la répartition des événements périodiques</i> _____	189
4.4. <i>Effets de la conduite sur les critères de construction de la productivité</i> _____	190
4.5. <i>L'effet des facteurs individuels sur les critères de productivité des truies</i> _____	191
4.5.1. <i>La prolificité</i> _____	191
4.5.2. <i>Les intervalles productifs (ISO, ISSF, durée du cycle sexuel) et la fertilité</i> _____	194
<i>a. L'ISSF et la fertilité</i> _____	194

<i>b. L'ISO</i>	196
<i>c. La durée du cycle sexuel</i>	197
5. Conclusion	197
Chapitre V La maquette du modèle conceptuel SHOP	199
1. Introduction	201
2. Représentation des pratiques et des stratégies	206
3. La représentation des pratiques, des lois biologiques et de leurs interactions au moment des inséminations	208
3.1. La fertilité « biologique »	209
3.1.1. <i>Les cochettes</i>	210
3.1.2. <i>Les truies</i>	210
3.1.3. <i>La dynamique de la fertilité biologique au cours de l'œstrus</i>	215
3.1.4. <i>Durée de l'œstrus et moment de l'ovulation</i>	216
3.1.5. <i>L'intervalle sevrage – œstrus</i>	217
3.2. La fertilité « pratique »	218
3.2.1. <i>Le moment où débute l'œstrus</i>	218
3.2.2. <i>Le sevrage et la détection des œstrus</i>	219
3.2.3. <i>Les inséminations</i>	220
3.3. Mise en œuvre de ces représentations sous Excel®	220
3.3.1. <i>Description du modèle</i>	221
<i>a. La fertilité biologique</i>	222
<i>b. La fertilité pratique</i>	224
<i>c. La fertilité du troupeau</i>	225
3.3.2. <i>Résultats et discussion</i>	225
3.4. Conclusion sur la modélisation autour des inséminations	229
4. La représentation des pratiques et des lois biologiques autour de la mise bas	230
4.1. Influence de l'histoire productive des truies sur leur prolificité	230
4.2. L'effet des pratiques	234
4.2.1. <i>Le déclenchement des mises bas</i>	234
4.2.2. <i>La surveillance des mises bas</i>	236
4.2.3. <i>Les pratiques d'adoption</i>	238
<i>a. Le nombre et la qualité des tétines : la survie des porcelets</i>	239
<i>b. Les règles d'adoption</i>	241
4.3. Les sorties liées aux pratiques autour de la mise bas	242
5. La représentation du renouvellement et de la réforme	242
5.1. Le renouvellement	242
5.2. La réforme	243
5.2.1. <i>L'index de réformabilité</i>	245
5.2.2. <i>La période de prise de décision de réforme</i>	245
5.2.3. <i>Le rythme d'enlèvement</i>	247
6. MaProSH – SHOP, un même cadre, deux modèles	247

Chapitre VI DISCUSSION GENERALE	251
1. La démarche de modélisation	253
2. Originalité des modèles MaProSH et SHOP	257
2.1. Originalité de structure et de fonctionnement	257
2.1.1. <i>Modèle de simulation</i>	257
2.1.2. <i>Dynamique</i>	257
2.1.3. <i>Événementiel</i>	258
2.1.4. <i>Systémique et Mécaniste</i>	259
2.1.5. <i>Stochastique</i>	261
2.1.6. <i>Individu centré</i>	262
2.2. Originalité de contenu	263
2.2.1. <i>La représentation des animaux</i>	263
2.2.2. <i>La représentation des pratiques</i>	264
2.2.3. <i>Les sorties des modèles</i>	269
3. La validation des modèles développés	272
4. Conclusion	273
Conclusions et perspectives	275
Références Bibliographiques	281
Annexes	299
Annexe A Les représentations biotechniques du fonctionnement des troupeaux de truies : analyse comparative et perspectives.	301
Annexe B Questionnaire d'enquête	309
Annexe C Note de synthèse envoyée aux éleveurs et techniciens de groupement présentant les principaux résultats de l'enquête.	323

Index des Abréviations

Abréviation française	Abréviation anglaise	Sens
ACP	PCA	Analyse en Composante Principale
AFC	CFA	Analyse Factorielle des Correspondances
AFM	MFA	Analyse Factorielle Multiple
ATELAGE		Activités de travail dans les exploitations d'élevage
	BFS	Batch Farrowing System (conduite en bandes)
CAH	AHC	Classification Ascendante Hiérarchique
Dlac		Durée de la lactation
Dlac_prec		Durée de la lactation au rang de portée précédent
FOQ		Formes d'Organisation Quotidiennes
FSH	FSH	Hormone folliculostimulante
GAEC		Groupement Agricole d'Exploitation en Commun
GTTT	TSHMS	Gestion Technique des Troupeaux de Truies
HP		Hyperprolificité
IA	AI	Insémination Artificielle
IATO		Intervalle entre l'arrêt du traitement hormonal de synchronisation des œstrus
IIAO		Intervalle entre l'Insémination et l'Ovulation
IOO	OOI	Intervalle entre deux œstrus
iSev		Intervalle entre deux sevrages
ISO	WOI	Intervalle Sevrage Oestrus
ISSF	WCI	Intervalle Sevrage Saillie Fécondante
LH	LH	Hormone lutéinisante
MAP		Maladie d'Amaigrissement des Porcelets
MaProSH	MaProSH	Management and Productivity of Sow Herd
mNT		Moyenne du nombre de porcelets nés totaux au cours de la carrière passée
NbTet		Nombre de tétines
NS	WP	Nombre de porcelets sevrés
NS_prec		Nombre de porcelets sevrés au rang de portée précédent
NT	TB	Nombre de porcelets nés totaux
NV	LBP	Nombre de porcelets nés vivants
OST		Organisation Scientifique du Travail
pSB		Pourcentage de porcelets mort-nés sur nés totaux
RP		Rang de Portée
SAU		Surface Agricole Utile
SHOP		Sow Herd Operations and Performances
TDC		Temps Disponible Calculé
TF1_rel		Taux de Fertilité en 1 ^{ère} insémination, relativement à la moyenne de l'élevage
UGB		Unité Gros Bétail
UTA	AWU	Unité de Travail Annuel
UTH		Unité de Travail Humain
UML		Unified Modeling Language

Index des Figures

Figure 1	Organisation générale de la thèse.	26
Figure I.1	Evolution des concentrations en LH, œstradiol et progestérone au cours du cycle sexuel de la truie.	30
Figure I.2	Cycle sexuel de la truie	30
Figure I.3	Synthèse des différents facteurs modifiant l'Intervalle Sevrage Oestrus (ISO) et la durée de l'œstrus.	33
Figure I.4	Synthèse des différents facteurs modifiant le nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés.	34
Figure I.5	Structure pyramidale du dispositif d'amélioration porcine.	36
Figure I.6	Les interactions entre des rythmes de travail périodiques et hebdomadaires en élevage bovin lait. Une approche par les Formes d'Organisation Quotidiennes (FOQ).	52
Figure I.7	Deux façons de comptabiliser le nombre de truies dans un élevage : les truies en production et les truies présentes.	58
Figure I.8	Les différentes étapes de l'élaboration d'un modèle	63
Figure IV.1	Exemple de carrières enregistrées dans la Gestion Techniques des Troupeaux de Truies dans deux élevages.	156
Figure IV.2	Etapes de sélection des élevages et des truies de la base de données de la Gestion Technique des Troupeaux de Truies	158
Figure IV.3	Dernières données enregistrées au moment du dernier envoi d'information.	161
Figure IV.4	Evolution du nombre de truies présentes dans l'élevage en fonction du rang de portée et de la conduite.	170
Figure IV.5	Moyennes et écarts-types du nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés par truie en fonction de la durée de l'ISO	172
Figure IV.6	Moyennes et écarts-types du nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés par truie en fonction de la durée de l'ISSF	173
Figure IV.7	Moyenne et écart-type du nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés en fonction du nombre de porcelets nés totaux au rang de portée précédent.	174
Figure IV.8	Moyenne et écart-type du nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés en fonction du nombre de porcelets vivants au rang de portée précédent.	175
Figure IV.9	Moyenne et écart-type du nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés en fonction du nombre de porcelets sevrés au rang de portée précédent.	175
Figure IV.10	Moyenne et écart-type du nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés en fonction de la durée de lactation au rang de portée précédent.	176
Figure IV.11	Moyenne et écart-type de l'intervalle Sevrage (Estrus (ISO) en fonction de la durée de lactation.	177
Figure IV.12	Durée moyenne de l'ISSF, de l'ISO et taux de fécondation moyen au premier œstrus selon le nombre de porcelets nés totaux au rang de portée précédent	177

Figure IV.13	Durée moyenne de l'ISSF, de l'ISO et taux de fécondation moyen au premier œstrus selon le nombre de porcelets nés vivants au rang de portée précédent	178
Figure IV.14	Durée moyenne de l'ISSF, de l'ISO et taux de fécondation moyen au premier œstrus selon le nombre de porcelets sevrés au rang de portée précédent	178
Figure IV.15	Durée moyenne de l'ISSF, de l'ISO et taux de fécondation moyen au premier œstrus selon la durée de lactation au rang de portée précédent	179
Figure IV.16	Durée moyenne de l'ISSF et taux de fécondation moyen au premier œstrus selon la durée de l'ISO au rang de portée considéré.	180
Figure IV.17	Répartition des jours d'œstrus selon la conduite	181
Figure IV.18	Répartition des jours de mise bas selon la conduite	181
Figure IV.19	Répartition des jours de sevrage selon la conduite	182
Figure IV.20	Répartition des jours d'œstrus selon le rang de portée	182
Figure IV.21	Répartition des jours de mise bas selon le rang de portée	183
Figure IV.22	Jour du sevrage selon le rang de portée	184
Figure IV.23	Nombre de nés totaux et de nés vivants selon le jour de la saillie fécondante. Pourcentage de truies fécondées à la première saillie selon le jour de la première saillie et selon le jour de la saillie fécondante	185
Figure IV.24	Nombre de nés totaux, nés vivants et pourcentage de pertes en fonction du jour de la mise bas.	186
Figure IV.25	Distribution des jours de première insémination selon le jour du sevrage (mercredi ou jeudi uniquement)	187
Figure V.1	Paramètres utilisés pour estimer la fertilité théorique et la fertilité observée.	210
Figure V.2	Taux de fertilité relatif à la fertilité moyenne de l'élevage en fonction de l'intervalle sevrage – œstrus et de la durée de la lactation précédente.	213
Figure V.3	Taux de fertilité relatif à la fertilité moyenne de l'élevage en fonction de l'intervalle sevrage – œstrus et du nombre de porcelets sevrés à la lactation précédente	213
Figure V.4	Taux de fertilité relatif à la fertilité moyenne de l'élevage en fonction du nombre de porcelets sevrés à la lactation précédente et de la durée de la lactation	214
Figure V.5	Gain de fertilité relative par rapport à la fertilité moyenne de l'élevage en fonction du rang de portée (base = second rang de portée).	214
Figure V.6	Fertilité en fonction de l'intervalle entre l'insémination et l'ovulation dans le modèle de Lamberson et Safranski (2000) et dans le modèle SHOP.	215
Figure V.7	Simulation de la durée de l'œstrus en fonction de la durée de l'intervalle sevrage – œstrus (ISO) pour une population de 2000 truies représentative de la distribution retrouvée dans la GTTT.	217
Figure V.8	Le processus de calcul de la fertilité pratique mis en œuvre dans le modèle réalisé sous Excel© et reflétant le calcul proposé pour le modèle SHOP.	220
Figure V.9	Fertilité observée de 3 truies sevrées au même moment et avec des ISO différents.	222
Figure V.10	Taux de fertilité réel simulé pour un protocole d'insémination à 2 inséminations par jour, de la détection à la fin du comportement d'œstrus.	226
Figure V.11	Taux de fertilité réel simulé avec un protocole d'insémination à 2 inséminations par jours la première insémination survenant 12 heures après la détection.	226

Figure V.12	Intervalle entre l'insémination et l'ovulation pour les inséminations réalisées lors de la séance d'insémination suivant la détection de l'œstrus (9 à 15 heures après la détection dans le cas où il y a 2 séances de détection des œstrus par jour, A ; 9 heures après la détection dans le cas où il y a 1 séance de détection des œstrus par jour, B).	227
Figure V.13	Variation de la fertilité observée en fonction de l'insémination dans un protocole avec 3 inséminations en 24 heures. L'insémination entourée est celle avec la fertilité la plus élevée.	229
Figure V.14	Evolution du nombre de porcelets nés totaux relativement à la moyenne de l'élevage (100) en fonction du rang de portée, pour différentes classe de tailles à la première portée.	233
Figure V.15	Estimation de l'évolution du nombre de porcelet nés totaux exprimé relativement à la moyenne de l'élevage.	233
Figure V.16	Procédure proposée pour évaluer le nombre de porcelets sevrés à partir du nombre de porcelets nés totaux dans le modèle SHOP.	235
Figure V.17	Evolution du pourcentage moyen de porcelets mort-nés en fonction du nombre de porcelets nés totaux et du rang de portée.	237
Figure V.18	Comparaison des événements simulés au cours d'un cycle dans le modèle MaProSH (en haut) et dans le modèle SHOP (en bas)	249

Index des Tableaux

Tableau I.1	Enchaînement des actes techniques périodiques en fonction de la conduite en bande.	38
Tableau III.1	Modalités des critères d'échantillonnage et nombre d'élevages par modalité	114
Tableau III.2	Variables et modalités servant à l'analyse de la variabilité des pratiques autour des mises bas.	117
Tableau III.3	Variables et modalités servant à l'analyse de la variabilité des pratiques autour des inséminations.	120
Tableau III.4	Variables et modalités servant à l'analyse du rythme des tâches périodiques.	121
Tableau III.5	Variables et modalités servant à l'analyse de la variabilité des pratiques de renouvellement.	122
Tableau III.6	Variables et modalités servant à l'analyse de la variabilité des pratiques de réforme	123
Tableau III.7	Variables et modalités servant à l'analyse de l'interaction entre le renouvellement et la réforme.	124
Tableau IV.1	Nombre de bandes en fonction de la durée théorique de l'intervalle entre deux sevrages (iSev)	160
Tableau IV.2	Description des données selon la conduite en bandes et la durée de lactation	167
Tableau IV.3	Résultats techniques selon la conduite et la durée de lactation	169
Tableau IV.4	Résultats techniques selon le rang de portée	171
Tableau V.1a	Représentation dans SHOP des pratiques d'insémination et de leurs modalités en liaison avec le projet d'élevage	203
Tableau V.1b	Représentation dans SHOP des pratiques autour des mises bas et de leurs modalités en liaison avec le projet d'élevage	204
Tableau V.1c	Représentation dans SHOP des pratiques de renouvellement-réforme et de leurs modalités en liaison avec le projet d'élevage	205
Tableau V.2	Le projet d'élevage vis-à-vis de la répartition inter hebdomadaire du travail : 3 attentes de rythme de travail et leur cohérence de pratiques associée dans le modèle SHOP.	207
Tableau V.3	Le projet d'élevage vis-à-vis de la répartition intra hebdomadaire du travail : 4 attentes de rythme de travail (issues du chapitre III) et leur cohérence de pratiques associée dans le modèle SHOP.	207
Tableau V.4	Le projet d'élevage vis-à-vis de productivité des truies : 2 attentes vis-à-vis de la productivité des truies et leur cohérence de pratiques associée dans le modèle SHOP	208
Tableau V.5	Valeurs des coefficients du modèle utilisé pour calculer la fertilité en fonction du rang de portée (RP), du nombre de porcelets sevrés au rang de portée précédent (NS_prec), de la durée de la lactation précédente (Dlac_prec) et de la durée de l'intervalle entre le sevrage et l'œstrus (ISO).	211
Tableau V.6	Répartition des durées d'ISO observées dans la GTTT en % des ISO observés par rang de portée.	218
Tableau V.7	Répartition des intervalles entre l'arrêt du traitement hormonal de synchronisation des œstrus (IATO) et la venue en œstrus des cochettes traitées	219

Tableau V.8	Répartition des truies en fonction de leur rang de portée dans la base de données de la GTTT.	221
Tableau V.9	Fertilités prédites en fonction du nombre de détection d'œstrus par jour et du protocole d'insémination utilisé.	223
Tableau V.10	Valeurs estimées pour les coefficients du modèle ¹ concernant le nombre de nés totaux en valeur relative par rapport à la moyenne de l'élevage selon le rang de portée.	231
Tableau V.11	Valeurs estimées pour les coefficients du modèle utilisé pour calculer le pourcentage de porcelets mort-nés en fonction du rang de portée (RP) et du nombre de porcelets nés-totaux (NT)	237
Tableau V.12	Taux de mortalité par jour des porcelets selon la semaine de lactation et le nombre de porcelets par rapport au nombre de tétines de la truie (NbTet)	241
Tableau V.13	Exemple de calcul de l'index de réformabilité au moment du sevrage pour 10 truies avec des carrières différentes, dans un élevage avec un objectif de 12 porcelets nés totaux et 11 porcelets sevrés par truie.	246
Tableau V.14	Comparaison de la représentation des paramètres biologiques dans le modèle MaProSH et le modèle SHOP.	250

Index des Encadrés

Encadré V.1	Exemple de fonctionnement du modèle de fertilité pour 3 truies	221
Encadré V.2	Exemple de calcul de l'index de réformabilité	244

Introduction

Contexte général

La durabilité est actuellement au cœur de tous les débats concernant l'agriculture et l'élevage. Cette notion repose sur les trois piliers que sont l'économie, l'écologie et le social (Brundtland, 1987). Elle recouvre des demandes sociétales concernant l'environnement, le bien-être des animaux et la qualité des produits, mais aussi la pérennité de l'activité agricole qui passe par un revenu décent pour l'éleveur et la prise en compte de ses attentes par rapport au travail (Gibon et al. 1999). De fait, la majeure partie des recherches sur l'élevage durable (notamment en élevage intensif tel que l'élevage porcin) se tourne vers la relation entre production, économie (la « viabilité » pour l'éleveur) et respect de l'environnement, laissant de côté les aspects sociaux et notamment la « vivabilité » pour l'éleveur. Pourtant, le rapport au travail des éleveurs a beaucoup évolué depuis les années 80. Le temps du « labeur paysan » où la vie familiale était intimement liée au travail cède la place à des exigences de rythmes horaires réguliers, de week-ends libérés, bref à un travail agricole de plus en plus séparé de la vie familiale (Barthez, 1996 ; Dedieu et Servière, 2001). Cette évolution est marquée pour deux raisons. La proportion du salariat augmente parmi les travailleurs présents sur l'exploitation ce qui rend nécessaire d'adapter le système aux rythmes réglementaires de ce salariat d'une part et de réfléchir à l'organisation du travail entre les personnes au cours du temps d'autre part. Par ailleurs, les exploitants côtoient, dans leur environnement social, d'autres professions, non sujettes à l'astreinte aux bêtes, donc le rapport au travail et au temps libre interroge les conceptions en vigueur dans le milieu agricole.

Dans le secteur porcin, le pourcentage d'élevages sans salarié en France est passé de 69% en 1990 à 48% en 2005, tandis que la part des UTA (Unité de Travail Annuel) salariées dans le total des UTA est passée de 8% à 26% (Ilari, IFIP, communication personnelle). Ces évolutions font du secteur porcin le secteur d'élevage dans lequel le salariat est le plus développé. Ce phénomène est concomitant de l'augmentation importante de la taille des troupeaux qui est passée de 73 truies en moyenne en 1990 à 156 en 2005, (Ilari, IFIP, communication personnelle) et d'une évolution des modalités de conduite des troupeaux, de façon à rationaliser l'organisation des tâches. Le choix du type de conduite « en bandes » a, à cet égard, un impact direct sur la répartition du travail dans le temps (sur différentes semaines) et/ou dans l'espace (entre les différentes salles). Cet impact est l'un des points d'intérêt des producteurs comme le prouve les publications régulières dans les revues techniques sur les conduites « alternatives » (Le Borgne, 2002 ; Berger, 2006 ; Viel, 2006 ; Jégou, 2007).

De plus, les changements sociologiques vis-à-vis du travail contribuent à l'accroissement de la diversité des objectifs des éleveurs : tous ne partagent pas les mêmes conceptions du travail (Dufour et al. 2007) ce qui contribue à l'existence de différents « styles » d'élevage (Commandeur, 2003) et accroît la diversité des façons de conduire les troupeaux de truies. D'une façon plus générale, les éleveurs sont demandeurs d'éclairages quant aux possibilités de combiner, avec leur choix de conduite en bandes et de pratiques d'élevage, la recherche de performances zootechniques élevées et d'une certaine maîtrise de leur travail, par exemple en réduisant sa durée quotidienne, en autorisant les week-ends « allégés » ou encore en facilitant la répartition des tâches entre travailleurs. Par exemple, on sait que les truies donnent fréquemment naissance à plus de porcelets qu'elles ne peuvent en élever et certains éleveurs s'interrogent sur l'efficacité réelle pour la productivité de l'élevage d'une surveillance systématique des mises bas comparativement à une surveillance allégée. La réponse à cette question ne sera pas la même en fonction des possibilités d'adoption pour les porcelets et celles-ci peuvent dépendre de la conduite en bandes. Cet exemple montre que les réponses à ce type de questions sont complexes : un choix de conduite met en jeu différents registres techniques (reproduction et allotement dans l'exemple précédent) qui sont en interaction et dont la mise en œuvre effective (dans l'exemple, les pratiques de reproduction autour de la mise bas) est rarement homogène chez les producteurs. Par ailleurs, les truies ont leurs propres règles de fonctionnement biologique et leurs performances sont également sensibles à ces registres techniques et aux façons dont les pratiques sont mises en œuvre. La modélisation du fonctionnement dynamique d'un troupeau de truies constitue une voie d'exploration de ces interactions complexes (Cournut et Dedieu 2004).

Objectifs

Dans ce contexte, l'objectif de cette thèse est de proposer une méthode permettant d'étudier le fonctionnement dynamique d'un troupeau de truies en lien avec des questions de production et de travail. Le fonctionnement dynamique d'un troupeau (« herd dynamic » dans la communauté anglo-saxonne) est vu comme un ensemble complexe d'interactions entre l'expression d'une conduite, sa mise en œuvre effective et les comportements biologiques animaux et donnant lieu à une production animale et au renouvellement de la composition du troupeau (Lehenbauer et Oltjen, 1998). Dans notre projet, la conduite et la mise en œuvre des pratiques sont finalisées par des objectifs de productivité numérique d'une part et de répartition du travail spécifiquement lié à la reproduction (travail dit « périodique ») d'autre part.

Notre objectif sera atteint en construisant un modèle de simulation. Nous proposons dans ce travail de détailler les étapes de la conception de ce simulateur qui devra permettre de :

- représenter les principaux types de conduites en bandes rencontrés dans les élevages,
- représenter les objectifs de l'éleveur et les combinaisons de pratiques qui leurs sont associées
- représenter chaque truie individuellement depuis son achat jusqu'à sa réforme et formaliser l'influence de son histoire productive, d'une part, et des pratiques d'élevage, d'autre part, sur ses performances de reproduction,
- fournir les indicateurs de performances zootechniques classiques rendant compte de l'efficacité du processus de production du troupeau ainsi que la répartition calendaire des tâches liées à la reproduction.

A ce stade, notre projet de simulation a une finalité de recherche et, même si ce travail devrait pouvoir y contribuer, l'objectif n'est donc pas de produire un outil d'aide à la décision utilisable par les éleveurs ou les techniciens de groupements.

De par ses objectifs cette thèse s'inscrit donc dans le champ disciplinaire de la zootechnie "des systèmes d'élevage" (Landais, 1987 ; Gibon et al., 1999) aussi bien pour ce qui concerne la représentation des animaux et de leurs performances sur le long terme que la représentation de l'éleveur, de ses projets et de ses pratiques. Ainsi ce projet fait intervenir des chercheurs zootechniciens de deux départements de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), le département Physiologie Animale et Systèmes d'Elevage (PhASE) et le département Sciences pour l'Action et le Développement (SAD).

Démarche

La réalisation d'un modèle se base sur des concepts et des données qui peuvent exister dans la bibliographie, que l'on peut générer par l'expérimentation ou collecter sur le terrain. Il est fréquent de constater, pendant la phase de construction du modèle, l'existence de certaines zones d'ombre dans la bibliographie, ce qui conduit à réaliser des allers-retours entre l'expérimentation, l'enquête et la modélisation. Cette thèse en sera un exemple concret comme le montre la démarche représentée à la figure 1.

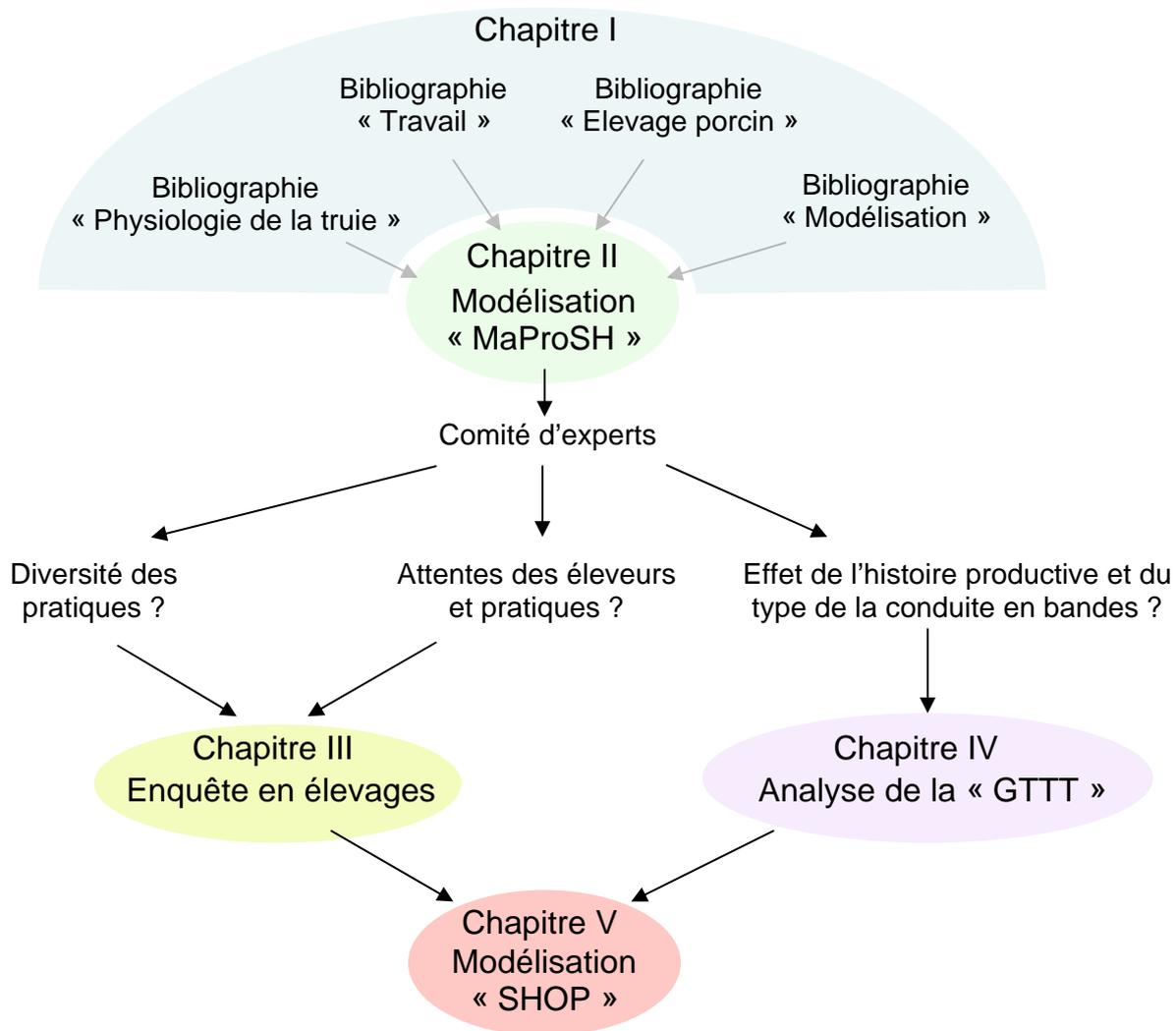


Figure 1 : Organisation générale de la thèse.

Nous avons en effet choisi de nous baser tout d'abord sur une étude de la bibliographie (Chapitre I) pour construire un premier modèle (Management and Productivity of Sow Herds model, MaProSH) capable de représenter le fonctionnement d'un troupeau de truies, quels que soient le nombre de bandes ou la durée de la lactation choisis par l'éleveur (Chapitre II), ce premier prototype constituant en soi un projet original vis-à-vis de l'état de l'art et un premier investissement sur la question des interactions entre projet technique et de répartition des tâches liées à la reproduction. Ce modèle a été présenté à un groupe d'experts composé de techniciens de groupements, de conseillers de Chambres d'Agriculture et de chercheurs de l'Institut de la Filière Porcine (IFIP) et de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Ce groupe a permis de dégager les axes de recherche les plus importants à développer pour améliorer le modèle : i) décrire la variabilité des pratiques effectivement mises en œuvre en élevages porcins, ii) définir les relations entre les objectifs de l'éleveur

(productivité, travail) et ses pratiques et iii) évaluer l'effet de l'histoire productive des animaux sur leurs performances. Nous avons alors mis en place deux protocoles d'étude, l'un réalisé sur le terrain sous la forme d'une enquête auprès d'éleveurs afin de répondre plus précisément aux deux premières questions (Chapitre III) et l'autre sous la forme d'une analyse de la base de données de la Gestion Technique des Troupeaux de Truies (GTTT) pour apporter des réponses à la troisième question (Chapitre IV). Ces deux études ont été menées en collaboration avec les groupements de producteurs d'une part et l'IFIP d'autre part. Les résultats de ces protocoles expérimentaux sont intégrés à un nouveau projet de simulateur (Sow Herd Operation and Performances, SHOP) dont nous présenterons ici la maquette du modèle conceptuel (Chapitre V). Nous discuterons enfin (Chapitre VI) la démarche utilisée pour réaliser cette thèse ainsi que ce qu'elle apporte sur le plan de la modélisation du fonctionnement des troupeaux de truies, de la représentation des pratiques et de celles des animaux, avant de s'interroger sur la validation et les perspectives d'utilisation de ces modèles.

Les chapitres II et III s'appuieront en partie sur des articles acceptés pour publication dans des revues (Livestock Science, Journal of Agricultural Science). Les autres chapitres font l'objet d'une rédaction spécifique.

Chapitre I

Introduction bibliographique

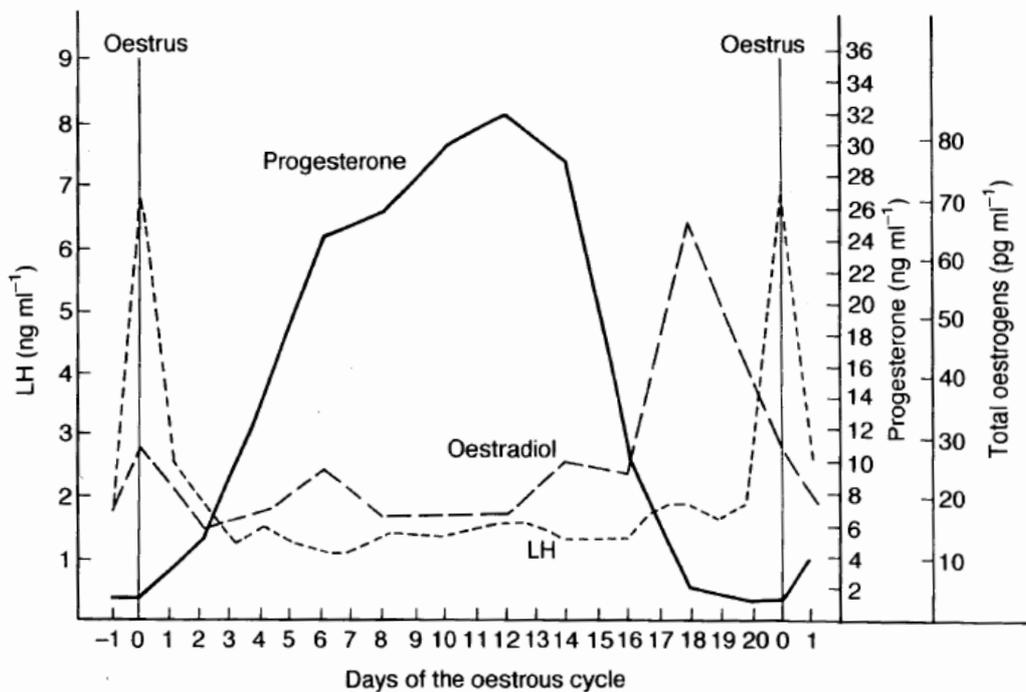


Figure I.1 : Evolution des concentrations en LH, œstradiol et progestérone au cours du cycle sexuel de la truie (d’après Hansel et al. 1973).

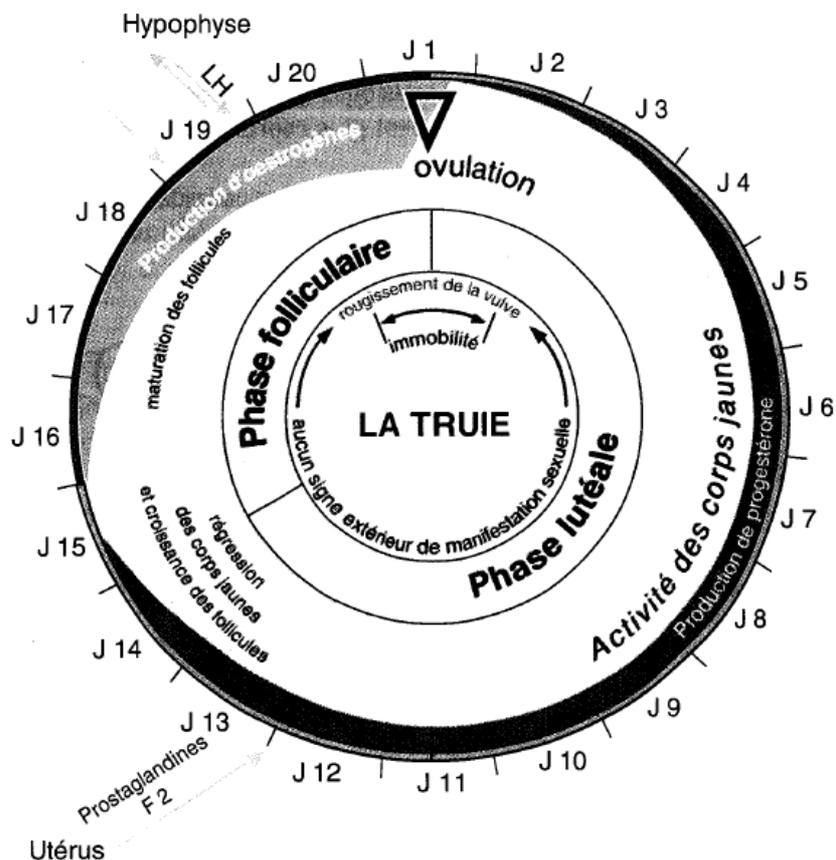


Figure I.2 : Cycle sexuel de la truie (tiré de « Le mémento de l’éleveur de Porc », ITP, 2000)

Représenter et relier dans un modèle les attentes de production et de travail des éleveurs, leurs pratiques, ainsi que la productivité et le renouvellement des animaux qui composent le troupeau nécessite de collecter des données sur de nombreux aspects. Le premier point important est de comprendre l'élevage porcin, depuis les spécificités biologiques de la truie jusqu'aux évolutions actuelles des structures et les modes de production : ceci fait l'objet de la première partie de l'introduction bibliographique. Dans la seconde partie nous nous focaliserons sur l'évolution des attentes par rapport au travail en agriculture et dans l'élevage porcin en particulier avant d'étudier comment le travail est perçu en tant qu'objet de recherche dans différentes disciplines scientifiques et en particulier en zootechnie. La troisième partie présentera les différents indicateurs de performance des troupeaux utilisés couramment en élevage porcin. Nous aborderons enfin le concept de système d'élevage et la modélisation. Nous ferons une comparaison des démarches de modélisation de fonctionnement de troupeaux en production porcine avec quelques renvois à des démarches similaires conduites dans d'autres types d'élevage (herbivores).

1. L'élevage porcin

Dans cette partie nous aborderons tout d'abord le fonctionnement physiologique des truies composant le troupeau avant de nous intéresser à l'organisation des élevages et aux pratiques mises en œuvre pour conduire les troupeaux.

1.1. La truie

1.1.1. *Déroulement d'un cycle de reproduction*

Le cycle sexuel chez la truie dure environ 21 (± 2) jours (Asdell, 1964). Comme chez d'autres espèces de mammifères, ce cycle est sous la dépendance de trois hormones principales : la LH, la FSH et l'œstradiol (Figure I.1). La LH reste faiblement concentrée durant la majorité du cycle puis augmente fortement (pic de LH) tous les 21 jours lors de l'ovulation. Cette décharge de LH est précédée par une diminution importante de la concentration en progestérone (dans les 7 jours qui précèdent) et par un pic d'œstradiol qui survient environ 3 jours avant le pic de LH. Le cycle se poursuit en cas de non fécondation et les niveaux de LH, d'œstradiol et de progestérone reviennent à leurs niveaux initiaux. Sur le plan comportemental la période précédant l'ovulation est repérable par le comportement « d'œstrus » de la truie (Figure I.2). Une truie en œstrus est une truie qui reste immobile lorsque le verrat la monte ou, en condition d'élevage, lorsque l'éleveur effectue une pression sur son dos, généralement en

présence du verrat. Ce comportement dure de 2 à 3 jours et se déclare généralement 1 à 2 jours avant l'ovulation (Bazer *et al.*, 1982 ; Anderson, 1993 ; Kemp et Soede, 1996 ; Soede et Kemp, 1997). La truie est alors prête à être inséminée. La période optimale d'insémination se situe selon Kemp et Soede (1996) et Steverink *et al.* (1997) durant les 24 heures qui précèdent l'ovulation. En moyenne, le taux de fécondation observé en élevage est de 85 à 90%. En cas de fécondation la gestation dure environ 114 jours (« 3 mois, 3 semaines, 3 jours ») (IFIP, 2007). Il y a cependant environ 1% des truies qui avortent entre la 4^{ème} semaine de gestation et la mise bas. Ces avortements surviennent plus fréquemment en fin de gestation (de 90 à 110 jours après la fécondation) (Boulot et Badouard, 2006). Les truies mettent bas des portées d'environ 14 porcelets dont 1 mort-né (IFIP, 2007) pour un poids moyen de portée de 18 kg (Quiniou *et al.*, 2001). En conditions naturelles la lactation dure de 10 à 12 semaines, mais elle est ramenée entre 3 et 5 semaines dans les conditions d'élevage (Orgeur *et al.*, 2002). Au cours de la lactation une partie des porcelets meurent et les truies sèvrant en moyenne 11 porcelets (soit 20% de pertes par rapport aux nés totaux et 15% par rapport aux nés vivants) (IFIP 2007). Les critères de productivité des truies par portée prennent généralement en compte le nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés. Le cycle sexuel est bloqué durant la lactation (anœstrus de lactation), notamment à cause de la prolactine sécrétée en réponse aux tétées (Quesnel et Prunier, 1995). Au sevrage, le cycle sexuel reprend et, dans les conditions d'élevage, le comportement d'œstrus survient en moyenne 4 jours après le tarissement des truies (souvent dénommé par abus de langage « sevrage des truies »). Cette durée est appelée « intervalle sevrage-œstrus » (ISO).

En résumé, le cycle sexuel de la truie dure environ 21 jours en l'absence de gestation et de 20 à 22 semaines si l'on considère la gestation (16 semaines), la lactation (3 à 5 semaines) et l'ISO (1 semaine).

1.1.2. Les facteurs physiologiques qui affectent les différentes durées des cycles

De nombreuses études ont porté sur les facteurs influençant la durée du cycle de la truie. Le cycle sexuel sans gestation est peu étudié car il correspond à une caractéristique de l'espèce et est donc peu modifiable. Asdell (1964) montre tout de même une durée généralement plus courte de ce cycle chez les truies nullipares (« cochettes »).

La durée de gestation n'est influencée que par le nombre de porcelets, les portées les plus nombreuses naissant plus précocement (Omtvedt *et al.*, 1965).

L'ISO est par contre dépendant des caractéristiques de la truie ou de l'environnement. Les différents facteurs qui influencent la durée de l'ISO sont présentés à la Figure I.3.

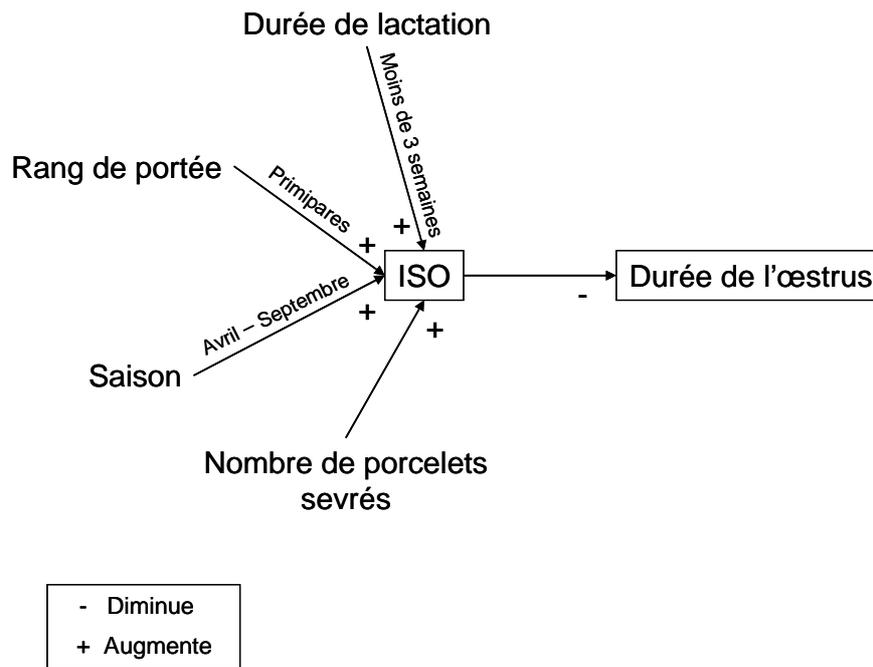


Figure I.3 : Synthèse des différents facteurs modifiant l'Intervalle Sevrage Oestrus (ISO) et la durée de l'œstrus.

Plusieurs auteurs (Martinat-Botté *et al.*, 1984 ; Vesseur *et al.*, 1994b ; Koketsu et Dial, 1997 ; Steverink *et al.*, 1999 ; Tummaruk *et al.*, 2000) notent un effet de la saison (augmentation de l'ISO entre avril et septembre) bien que cet effet ne soit pas toujours observé (Hughes *et al.*, 1998). L'ISO est plus long chez les truies primipares que chez les multipares (Vesseur *et al.*, 1994b ; Koketsu et Dial, 1997 ; Hughes *et al.*, 1998 ; Tummaruk *et al.*, 2000b). Il est aussi influencé par la durée de la lactation en augmentant lorsque celle-ci est inférieure à 3 semaines (Xue *et al.*, 1993 ; Vesseur *et al.*, 1994b ; Koketsu et Dial, 1997 ; Tummaruk *et al.*, 2000b). La durée de l'ISO est aussi dépendante du nombre de porcelets sevrés par la truie (Vesseur *et al.*, 1994b). Les truies avec moins de porcelets sevrés reviennent en œstrus plus tôt que les truies sevrant beaucoup de porcelets. Ceci peut s'expliquer, pour les portées les moins nombreuses, par la diminution de la fréquence et de l'intensité des tétées, éléments qui participent à l'anœstrus de lactation (Quesnel et Prunier, 1995). Dans le cas des grandes portées, les truies mobilisent de façon accrue leurs réserves corporelles ce que plusieurs études ont relié à une augmentation de l'ISO (Dourmad *et al.*, 1994). L'ISO influence la durée du comportement d'œstrus qui diminue de 5 à 8 heures par jour d'ISO supplémentaire entre 3 et 6 jours d'ISO (Kemp et Soede, 1996 ; Steverink, 1999). L'ovulation intervient à environ 70% de la phase d'œstrus indépendamment de la durée de celui-ci (Soede et Kemp, 1997) donc plus rapidement après le début de l'œstrus pour des ISO longs.

1.1.3. Les facteurs physiologiques qui influencent la prolificité

La prolificité des truies est sûrement la caractéristique la plus étudiée, puisque c'est celle qui semble la plus importante pour la productivité globale de l'élevage. Le nombre moyen de porcelets nés totaux est passé de 10,7 en 1980 à 13,8 en 2006 (IFIP, 2007). Cette forte augmentation est principalement due à la sélection génétique sur ce critère avec la création de lignées hyperprolififiques basées pour certaines d'entre elles sur l'utilisation de races « chinoises » (Meishan notamment) qui ont une très forte prolificité (Legault, 1998). Sur la même période le nombre de porcelets nés vivants est passé de 10,2 à 12,7 (la mortalité naissant passant de 4,6% à 8,0%) et le nombre de porcelets sevrés de 8,9 à 10,8 (la mortalité naissance-sevrage passant de 16,8% à 21,7%). La variabilité de ces critères est importante aussi bien entre élevages ($\pm 0,8$ porcelets nés totaux ou nés vivants ; IFIP, 2007) que intra élevage ($\pm 3,6$ porcelets nés totaux et $\pm 3,3$ nés vivants) (données de l'élevage expérimental de l'UMR SENAH).

Les principaux facteurs dont l'influence sur la prolificité des truies a été étudiée, sont : le rang de portée, la durée de lactation, la saison, l'ISO et l'Intervalle Sevrage – Saillie Fécondante (ISSF), l'âge de la première mise bas et la prolificité passée. Leurs effets respectifs sont présentés dans la Figure I.4.

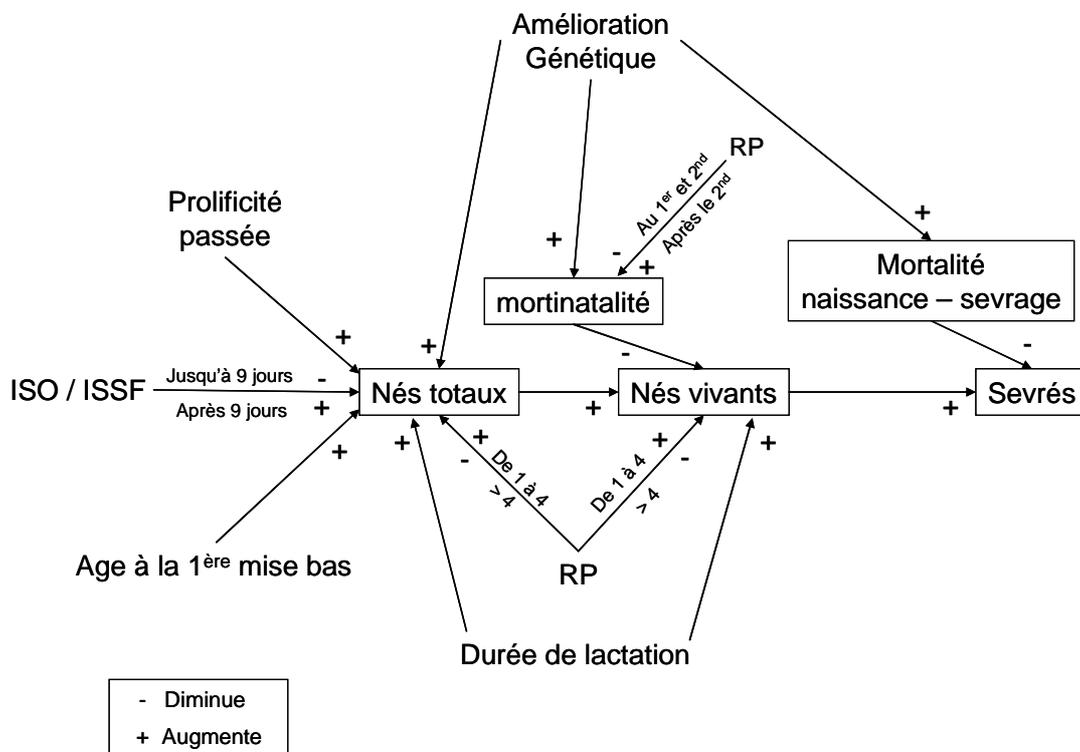


Figure I.4 : Synthèse des différents facteurs modifiant le nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés. Les différentes abréviations sont RP pour rang de portée, ISO pour intervalle sevrage – œstrus et ISSF pour intervalle sevrage – saillie fécondante.

Le nombre de porcelets nés totaux et nés vivants évolue avec le rang de portée, le maximum étant obtenu à la 4^{ème} portée (Clark et Leman, 1986) alors que le nombre de porcelets morts-nés est minimal à la seconde portée (Leenhouwers *et al.*, 1999). Le nombre de porcelets nés totaux est aussi influencé par la durée de la lactation précédente. Plus elle augmente plus la taille de la portée suivante (nombre de porcelets nés totaux et nés vivants) augmente (Xue *et al.*, 1993 ; Dewey *et al.*, 1994 ; Le Cozler *et al.*, 1997 ; Koketsu et Dial 1998 ; Costa *et al.*, 2004). La saison semble ne pas avoir d'effet sur la taille de la portée (Koketsu et Dial, 1997 ; Hughes, 1998 ; Tummaruk *et al.*, 2000). Plusieurs auteurs ont étudié la relation entre l'ISSF et la prolificité des truies. Ainsi, Le Cozler *et al.* (1997) et Tummaruk *et al.* (2000b) trouvent un effet significatif de l'ISSF et notamment une diminution de la prolificité entre 4 et 7 jours d'ISSF puis une augmentation de la prolificité entre 9 et 21 jours d'ISSF, Vesseur *et al.* (1994) et Steverink *et al.* (1999) obtenant le même type de relation entre l'ISO et la prolificité. L'âge à la première mise bas influence la taille de la première portée uniquement. Cette dernière augmente de façon curvilinéaire lorsque l'âge augmente (Clark et Leman, 1986 ; Le Cozler *et al.*, 1998). Enfin, la répétabilité du nombre de porcelets nés totaux a été estimée par plusieurs auteurs (Le Cozler *et al.*, 1997 ; Hughes, 1998). Elle n'est pas très élevée et se situe autour de 0,15. Cela signifie qu'une truie ayant mis bas un nombre de porcelets supérieur à la moyenne à un rang de portée donné aura tendance à avoir une taille de portée légèrement supérieure à la moyenne au rang de portée suivant.

Le nombre de porcelets sevrés dépend du nombre de porcelets nés, de la mortalité des porcelets pendant la lactation, mais aussi des pratiques des éleveurs, qui transfèrent généralement des porcelets entre portées afin d'adapter l'effectif à la capacité d'allaitement de la truie. Cette pratique réduit la variabilité du nombre de porcelets sevrés par truie (coefficient de variation : 21,6%) comparée à la variabilité du nombre de nés totaux (24,9%) ou nés vivants (24,7%) par truie (données de l'élevage expérimental de l'UMR SENAH).

1.2. Les ateliers de production porcine

Les élevages porcins ayant des truies se répartissent entre les élevages de sélection (qui font partie des Organisations de Sélection Porcine, OSP), les élevages de multiplication et les élevages de production (Figure I.5). Les élevages de sélection sont peu nombreux et représentent en France environ 125 élevages pour 15400 truies (120 truies par élevage) (Agence de Sélection Porcine, 2004).

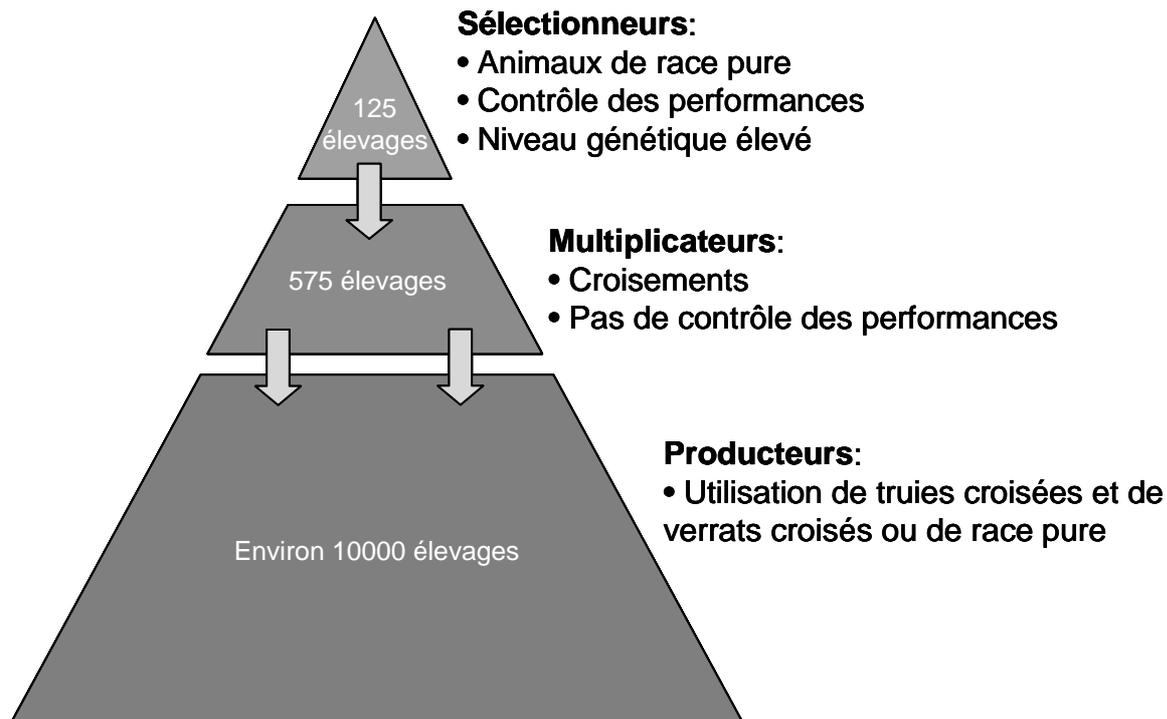


Figure I.5 : Structure pyramidale du dispositif d'amélioration porcine.

Leur objectif est de pratiquer la sélection sur plusieurs critères qui peuvent différer selon les races et de fournir les élevages multiplicateurs et les Centres d'Insémination Artificielle (CIA) en reproducteurs de race pure. Les élevages de multiplication ont pour objectif de réaliser des croisements pour approvisionner les élevages de production en reproducteurs. Le nombre d'élevages de multiplication est plus important que le nombre d'élevages de sélection (575 en 2003 pour 75000 truies environ, soit 130 truies par élevage) (Agence de Sélection Porcine, 2004). La plupart des élevages de production font appel aux CIA pour obtenir les doses d'insémination et aux élevages multiplicateurs pour se fournir en cochettes. Toutefois, la proportion d'élevages de production réalisant eux-mêmes le renouvellement ou la collecte de la semence augmente (12% des cochettes étaient « auto-renouvelées » en 1995 contre 21% en 2005 ; Chambre d'Agriculture de Bretagne, 2006). Les élevages de production diffèrent selon qu'ils aient ou non des truies (ateliers uniquement d'engraissement). Parmi les élevages de production ayant un troupeau de truies, on peut différencier ceux qui vendent tous leurs porcelets au sevrage (naisseurs, vente à 8kg), ceux qui les vendent vers 25-30 kg (naisseur post-sevreur) et ceux qui les vendent en fin d'engraissement (naisseur engraisseur). La structure des exploitations possédant des truies est aussi variable. C'est ce que montrent Ilari *et al.* (2003) à partir du recensement agricole de 2000. Ces auteurs ont mis en évidence 4 grands types d'exploitations élevant des porcs. Quasiment un tiers des élevages sont des élevages mixtes associant production porcine et production laitière, puis viennent les

exploitations céréalières qui utilisent le porc pour valoriser les céréales (28% des élevages), les exploitations avec un petit atelier porc (21% des élevages) et pour finir les élevages spécialisés (18%). Ces derniers sont donc les moins nombreux mais regroupent près de 50% du cheptel porcin. On constate donc qu'il existe une grande diversité de situations dans les élevages porcins : des troupeaux spécialisés naisseurs-engraisseurs généralement de grande taille, des élevages associant le plus souvent dans des structures sociétales (du type GAEC) deux troupeaux spécialisés (bovins laitiers et porcins) et des exploitations dans lesquelles l'élevage porcin constitue une activité complémentaire. Cette diversité se retrouve au niveau de la taille des élevages. Ainsi, il reste encore de nombreux élevages avec moins de 5 truies (3420 sur 12840 élevages ; Eurostat, 2005) tandis que le nombre de truies moyen pour les élevages ayant plus de 20 truies est passé de 73 truies en 1990 à 156 truies en 2005 (Eurostat, 2005). Dans le même temps le nombre d'UTA dans ces élevages de plus de 20 truies est passé de 2,2 en 1990 à 2,6 UTA en moyenne en 2005 (Eurostat, 2005). A partir de ces données nous pouvons calculer que le nombre de truies par UTA a augmenté de plus de 80% en passant de 33 à 60 truies par UTA. Ces évolutions qui sont données pour la France, se retrouvent aussi dans la majeure partie des pays européens (Eurostat, 2005) et souvent de façon encore plus marquée.

1.3. La conduite des troupeaux de truies

Face à l'accroissement de la taille des élevages et du nombre de truies par UTA, une gestion collective des truies est devenue primordiale. C'est ainsi que la conduite en bandes s'est mise en place afin d'organiser et de répartir les actes techniques à réaliser sur les truies.

1.3.1. La conduite en bande

Le principe de cette conduite est de diviser le troupeau en plusieurs « bandes ». La notion de bande est proche des notions de « lot » et de cycle de production de lot qui sont plus couramment utilisées en élevages de ruminants. Le cycle de production de lot est défini en production ovine par Cournut (2001) comme *l'ensemble des cycles de production de brebis ayant participé à une même session de lutte (reproduction)*. En élevage porcin, l'événement qui définit la bande est le sevrage. En effet, toutes les truies d'une même bande sont sevrées le même jour (le jeudi par exemple) afin de regrouper l'apparition des comportements d'œstrus dans la semaine qui suit (soit le lundi et le mardi). Les truies d'une même bande sont donc toutes inséminées la même semaine et la durée de gestation étant peu variable elles mettent bas en même temps (pour une insémination le lundi et une durée de gestation de 114 jours, la mise bas survient le mercredi). Il y a donc un intervalle de 20 à 21 semaines, selon la durée de

la lactation (3 ou 4 semaines), entre deux sevrages successifs d'une même bande. Une bande réalise donc de 2,47 à 2,60 cycles par an (52 semaines). Afin d'avoir des intervalles réguliers entre chaque bande, le nombre de bandes et la durée de lactation sont fréquemment choisis en même temps. Ainsi, avec une division du troupeau en 3, 7 ou 21 bandes il sera plus commun de trouver des élevages avec 4 semaines de lactation ce qui permettra d'avoir des intervalles réguliers entre chaque bande respectivement de 7, 3 et 1 semaines. Dans les conduites en 4, 5, 10 et 20 bandes, la durée de lactation préférentielle sera de 3 semaines et les intervalles entre chaque bande seront respectivement de 5, 4, 2 et 1 semaines (Caugant, 2002). La concentration dans le temps et dans l'espace des événements d'une bande permet aussi de mettre en place un système de « tout plein – tout vide » afin d'améliorer la maîtrise du statut sanitaire de l'élevage. Tous les porcelets et toutes les truies étant sevrés / tariés et transféré(e)s dans d'autres salles le même jour, il est possible de nettoyer et désinfecter les salles de maternité entre chaque bande. Le temps séparant la sortie d'une bande et l'entrée de la suivante varie de 2 jours (notamment dans la conduite en 5 bandes) à 9 jours (pour la majorité des autres conduites). Actuellement en France, la conduite en 7 bandes avec 4 semaines de lactation est la plus fréquente. Le choix des éleveurs s'est tourné vers cette pratique pour plusieurs raisons :

- en premier lieu elle permet d'organiser le travail sur une base hebdomadaire avec des tâches spécifiques pour chaque semaine. On parle ainsi des « semaines de mises bas », « semaines de sevrage » et « semaines d'insémination ». Ces trois semaines s'enchaînent dans cet ordre, la mise bas de la bande n précédant d'une semaine le sevrage de la bande $n-1$ qui précède la semaine d'insémination de la bande $n-1$ (puis viennent les mises bas de la bande $n+1$, le sevrage de la bande n et les inséminations de la bande n , etc...). Les différentes conduites présentent des enchaînements spécifiques qui sont décrits dans le Tableau I.1.

Tableau I.1 : Enchaînement des actes techniques périodiques en fonction de la conduite en bande. (IA : insémination artificielle)

	20 / 21 bandes	7 bandes	5 bandes
Semaine 1	Sevrage, Détection des œstrus, IA, Mises bas	Sevrage	Sevrage
Semaine 2	Sevrage, Détection des œstrus, IA, Mises bas	Détection des œstrus, IA	Détection des œstrus, IA, Mises bas
Semaine 3	Sevrage, Détection des œstrus, IA, Mises bas	Mises bas	-
Semaine 4	Sevrage, Détection des œstrus, IA, Mises bas	Sevrage	-

- la conduite en 7 bandes permet d'avoir, même dans des élevages de taille réduite, des effectifs par bande suffisamment importants permettant d'obtenir des lots de porcelets conséquents. Par exemple un élevage de 70 truies aura 10 truies par bande qui sèvreront 10 porcelets chacune soit 100 porcelets par cohorte (groupe de porcelets sevrés le même jour). Toutefois l'accroissement de la taille des bandes et des cohortes de porcelets peut devenir excessive dans les élevages de grande taille (plus de 300 truies) qui optent alors généralement pour des conduites en 20 et 21 bandes.

La conduite en bandes permet aussi une gestion plus facile des porcelets surnuméraires puisqu'un nombre important de truies mettent bas dans la même période facilitant ainsi les adoptions de porcelets entre les truies. En effet les truies adoptent facilement des porcelets d'autres truies (Orgeur *et al.*, 2002) mais une tétine non tétée pendant 3 jours se tarit ce qui limite la période durant laquelle une truie est disponible pour les adoptions. Cette facilité de gestion augmente avec le nombre de truies dans la bande.

La conduite en bandes permet aussi de gérer les problèmes ponctuels de fertilité. En effet, dans plusieurs conduites en bandes (7, 20 et 21 bandes) les truies qui reviennent en oestrus trois semaines après leur insémination peuvent être directement intégrées à la bande sevrée la semaine précédente. Dans les autres conduites (4, 5 et 10 bandes) ces truies « en retour » seront intercalées entre deux bandes et pourront avoir 1 à 2 semaines d'avance sur leur nouvelle bande. La gestion de ces truies intercalaires n'est pas évidente puisqu'elles peuvent remettre en cause le fonctionnement en « tout plein - tout vide ». C'est pourquoi les truies avec un épisode d'infertilité sont plus facilement réformées dans ces conduites. Cette possibilité de décaler des truies infertiles vers une autre bande sans modifier l'organisation générale du calendrier de conduite explique également pourquoi la conduite en 7 bandes a été choisie préférentiellement.

Le bon fonctionnement de ces conduites en bandes repose sur un bon regroupement des chaleurs afin que les mises bas soient bien concentrées et que les porcelets aient tous le même âge au sevrage. Cette contrainte est particulièrement importante pour les cochettes qui n'ont pas d'événement déclencheur tel que le sevrage pour les truies. Plusieurs méthodes se sont mises en place pour gérer ces problèmes et font l'objet de la section suivante.

1.3.2. Les pratiques qui influent sur le déroulement d'un cycle de reproduction

Cette partie présente les données bibliographiques sur les différentes pratiques d'élevage observées sur le terrain ou testées au sein d'élevages expérimentaux.

a. Gestion des effectifs (Renouvellement, Réforme, Réinsémination)

Le renouvellement permet de remplacer les truies improductives (pour cause d'âge, de problème de fertilité, de faible prolificité, ...) ainsi que les truies malades ou qui meurent, par des animaux à potentiel génétique plus élevé provenant d'élevages de sélection ou de multiplication (partie 1.2). Le taux de renouvellement annuel des troupeaux de truies se situe en moyenne entre 40 et 50%, soit 18% environ par cycle, les truies effectuant environ 2,5 cycles par an (partie 1.3).

Les cochettes sont généralement mises en « quarantaine » pendant au moins 40 jours principalement pour les habituer au microbisme de l'élevage et ceci même si elles ont été élevées au sein de la même exploitation (ITP, 2000). L'insertion des jeunes truies dans une bande a généralement lieu au moment des inséminations et peut se faire de deux façons. La première consiste à sélectionner parmi le pool de cochettes disponibles, celles qui sont observées en chaleur lors de la semaine d'insémination. La seconde fait intervenir un traitement hormonal, l'altrénogest (commercialisé sous le nom de Régumate®) (Martinat-Botté *et al.*, 1985). Ce traitement, un analogue de la progestérone, bloque le cycle de façon similaire au blocage opéré lors de la gestation et de la lactation. L'arrêt de ce traitement provoque le même effet que le sevrage et 95% des cochettes présentent un comportement d'œstrus entre 4 et 7 jours après l'arrêt du traitement (Martinat-Botté *et al.*, 1990). Sa simplicité d'utilisation et sa fiabilité font que ce produit est fréquemment utilisé en élevage (Boulot *et al.*, 2005).

Avec un taux de renouvellement de 18% par cycle, le nombre moyen de cycles effectués par truie avant la réforme est d'en moyenne 5 ($\pm 1,1$) (IFIP, 2007). La réforme peut survenir à plusieurs moments du cycle avec deux périodes principales : le sevrage et la confirmation de gestation. Les causes de réforme (volontaires et involontaires) sont diverses mais concernent principalement (Lucia *et al.*, 2000) : les problèmes de fertilité (34% des réformes au total et 65% des réformes de cochettes), les problèmes de faible prolificité (21%), les problèmes de locomotion (13%), l'âge (9%) et la mortalité (7%). Ces réformes concernent principalement de jeunes truies (46% des réformes concernent des truies ayant mis bas entre 0 et 2 fois ;

Lucia *et al.*, 2000). La même répartition des causes de réforme au cours de la carrière est retrouvée par Dagorn et Aumaître (1979) et par D'allaire *et al.* (1987). La retranscription des règles de réforme, notamment de ses critères (seuils de tolérance pour les problèmes de fertilité ou de productivité), permet d'explorer leurs impacts sur la production ou de rechercher des règles optimales pour la productivité de l'élevage. Ainsi Pomar et Pomar (2005) ont mis au point un système d'aide à la décision pour détecter de façon précoce les truies avec une faible prolificité afin les réformer plus précocement. Finalement la bibliographie fournit des informations sur les causes et donc sur les règles de réforme mais peu d'informations sur la répartition des réformes entre les différents moments du cycle et sur la période entre la décision de réforme et le départ effectif des truies.

b. Les pratiques autour de la mise bas et les adoptions

Plusieurs publications montrent l'effet bénéfique d'une surveillance de la mise bas sur la survie des porcelets (Holyoake *et al.*, 1995 ; White *et al.*, 1996 ; Le Cozler *et al.*, 2002). Afin de contrôler le moment de la mise bas, notamment en fin de semaine, certains éleveurs la déclenchent par l'injection de prostaglandine. Ce déclenchement doit être opéré avec précaution puisqu'il peut aussi provoquer la perte de la portée s'il est réalisé trop tôt (Gordon, 1997). La mise bas a lieu environ 24h après l'injection. Cette pratique permet donc d'éviter à la fois les mises bas durant le week-end et les mises bas durant la nuit et ainsi de mieux les regrouper et d'augmenter le taux de surveillance.

Après la mise bas les éleveurs adaptent le nombre de porcelets par truie à ses capacités laitières. Ces pratiques d'adoption ont été décrites principalement par English et Morrison (1984) et sont résumées en 10 règles théoriques décrites dans l'encadré 1 (English et Morrison, 1984 ; English, 1993). Par la suite plusieurs auteurs se sont intéressés à l'effet de différentes pratiques d'adoption sur la mortalité des porcelets (Straw *et al.*, 1998 ; Orgeur *et al.*, 2000 ; Robert et Martineau, 2001 ; Wattanaphansak *et al.*, 2002 ; Zilbermann et Van der Lende, 2002). Ces études montrent que les adoptions sont d'autant plus efficaces qu'elles sont réalisées sur de jeunes porcelets alors que la réalisation d'adoptions tout au long de la lactation a un impact négatif sur la croissance des porcelets adoptés. Mais, si les adoptions permettent d'améliorer la survie des porcelets avant le sevrage, Madec *et al.* (1999) soulignent aussi le risque qu'elles peuvent présenter pour le transfert de contaminants entre portées, comme par exemple dans le cas de la Maladie d'Amaigrissement des Porcelets (MAP). Ces auteurs recommandent de ne réaliser des adoptions que dans les 24 premières heures de vie

des porcelets, de les limiter au strict minimum et de respecter l'équivalence du rang de portée entre les truies « donneuses » et les truies qui adoptent.

c. Autour du sevrage, des œstrus et des inséminations

Le sevrage est un moment important pour les porcelets et pour les truies. Le porcelet passe d'une alimentation principalement lactée à une alimentation solide et la truie reprend son cycle sexuel. Pour l'éleveur, c'est aussi une période chargée puisqu'il doit transférer la cohorte de porcelets de la maternité vers les salles de post sevrage et transférer les truies dans la salle « d'attente saillie ». Comme cela a été indiqué plus haut, le groupement des chaleurs est un paramètre important pour une conduite en bande rigoureuse mais, dans un raisonnement qui inclut le travail, il faut aussi qu'un maximum de ces chaleurs survienne en début de semaine afin que les mises bas, 114 jours après, ne se prolongent pas trop sur le week-end. Des travaux ont donc été menés pour améliorer la maîtrise de l'ISO. Nous avons vu que le cycle sexuel est bloqué durant la lactation notamment par l'action de la prolactine libérée lors de la tétée des porcelets. Matte *et al.* (1992) ont utilisé cette propriété pour mettre au point le sevrage fractionné : les porcelets les plus lourds de la portée sont sevrés un jour plus tôt que les autres. Ce sevrage anticipé de certains porcelets provoque une diminution de l'intensité de lactation suffisante pour initier la reprise du cycle sexuel de la truie. Une autre pratique consiste à sevrer les primipares avant les multipares puisque les primipares ont un ISO légèrement plus long (Vesseur *et al.*, 1994 ; Koketsu et Dial, 1997 ; Hughes *et al.*, 1998 ; Tummaruk *et al.*, 2000). Enfin nous avons vu précédemment que les pertes de réserves corporelles influençaient la venue en œstrus des truies et les pratiques alimentaires durant la lactation interviennent donc dans ce phénomène (Quesnel *et al.*, 1997). De plus la pratique du « flushing » (augmentation importante de l'énergie apportée aux truies sur une courte période) au moment du sevrage améliore le taux d'ovulation, notamment chez les cochettes (Cox *et al.*, 1987 ; Flowers *et al.*, 1989 ; Beltranena *et al.*, 1991).

La détection des œstrus s'effectue généralement en appuyant sur le dos de la truie qui est considérée en chaleur si elle ne tente pas de se dérober. L'immobilité est plus marquée quand la truie est en présence du verrat, cette pratique améliorant très sensiblement l'efficacité de la détection (ITP, 2000).

Suite à la détection d'un œstrus les truies sont saillies ou inséminées. En France, l'insémination artificielle concerne environ 80% des truies (ITP, 2000). Dans le memento de l'éleveur de porc (ITP, 2000), 2 protocoles d'inséminations sont décrits : réaliser une première insémination dès la détection puis une seconde 24 heures plus tard ou bien réaliser une

insémination 12 heures après la détection puis une seconde 12 heures après la première. Une troisième insémination est possible pour les truies qui sont encore en œstrus et le nombre d'inséminations par truie se situe donc généralement entre 2 et 3 (Boulot et Badouard, à paraître). Mais ces deux protocoles ne représentent pas la diversité des protocoles qui ont été expérimentés. En effet, la combinaison « fréquence de détection - protocole d'insémination » est une source d'interrogation pour les éleveurs et les chercheurs. Ainsi Xue *et al.* (1998) ont testé, avec une détection par jour, quatre protocoles de saillie naturelle allant de 1 à 3 saillies par truie. Leurs résultats tendent à montrer que l'augmentation du nombre de saillies naturelles par truie n'améliore pas la fertilité ni la productivité des truies. Lamberson et Safranski (2000) ont pour leur part créé un modèle permettant de déterminer l'impact de divers protocoles d'insémination selon deux modalités de détection : 1 ou 2 fois par jour (à 9h ou 9h et 21h). Dans ce travail, les protocoles d'insémination variaient quant au nombre d'inséminations (de 1 à 4 par truie) et au délai entre la détection de l'œstrus et l'insémination (0, 12, 24, 36 heures après la détection). L'effet du nombre de détections par jour est significatif lorsque le nombre d'inséminations est réduit à une par truie 12 ou 36 heures après la détection. La prolificité et la fertilité sont aussi diminuées avec une seule insémination. Deux inséminations par truie ne suffisent pas pour obtenir la prolificité et la fertilité maximale. Les protocoles à 3 et 4 inséminations par truie sont par contre semblables. Knox *et al.* (2002) ont comparé les performances des truies selon le nombre de détections par jour (de 1 à 3), avec un protocole fixe au cours de la semaine mais différant selon le nombre de détections. L'augmentation du nombre de détections n'affecte pas la durée de l'ISO, la fertilité ni la taille de la portée confirmant ainsi le modèle de Lamberson et Safranski (2000) pour ce qui concerne l'effet de la fréquence de détection.

d. Conclusion

Les expériences retrouvées dans la bibliographie suggèrent une diversité de pratiques pour la plupart des « postes » de l'atelier de reproduction et montrent que les pratiques testées ont un impact sur les performances zootechniques des truies. Mais ces expérimentations ne concernaient généralement qu'une pratique particulière et rarement simultanément l'ensemble des pratiques de l'éleveur. Très peu d'informations sont donc disponibles sur les différentes cohérences entre pratiques, c'est-à-dire sur les associations logiques qui peuvent exister par exemple entre les pratiques de mise bas ou d'insémination et les pratiques de réforme et sur ce qu'elles pourraient exprimer en terme de logique d'élevage (Commandeur, 2003).

Par ailleurs, il apparaît clairement que les pratiques de surveillance des mises bas, de sevrage, de détection d'œstrus et d'insémination sont le plus souvent testées en conditions expérimentales dans la mesure où elles ont des implications sur le nombre et les moments des interventions, et donc sur la charge de travail à effectuer chaque jour, et sur les performances zootechniques. De la même manière le choix de la conduite en bande influence largement le rythme des événements dans l'élevage. Il semble donc vraisemblable que la composante « travail » est importante dans les critères de choix d'une pratique ou d'une conduite en bande spécifique.

2. Le travail en élevage

Après un rapide tour d'horizon sur l'évolution du travail dans l'agriculture, nous aborderons les différentes sciences qui permettent l'étude de cette thématique. Nous nous intéresserons plus spécifiquement aux points de vue des zootechniciens sur le travail et aux leviers d'actions qu'ils proposent pour faire face aux problèmes de travail. Nous terminerons en présentant deux approches zootechniques d'analyse du travail.

2.1. L'évolution du travail dans l'agriculture

Nous décrivons tout d'abord les grandes tendances observées dans le monde agricole en général depuis la fin de la seconde guerre mondiale puis nous aborderons plus précisément les évolutions spécifiques à l'élevage porcin.

2.1.1. *Le monde agricole en général*

Juste après la fin de la seconde guerre mondiale, les principales préoccupations relatives au travail en agriculture concernaient la modernisation et l'amélioration de la productivité. Pour cela, le gouvernement a mis en place « l'Organisation Scientifique du Travail » (OST) qui consistait en une description des tâches, de leur enchaînement et de leur chronométrage afin de repérer et faire des propositions pour diminuer les « gaspillages de temps, de matière et d'énergie » (Madelrieux, 2004). Ce processus a permis une augmentation de la productivité du travail et a marqué le début d'un changement de rapport au travail avec le passage du « labeur paysan » où la vie privée et la vie professionnelle sont intimement liées, au « métier d'agriculteur » (Barthez, 1986). Puis l'amélioration de la productivité est passée par l'augmentation des surfaces par travailleur, ce qui a été possible du fait de la forte diminution du nombre d'exploitations et d'actifs agricoles (respectivement -67% et -72% entre 1967 et 2005, source Eurostat). Au final le rapport SAU/UTA a augmenté de 4% par an depuis 1979 (Madelrieux, 2004). Il en est de même de l'évolution de la taille des troupeaux qui est passée,

pour prendre l'exemple des élevages laitiers, d'en moyenne 9 vaches laitières en 1970 à 35 en 2001 (Agreste). Outre l'augmentation de la productivité par individu, des modifications dans la composition du collectif de travail de l'exploitation sont intervenues au cours des 30 dernières années. Le couple exploitant est en régression au profit de formes sociétaires (GAEC par exemple), de la pluriactivité et du salariat (Ratin, 2006). Ces évolutions interrogent sur le travail aussi bien au niveau de l'organisation entre les différents membres de l'association, que des attentes de productivité vis-à-vis du salariat ou de l'acquisition de nouvelles compétences en cas de pluriactivité. Enfin, le monde agricole n'est plus concerné uniquement par ses fonctions productives mais aussi par son rôle environnemental et social (Laurent et Rémy, 2000). Ainsi, l'agriculture s'insère dans le paysage et a donc une fonction d'entretien ainsi qu'une « image » auprès de la population locale non agricole. Ces fonctions peuvent entraîner un surcroît de travail pour l'agriculteur ou le conduire à modifier ses façons de faire afin d'améliorer sa perception par la société (Madelrieux *et al.*, 2006). D'un autre côté, les contacts plus fréquents avec le monde « salarié » (en relation avec l'augmentation de la pluriactivité et la diminution de la population agricole au sein des campagnes) incitent les exploitants à mieux distinguer le temps de travail du temps personnel et à organiser leurs activités professionnelles afin de libérer du temps le week-end ou prendre des vacances en même temps que leur conjoint (Chauvat *et al.*, 2003 ; Guillaumin *et al.* 2004).

Tout l'enjeu des recherches sur le travail est donc de proposer des solutions afin de combiner une vie privée plus importante avec une vie professionnelle plus variée dans ses tâches tout en maintenant la productivité de l'exploitation et en prenant en compte l'environnement physique et social de l'exploitation.

2.1.2. L'élevage porcin plus spécifiquement

Comme le monde agricole en général, l'élevage porcin a commencé par se spécialiser, notamment à partir de 1970 avec le plan de rationalisation de la production porcine. Ce plan avait pour objectifs (extraits de Teffène *et al.*, 1998) :

- le recrutement d'éleveurs « modernes » par attribution de subventions et de prêts bonifiés pour la construction et l'aménagement de porcheries,
- l'amélioration génétique. Le dispositif de "la loi sur l'élevage" est complété et adapté à la production porcine : stations publiques de contrôle et développement des schémas de sélection,
- un effort de formation des éleveurs, mais aussi des techniciens.

Ce plan est un succès puisque 75% des places de truies et plus de 50% des places d'engraissement présentes en 1980 ont bénéficié des subventions mises en place en 1970. Suite à cette modernisation, l'élevage porcin a lui aussi évolué vers l'agrandissement des exploitations au détriment de leur nombre. Ainsi nous avons déjà noté l'augmentation de 80% du nombre de truies par UTA entre 1990 et 2005 (partie 1.2). Le nombre de reproducteurs par élevage étant plus important que dans les élevages de bovins (35 vaches laitières en moyenne contre plus de 150 truies), ceci a conduit les éleveurs porcins à mettre en place des pratiques spécifiques, comme la conduite en bandes, permettant de mieux rationaliser et répartir leur travail. La diversité des types de conduites en bandes ainsi que la diversité des types d'exploitations élevant des porcs (Ilari *et al.*, 2003 ; partie 1.2) indiquent qu'il existe une grande diversité de situations dans les élevages porcins qui amènent chacune à des charges, des rythmes et des organisations de travail différents.

2.2. La science et le travail dans l'agriculture

Les objets d'étude concernant le travail en agriculture sont donc divers (temps de travail, organisation temporelle des activités, productivité du travail, conditions de travail...) et sont abordés par plusieurs disciplines scientifiques avec des points de vue différents. Ainsi le travail est une question vive en ergonomie, économie, sociologie, psychologie mais également en zootechnie et en agronomie. Chaque science aborde le travail avec sa propre vision. L'ergonomie s'intéresse aux situations de travail, privilégiant les situations concrètes où les opérateurs agissent (Daniellou, 1997). A partir de ces situations les ergonomes étudient les modifications à apporter pour améliorer l'efficacité du travail ou la santé de l'opérateur. Les études anglo-saxonnes traitant du travail en agriculture sont principalement du fait de cette science et Jafry et O'Neill (2000) en évoquent différents sous-thèmes : « l'aménagement des lieux de travail », « la conception d'outils et d'équipements », « les accidents et blessures » et « la sécurité ». Dans le domaine de l'économie, le facteur travail est étudié afin d'évaluer les effectifs équivalent travailleur à temps complet et la durée du travail (avec la notion d'Unité Travailleur Année ou grâce à la reconstitution analytique par exemple ; Lacroix et Mollard, 1991) ou encore la relation entre le travail et le revenu. La sociologie regarde le travail sous l'angle des relations au sein des collectifs de travail, de leurs transformations et des évolutions de la condition de travailleur (Joly *et al.*, 2006) ainsi que les représentations que se font les éleveurs de leur travail (Dufour *et al.*, 2007). La psychologie s'intéresse à l'affect des travailleurs et à leurs rationalités personnelles expliquant leurs choix vis-à-vis du travail. Dans

cette discipline nous pouvons par exemple citer les travaux de Porcher (2003) sur la notion de souffrance au travail face à la mortalité des animaux et ceux de Fiorelli *et al.* (2007) précisant les différentes raisons du travail d'élevage en situation de pluriactivité. Enfin, et c'est la vision du travail que je développerai ci-après, les sciences techniques cherchent à comprendre l'organisation des tâches au cours d'une période, les règles de décision des agriculteurs, la répartition des tâches entre les travailleurs. Ces analyses sont réalisées avec deux finalités rarement concomitantes, l'efficacité du travail et l'efficience du travail.

2.3. L'approche zootechnique du travail : 2 mondes

2.3.1. Efficacité du travail

Cette approche aborde le travail comme une ressource et l'objectif de l'élevage est considéré comme un objectif économique. Elle correspond donc initialement aux prérogatives de l'OST. Les solutions proposées par l'OST portaient sur la spécialisation des hommes et la mécanisation des tâches, mais d'autres facteurs peuvent aussi limiter l'efficacité du travail comme l'organisation temporelle et spatiale des activités.

Dans les facteurs expliquant les différences d'organisation et d'efficacité, les principaux points analysés restent la main-d'œuvre et les équipements (Sidot, 2006). Les approches relatives au travail en élevage porcin sont aussi souvent tournées vers l'efficacité du travail, facteur important de la compétitivité. Les études de Le Borgne *et al.* (1994), Le Bris *et al.* (1995), Le Bris *et al.* (1996), Le Borgne et Quintric (2002) et Le Moan *et al.* (2003) visent toutes à estimer ou à mesurer le temps de travail par atelier, créant ainsi des indices tels que « le temps passé par truie et par an », « le temps passé par semaine et par 100 truies », « nombre de truies par UTH », ... Les moyennes et la variabilité de ces indicateurs de performance du travail seront repris dans la partie 2.4.

2.3.2. Efficience du travail

La deuxième approche des zootechniciens face au travail en élevage correspond à la notion d'efficience (Landais et Gilibert 1991, cités par Dedieu et Servière, 2004), qui implique un positionnement des résultats et des façons de faire vis-à-vis de ce qu'en attend l'éleveur. C'est l'analyse des « *raisons qu'ont les éleveurs de faire ce qu'ils font* » (Osty, 1978). L'efficience se distingue ainsi de l'efficacité qui est appréciée avec des normes objectives, construites sur des bases technologiques et ne mettant pas en jeu l'individu, la personne dans l'évaluation. Ici l'objectif de l'élevage est défini par le compromis que fait l'éleveur lui-même entre ses attentes en travail et des attentes en performances technico-économiques. Sidot (2006) confirme que l'efficience est importante pour les éleveurs : « Pour de nombreux éleveurs, la

souplesse dans l'organisation du travail, les espaces de liberté, le sentiment d'indépendance sont tout aussi importants que le temps de travail ». Dans cette optique Le Guen (2006) distingue le temps de travail du temps libre et identifie ainsi 4 rapports au travail qu'il désigne par : « Le temps libre, ce n'est pas notre priorité », « On voudrait bien du temps libre, mais on ne peut pas », « Objectif : dégager du temps libre » et « Le temps libre : on l'a choisi et on y arrive ». Les éleveurs du 1^{er} groupe sont quasi tous des éleveurs travaillant en couple sans salariés recherchant la meilleure productivité des animaux. Ceux du second groupe sont généralement plus âgés et ont moins de marge de manœuvre financière que les autres. Le troisième groupe cherche à dissocier la vie professionnelle de la vie de famille, les femmes travaillant plus souvent que la moyenne à l'extérieur de l'exploitation. Enfin le dernier groupe correspond à des éleveurs plus jeunes, qui emploient davantage de salariés et sont plus souvent investis dans des mandats professionnels. Guillaumin *et al.* (2004) identifient aussi dans leur étude une diversité de rapports au travail allant des éleveurs « satisfaits » vis-à-vis de leur rythme de travail bien qu'ayant peu de coupures aux éleveurs « mécontents » de leurs conditions de travail en se référant aux conditions dans les autres professions. Les attentes des éleveurs laitiers sont précisées par Chauvat *et al.* (2003), Frappat (2005) et Guillaumin *et al.* (2005) : "pouvoir rompre régulièrement l'astreinte quotidienne le week-end ou pour prendre des vacances". D'autre part, on peut ajouter que les attentes de travail peuvent aussi être très importantes en regard des attentes de revenu puisque l'on voit des éleveurs laitiers passer à la monotraite malgré une perte probable de plus d'un quart de la production laitière (Madelrieux, 2004).

Au final, les chercheurs doivent donc évaluer les résultats de l'élevage au regard des objectifs de l'éleveur (Dedieu et Servière, 2004). Plus que le temps nécessaire pour faire une tâche, c'est la répartition des tâches entre les travailleurs et celle au cours du temps, afin de libérer des jours spécifiques ou contrôler ses horaires, qui sont les principaux indicateurs étudiés. Les zootechniciens ont ainsi qualifié les tâches sur le plan de leur rythme et de leur capacité à être différées pour pouvoir étudier leur répartition au cours du temps. On parle ainsi des tâches quotidiennes et des tâches périodiques d'une part et de travail d'astreinte (non différable) et de saison (différable) d'autre part (Dedieu *et al.*, 2006). Par exemple, les soins aux animaux font partie du travail d'astreinte quotidien et les travaux culturels sont du travail de saison périodique. Pour étudier la répartition des tâches entre les travailleurs, ceux-ci sont caractérisés par des compétences (polyvalent / spécialisé), des disponibilités (à temps complet / à temps partiel tous les jours / présent par période) et leur fonction dans l'exploitation (noyau organisateur ou non). Enfin la répartition des tâches est variable en fonction des

périodes de l'année (travaux d'été et travaux d'hiver par exemple) et ces périodes sont donc les bases temporelles les plus pertinentes pour l'étude de l'organisation du travail. Si l'on ne prend en compte que la partie reproduction de l'élevage porcin et à l'aide de la répartition des tâches décrites précédemment (Tableau I.1), on peut définir des périodes selon la conduite. Si l'on considère la conduite en 20 ou 21 bandes, chaque jour de la semaine constitue un motif différent c'est-à-dire que les activités périodiques à réaliser sont différentes chaque jour. Par contre chaque motif se répète chaque semaine. Dans la conduite en 7 bandes, un motif dure une semaine (semaine de mises bas, d'insémination, de sevrage) et revient toutes les trois semaines. Dans la conduite en 5 bandes, le motif dure aussi 1 semaine mais chaque motif revient toutes les quatre semaines.

Ces différentes définitions (périodes, tâches et travailleurs) permettent de caractériser l'organisation du travail et d'en aborder son efficacité en relation avec des attentes d'éleveurs qui peuvent s'exprimer dans des registres variés (répartition du travail à faire, répartition / spécialisation des travailleurs, alternances de périodes creuses et de pointe...).

Les travaux scientifiques sur la question des attentes du travail sont peu nombreux dans le domaine porcin. Seules quelques études confirment que les éleveurs de porcs ont aussi des attentes par rapport à leur exploitation qui incluent une dimension « travail » (Commandeur, 2003 ; Commandeur *et al.*, 2005). Dans les autres productions, plusieurs études ont mis au point des outils pour évaluer cette efficacité (section suivante). Ces outils ont permis d'identifier différents leviers permettant d'organiser et de contrôler le travail (section 2.5).

2.4. Méthodes de représentation

2.4.1. Les indicateurs de performance du travail

Le nombre d'indicateurs traitant du travail en agriculture est limité et souvent basé sur l'UTA (unité de travail annuel, correspondant à 1800 heures annuelles) ou sur l'UTH (Unité de Travail Homme) dont la définition est très variable (de 1650 à 2800 heures ; Guyomarc'h, 2005). Ces indicateurs sous-évaluent généralement la durée de travail des travailleurs agricoles, mais constituent un palliatif commode devant les difficultés concrètes de quantification de la durée annuelle réelle du travail agricole (Lacroix et Mollard, 1991). A partir de ces critères, la productivité du travail est approchée par des ratios tels que la Surface Agricole Utile / UTA ou le nombre d'Unités Gros Bétail / UTA pour des données « physiques » ou par le ratio entre la Marge Brute Standard / UTA pour des données plus économiques. Ces critères sont ceux que l'on retrouve dans les statistiques agricoles françaises ou européennes.

Pour la production porcine, nous avons vu (partie II.3.1) que les indicateurs utilisés portent sur le ratio entre le nombre de truies et le nombre d'UTH (Badouard, 2005) ou sur des données de temps de travaux recueillies en ferme directement auprès des éleveurs permettant de calculer des indicateurs tels que le nombre d'heures passées par truie et par an, le nombre d'heures par 100 kg de carcasse produits ou le temps passé par semaine pour 100 truies (Le Moan *et al.*, 2003). Les valeurs obtenues pour ces critères sont très variables entre les élevages. Ainsi, dans l'étude de Le Borgne *et al.* (1994), les éleveurs naisseurs-engraisseurs les plus performants (quart supérieur) étaient en moyenne à 18h24 par truie par an et les moins performants (quart inférieur) à 37h12 par truie par an. Le temps passé par truie a diminué au cours du temps mais la variabilité est restée importante puisque dans l'étude de Le Moan *et al.* (2003), le tiers supérieur passait 16h04 par truie par an alors que le tiers inférieur passait 28h32. Ces différences sont principalement expliquées par la taille du troupeau, la nature des équipements et la main-d'œuvre (Le Moan *et al.*, 2003). Ces auteurs ont aussi analysé les données en fonction du poste de l'exploitation porcine et du type de tâche réalisée. Ces analyses indiquent que l'atelier truie représente 50% du temps passé par truie par an, le reste du temps étant dû à la gestion des porcelets du sevrage jusqu'à la vente, à la gestion de l'exploitation et à la fabrication de l'aliment. Le Moan *et al.* (2003), s'intéressant à l'atelier naisseur, distinguent deux types d'activités de travail selon leur rythme : les activités quotidiennes (alimentation, surveillance, soins courants, nettoyage quotidien, paillage), et les activités périodiques. Celles-ci sont dépendantes de la périodicité des tâches qu'impose le choix de la conduite en bande (cf. plus haut). Elles concernent la reproduction (détection des chaleurs, contrôle des retours, réalisation des saillies et ou inséminations, prélèvement et conditionnement de la semence, échographie, enregistrements), la mise bas (surveillance des mises bas, soins aux porcelets, castrations, enregistrements), les transferts (des truies et des porcelets d'un poste à un autre), les vaccinations (des cochettes, verrats, truies et porcelets sous la mère) et les lavages-désinfections (de la quarantaine, de la verraterie, de la salle des gestantes et des maternités). Les activités quotidiennes sont celles qui représentent le plus de temps par truie par an (5h13 sur les 10h54 du temps consacré à l'atelier truie par truie par an) suivies des activités liées à la mise bas (2h40) et de celles liées à la reproduction (1h10). Au final ces données montrent donc qu'il existe une grande variabilité entre élevages au niveau de la productivité du travail et que l'atelier truie est celui qui demande le plus de temps par truie et par an (en moyenne 10h54 sur 21h46 ; Le Moan *et al.*, 2003) et donc la variabilité entre les élevages est la plus importante (4h07 d'écart-type dans l'étude de Le Moan *et al.*, 2003).

2.4.2. *Les méthodes d'évaluation de l'efficience du travail*

Ces méthodes n'étant pas disponibles actuellement dans le secteur de l'élevage porcin, nous nous référerons donc aux travaux menés en élevage herbivore destinés à évaluer le temps disponible de l'éleveur (méthode Bilan Travail ; Dedieu *et al.*, 1993 et 2000 ; Serena et Dedieu, 2004) ou la répartition du travail entre les travailleurs (modèle ATELAGE ; Madelrieux *et al.*, 2006).

a. Bilan Travail

Cette méthode mise au point par Dedieu *et al.* (1993 ; 2000) se base sur un entretien avec l'éleveur et concerne plus particulièrement les éleveurs de bovins et d'ovins. L'entretien répertorie, selon les indicateurs décrits précédemment et au cours d'une campagne annuelle, les différents travaux réalisés, les travailleurs concernés et la durée des tâches avec comme unité de base l'heure par jour pour les tâches quotidiennes et la journée pour le travail de saison. Les périodes sont des tranches d'au moins 15 jours avec les mêmes tâches d'astreinte quotidienne. Cet entretien débouche sur

- des indicateurs permettant de comparer l'efficacité du travail (durée du travail d'astreinte par UGB par exemple) et les facteurs de variation des temps de travaux entre exploitations (cf. précédemment)
- un « temps disponible calculé » (TDC) pour les personnes de la cellule de base (travailleurs permanents dont l'activité agricole est prépondérante en temps et en revenu) qui permet d'évaluer le temps restant à disposition des personnes de la cellule de base pour effectuer les autres tâches de son exploitation (entretien, comptabilité, ...) et disposer de temps libre. Cet indicateur permet d'évaluer la souplesse en temps permise par l'organisation du travail et de la référer aux objectifs de l'éleveur.

Le bilan travail peut ensuite être utilisé pour tester l'effet sur ce critère de modifications organisationnelles ou techniques.

b. Atelage

Le modèle qualitatif Atelage (« activités de travail dans les exploitations d'élevage ») est plus récent (Madelrieux, 2004 ; Madelrieux *et al.*, 2006) et se focalise plus sur la répartition du travail entre les travailleurs et au cours de la journée que le Bilan Travail décrit ci-dessus. Ainsi Atelage permet de définir des « formes d'organisation quotidienne » (FOQ) au cours d'une période. Ces FOQ sont une façon de représenter la répartition des activités de travail à rythme quotidien entre les travailleurs et leurs relations (subordination) avec les activités à rythme non quotidien. Au cours d'une période peuvent ainsi coexister plusieurs FOQ selon

rythme quotidien entre les travailleurs et leurs relations (subordination) avec les activités à rythme non quotidien. Au cours d'une période peuvent ainsi coexister plusieurs FOQ selon que les travailleurs ou les relations avec les activités à rythme non quotidien changent (Figure I.6). Ce modèle permet de qualifier l'organisation du travail à l'échelle de la campagne, d'étudier les déterminants de cette organisation (par exemple les attentes de temps libre, de congés – de week-end peuvent être à l'origine de FOQ spécifiques) et enfin de tester l'impact de changements techniques en tenant compte de différentes configurations d'organisation.

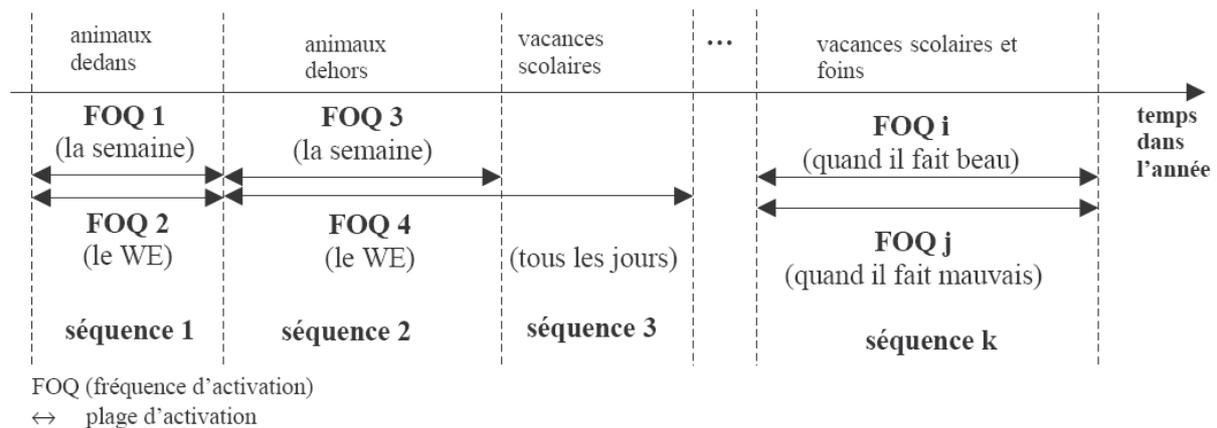


Figure I.6 : Les interactions entre des rythmes de travail périodiques et hebdomadaires en élevage bovin lait. Une approche par les Formes d'Organisation Quotidiennes (FOQ). Madelrieux et al. (2006)

Les éleveurs bénéficient de la présence de leurs enfants les week-ends (WE) et pendant les vacances scolaires. Les enfants participent aux activités à rythme quotidien. Les tâches quotidiennes sont les mêmes tant que les animaux sont dedans et elles évoluent lorsque les animaux sont dehors. Il y a ainsi deux FOQ : une de la semaine (FOQ1) et l'autre du WE (FOQ2) lorsque les animaux sont dedans (séquence 1), de même lorsqu'ils sont dehors et avant les vacances scolaires (FOQ 3 et 4 en séquence 2). Pendant les vacances scolaires les enfants sont présents en permanence. La FOQ 4 devient alors unique ce qui amène une nouvelle séquence (séquence 3). Plus tard au cours de l'année lors d'une période de vacances scolaires et de foins, la météo définit deux FOQ : la FOQ réalisée quand il fait beau (FOQi) et la FOQ des jours où il fait mauvais (FOQj) ce qui définit une nouvelle séquence (séquence k).

2.5. Les adaptations face à la pression du travail

Trois grands leviers d'adaptation du travail existent en élevage : l'équipement, la main-d'œuvre et la conduite (Dedieu et Servière, 2001).

L'équipement renvoie aux conditions d'exécution des tâches et est un facteur essentiel de la durée d'exécution des tâches. Il permet de diminuer le travail journalier comme c'est le cas par exemple lors de la mécanisation de la distribution de l'aliment en élevages porcins (Le Moan *et al.*, 2003). Cet aspect peut aussi influencer les tâches périodiques comme par exemple l'utilisation lors de l'insémination des truies de doses de semence qu'il n'est plus

nécessaire de réchauffer au préalable (Le Moan *et al.*, 2003). D'une manière générale, ces effets sont observés dans les différentes productions animales avec par exemple l'utilisation du robot de traite dans la filière « bovin lait » (Veysset *et al.*, 2001).

L'adaptation de la main-d'œuvre concerne à la fois la composition du collectif de travail, les fonctions des travailleurs et les modes de coordinations entre eux (Dedieu et Servièrre, 2001). Ce levier est actuellement très mobilisé de par les modifications du collectif de travail (augmentation du salariat, conjoint travaillant à l'extérieur, double-actifs). Des questions se posent sur le « type » de salarié à embaucher (temps partiel ou temps complet, spécialisé ou polyvalent). Ainsi, selon Dufour *et al.* (2007), les solutions touchant la main-d'œuvre pour faire face aux problèmes liés au travail dans les élevages laitiers du Ségala (région à cheval sur le Cantal, le Lot et l'Aveyron) concernent plus de la moitié des élevages et plus d'une solution sur cinq en moyenne. De même, à partir de 216 entretiens « Bilan Travail », de 10 suivis d'élevages (à 5 ans d'intervalle), Seegers *et al.* (2004) montrent en Aquitaine que parmi les solutions évoquées par les éleveurs pour résoudre leurs problèmes de travail, les plus fréquentes concernent la modification de la main-d'œuvre (environ 30% des réponses), la mécanisation (20%) et l'aménagement des bâtiments, notamment la salle de traite (33%). Déjà en 1998, dans les élevages ovins du Montmorillonnais, Dedieu *et al.* (1998) identifiaient différentes stratégies par rapport à la main-d'œuvre. Certains éleveurs réalisaient des choix « radicaux » se focalisant sur le métier de berger et déléguant ainsi toute activité autre alors que d'autres souhaitaient limiter au maximum les interventions extérieures ce qui diminuait leur « temps disponible calculé ». Dans le domaine porcin, Hostiou *et al.* (2007) ont décrit à l'aide du modèle Atelage diverses contributions du salarié. Celui-ci peut être : (i) polyvalent non autonome et changeant d'activité en période de pointe, (ii) polyvalent non autonome, (iii) en charge d'un atelier, (iv) en charge d'un atelier et de l'élevage durant certains week-ends, (v) en charge d'un atelier et de l'élevage lors de l'absence de l'éleveur, (vi) en charge de l'élevage ou bien encore (vii) en charge de l'élevage et de l'exploitation lors des absences de l'éleveur. Avec ces différentes contributions des salariés d'élevage on remarque clairement différentes attentes des éleveurs par rapport à leur travail : diminuer la charge de travail tous les jours (avec les salariés polyvalents), se spécialiser sur certaines tâches en déléguant un atelier, pouvoir se faire remplacer le week-end ou pour des vacances.

L'équipement et l'aménagement des bâtiments d'une part et les modifications du collectif de travail d'autre part permettent à l'éleveur d'organiser son travail et ainsi de l'adapter à ses objectifs. Mais l'un comme l'autre ont un coût, nécessitent des investissements financiers ou

travail réside dans la modification des pratiques d'élevages. L'exemple le plus étudié actuellement concerne la mise en œuvre de la monotraite aussi bien chez la vache laitière (Davis *et al.*, 1999 ; Pomiès et Rémond, 2002 ; Rémond *et al.*, 2002) que chez la chèvre (Marnet *et al.*, 2005). La mise en œuvre de façon ponctuelle de la monotraite permet de dégager du temps pour les autres activités d'élevage (1 heure par jour), avec une perte économique limitée (0,1%) (Brunschwig *et al.*, 2004). Outre la monotraite, Cournut et Dedieu (2005) décrivent cinq options de simplification des pratiques d'élevage : la fermeture temporaire de la salle de traite, la suppression de la traite du dimanche soir, le « maxi-pâturage », l'alimentation en libre service et la ration complète dont la distribution est soustraite. Ces différentes options reflètent la variété des attentes de travail : réduire la durée d'astreinte quotidienne, introduire une arhythmie hebdomadaire pour se rapprocher des autres professions ou modifier la répartition des tâches au cours de la campagne. Dans les élevages de bovins allaitants, les pratiques de mise en lots sont généralement simplifiées lorsque la main-d'œuvre est limitée, ce qui évite les déplacements d'animaux (Ingrand et Dedieu, 1996 ; Dedieu *et al.*, 1997). Les grands troupeaux font face à une charge de travail accrue mais ne mettent pas forcément en place ces pratiques d'allotement simplifiées. Ces élevages passent soit par un regroupement des vèlages en une ou deux périodes permettant d'intensifier le travail à certaines périodes, soit par un étalement tout au long de l'année permettant « d'économiser » le pilotage global de la mise à la reproduction et, quand ce choix technique est voulu, d'obtenir une dilution du travail d'astreinte (Pichereau *et al.*, 2004).

Au final les simplifications de la conduite peuvent se classer en deux sous-ensembles (Dedieu *et al.*, 2006). D'une part les adaptations ciblées, telle que la suppression de la traite le dimanche soir, qui visent la réduction du temps de travail quotidien sans affecter les grands équilibres de la conduite du troupeau et de l'organisation du travail. D'autre part les adaptations plus radicales qui modifient le calendrier annuel de travail comme la fermeture annuelle de la salle de traite (Cournut et Dedieu, 2005), qui mettent en jeu la planification de la reproduction, le calendrier d'alimentation, les critères de renouvellement et de réforme, bref la cohérence du système.

Dans le domaine porcin nous avons vu que plusieurs simplifications / adaptations des pratiques ont été testées expérimentalement au niveau de la reproduction (diminution du nombre de détections des œstrus, l'absence de surveillance des mises bas, ...). Par contre, la mise en œuvre de ces adaptations en relation avec les attentes de travail des éleveurs n'ont pas

mise en œuvre de ces adaptations en relation avec les attentes de travail des éleveurs n'ont pas été étudiées jusqu'à présent. Enfin, nous avons également montré que le choix d'une conduite en bande avait, à l'instar de la fermeture de la salle de traite en bovin lait, un impact très fort sur le calendrier et la périodicité des tâches.

2.6. Conclusion

De cette revue bibliographique sur le travail nous pouvons retenir que les éleveurs (incluant les éleveurs de porcs) ont des objectifs vis-à-vis de leur exploitation qui peuvent intégrer des attentes de « travail » (durée, rythme, conditions) plus ou moins affirmées, tout en étant attentifs à la productivité du travail pour des raisons de compétitivité. Ces attentes ont été traitées par diverses disciplines scientifiques des sciences sociales et des sciences techniques. Du point de vue de la zootechnie, il faut rendre compte conjointement des attentes concernant l'efficacité du travail (ratio de la productivité des animaux et du temps de travail) et celles concernant l'efficience du travail selon les perceptions propres à chaque éleveur (répartition du travail).

Les chercheurs ont identifié trois principaux leviers pour répondre aux attentes de travail des éleveurs : l'aménagement des bâtiments et des équipements, la gestion de la main-d'œuvre et la modification des pratiques d'élevage. Dans le domaine porcin, les composantes « efficacité du travail », « bâtiments et équipement » et « main-d'œuvre » ont été et sont toujours étudiées. Du point de vue de la conduite, l'accent a été mis sur l'impact des différents types de conduite en bandes qui modifient notablement le rythme pluri hebdomadaire des tâches à réaliser. Par contre, alors que des attentes existent quant à la recherche de temps libre le week-end ou la maîtrise des horaires journaliers, l'efficience du travail et sa relation avec les pratiques de reproduction n'ont été que peu abordées en élevage porcin.

3. Les indicateurs de performances techniques

Nous avons vu dans les parties précédentes qu'il existe divers indicateurs de performances selon que l'on s'intéresse à la productivité d'un animal, d'un troupeau ou d'un travailleur. D'un point de vue zootechnique, nous pouvons classer les critères selon trois types : les indicateurs de résultats, les indicateurs de pratiques et les indicateurs rendant compte de l'effet de ces pratiques sur les résultats (Dedieu et Theriez, 1994). Les indicateurs de résultats sont à mettre en relation avec les objectifs de l'éleveur et sont donc multiformes : nombre d'animaux par travailleur, temps disponible calculé (Dedieu *et al.*, 1993 et 2000), productivité par animal ou du troupeau... Les indicateurs de pratiques peuvent être regroupés en différentes

catégories selon que les pratiques s'appliquent à la structure du troupeau (nombre de bandes, renouvellement, réforme, ...), à un lot d'animaux, en l'occurrence à une bande de truies en élevage porcin (détection des chaleurs, durée de la lactation, ...) ou à des individus (protocoles d'insémination, aide à la mise bas, ...). Dedieu et Theriez (1994) précisent qu'il est rare de disposer d'une représentation complète et continue de la combinaison des pratiques d'élevage alors que c'est pourtant l'effet de cette combinaison sur les indicateurs de résultats que le zootechnicien doit étudier. De plus, les indicateurs permettant d'étudier ces effets (indicateurs d'élaboration des performances) doivent rendre compte de l'évolution de l'état du troupeau au cours du temps sous l'influence des pratiques et du milieu. Ces critères peuvent par exemple correspondre à des notes d'état d'engraissement des reproducteurs (ITP, 2000) ou à la structure démographique du troupeau.

En élevage porcin les principaux indicateurs mis au point sont des indicateurs de résultats et d'élaboration des performances mais ils restent généralement centrés sur des objectifs de production. Ils correspondent donc principalement aux performances des animaux et des troupeaux. Nous détaillerons les outils mis en place à ces fins puis les indicateurs utilisés en distinguant ceux qui relèvent de l'individu et ceux concernant le troupeau. Les indicateurs de pratiques sont peu analysés dans leur globalité. Nous avons vu dans la partie 2.1 que les travaux expérimentaux suggèrent l'existence d'une diversité de pratiques poste par poste mais nous ne disposons pas d'étude de terrain recueillant cette diversité des pratiques à chaque poste ni s'intéressant à tous les postes en même temps (la combinaison des pratiques). Seuls les travaux de Commandeur (Commandeur, 2003 et 2006 ; Commandeur et Casabianca, 2007) font intervenir les pratiques dans la définition du « style » de l'éleveur. L'absence de renseignement sur ces indicateurs de pratiques (tel que la conduite en bandes pratiquée) dans les enregistrements nationaux rend les indicateurs de résultats et d'élaboration des performances enregistrés moins facile à interpréter.

3.1. Indicateur de gestion technique des élevages porcin (GTTT - GTE – TB)

L'Institut de la Filière Porcine (IFIP) et l'INRA ont mis en place dans les années 1970 une chaîne de Gestion Technique des Troupeaux de Truies (GTTT). Cet outil regroupe les résultats individualisés des truies présentes dans les élevages participant à ce programme (environ 2800 élevages en 2006). Il permet à chacun des participants de se comparer à l'ensemble des élevages ou à des groupes particuliers (région, département, type d'élevage,

groupement ...). Par contre il ne regroupe les informations que de l'atelier naissance. Les résultats globaux de l'élevage sont calculés dans le cadre de la Gestion Technico-Economique (GTE, environ 2500 élevages en 2006). Enfin les coûts de production d'environ 800 élevages sont évalués par le Tableau de Bord (TB).

3.2. Les indicateurs de performance des truies par cycle

3.2.1. Prolificité

La prolificité des truies est caractérisée par 3 valeurs renseignées par l'éleveur pour chaque truie présente à la mise bas : le nombre de porcelets nés vivants, le nombre de porcelets mort-nés et le nombre de porcelets sevrés. A partir de ces données sont calculés le nombre de porcelets nés totaux, la mortalité et le taux de perte naissance – sevrage. Du fait des pratiques d'adoption, le nombre de porcelets sevrés pour une portée peut être plus important pour une truie donnée que le nombre de porcelets nés vivants, mais on ne dispose généralement pas dans la GTTT d'informations fiables sur le nombre de porcelets adoptés ou transférés.

3.2.2. Durées

Les durées renseignées dans la GTTT pour chaque truie sont de deux ordres : les durées normales du cycle et les durées « improductives ». Les durées normales recouvrent la durée de la lactation, la durée de l'intervalle sevrage œstrus et la durée de la gestation. Les durées improductives concernent l'intervalle entre l'entrée dans l'élevage et la première insémination, l'intervalle entre le sevrage et la saillie fécondante (ISSF) et l'intervalle entre le dernier sevrage et la réforme. Par addition de la durée de la lactation, de l'ISSF et la durée de la gestation, on détermine la durée d'un cycle (intervalle entre mises bas).

3.3. Les indicateurs de performance des élevages

3.3.1. Les performances par truie par an

Quand les performances des truies sont étudiées à l'année, la prise en compte des différentes durées improductives et de la façon dont est géré le renouvellement du troupeau devient importante. Pour estimer la durée de présence d'une truie et ainsi pouvoir exprimer des ratios de productivité annuelle moyenne, plusieurs indicateurs sont utilisés amenant à des durées de présence différentes selon que la truie est considérée comme « présente », « productive » ou « en production » (Figure I.7). Les truies sont considérées comme « présentes » dès leur arrivée sur l'élevage ou à la sortie d'engraissement dans les cas où l'éleveur produit lui-même ses cochettes et ne sont plus présentes au moment où elles quittent l'élevage. Les truies sont

« production » se termine lors de la décision de réforme. Les truies « productives » n'existent pas physiquement dans l'élevage. Ce concept est utilisé pour déterminer la productivité d'une truie moyenne du troupeau ayant une durée pour chaque cycle égale à la moyenne observée dans le troupeau. Par exemple, si en moyenne le nombre de porcelets sevrés par portée est de 11 et que la durée moyenne du cycle (ISSF + durée de gestation + durée de lactation) est de 149 jours, alors le nombre de porcelets sevrés par truie productive et par an est de $11 \times 365,25 / 149 = 29,9$. En France les deux indicateurs les plus couramment utilisés sont en relation avec la « truie présente » et la « truie productive ». Dans d'autres pays, le critère de référence est souvent la « truie en production » ce qui conduit également à l'utiliser de plus en plus souvent en France afin d'avoir des bases comparables entre les différents pays.

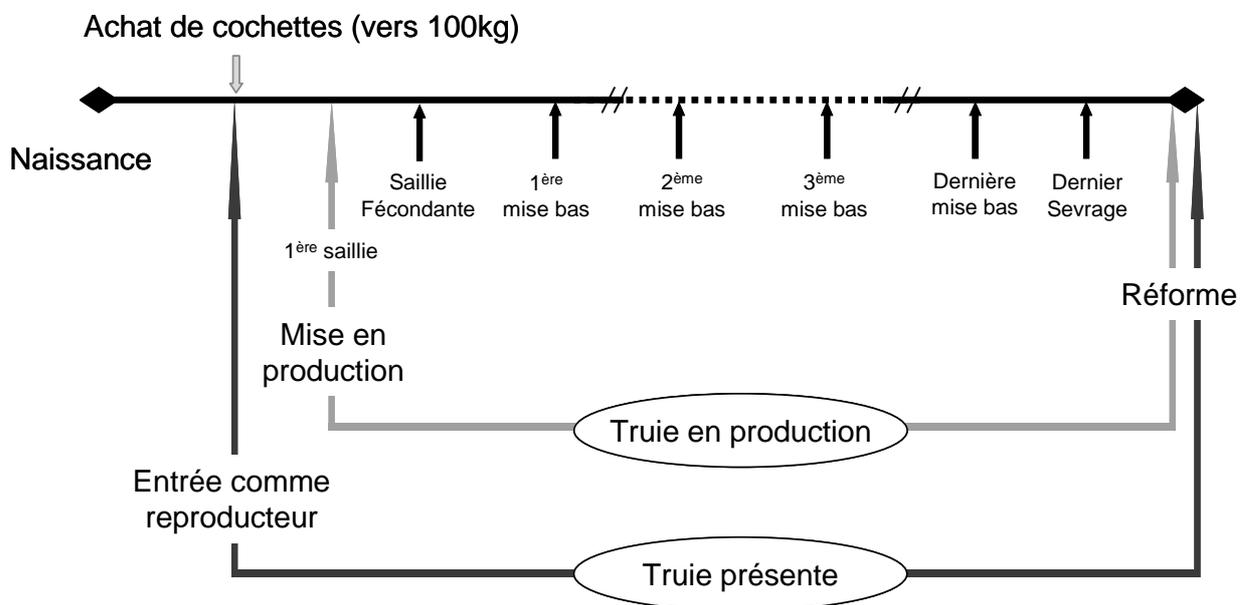


Figure I.7 : Deux façons de comptabiliser le nombre de truies dans un élevage : les truies en production et les truies présentes.

3.3.2. Les indicateurs de démographie

Les truies étant suivies tout au long de leur carrière, les indicateurs démographiques sont multiples. Ainsi, l'âge des truies est connu à chacune de leurs mises bas, permettant de calculer un âge moyen à la mise bas. De même, le nombre de mises bas effectuées avant qu'une truie ne soit réformée est enregistré et la moyenne de ce critère permet d'avoir un indicateur de la durée d'une carrière et du taux de réforme. Enfin, le nombre de truies effectuant leur première mise bas permet d'évaluer le taux de renouvellement par rapport au nombre de truies présentes.

3.3.3. Les autres indicateurs

D'autres indicateurs de performances sont également calculés pour les phases de post-sevrage et d'engraissement. Ils concernent en particulier l'efficacité alimentaire (Indice de Conversion, kg d'aliment / kg de gain de poids), la vitesse de croissance (Gain Moyen Quotidien, g/j) et la survie des porcelets.

3.4. Conclusion

Il semble donc exister un certain décalage entre les critères actuellement utilisés en élevage porcin et ceux évoqués précédemment dans la partie relative au travail. En effet, les indicateurs zootechniques de performances actuellement utilisés se focalisent tous sur un objectif d'efficacité technico-économique ramené à l'animal sans renseigner ni prendre en compte les attentes des éleveurs vis-à-vis des conditions (durée, rythme) de travail. Ils sont par ailleurs lacunaires sur les pratiques et permettent encore moins de proposer une vue globale des combinaisons de pratiques.

Cette thèse s'attachera à produire des connaissances sur les performances des troupeaux de truies, mais aussi sur les pratiques d'élevage, les décisions de conduites et leurs finalités : objectif d'efficacité technique du fonctionnement du troupeau, objectif de productivité du travail et objectifs « non productifs » des éleveurs (relatifs à leurs attentes de travail). Nous nous intéresserons plus particulièrement aux pratiques mises en place sur les différents postes de l'atelier naisseur et à leurs cohérences. Ces pratiques marquent, nous l'avons vu, les performances techniques mais par hypothèse apparaissent également sensibles aux enjeux de travail. Elle aura aussi pour finalité de contribuer à l'élaboration d'un outil d'évaluation de ces « cohérences pratiques » sur les indicateurs de résultats existants ou nouveaux (notamment permettant d'évaluer la répartition du travail au cours du temps). Ces objectifs ne pourront être atteints sans avoir une vision d'ensemble de l'élevage ce qui n'est possible qu'en ayant une approche systémique de l'élevage.

4. La modélisation systémique des élevages

4.1. Le système général

La théorie du système général a été décrite par Le Moigne à la fin des années 70 (Le Moigne, 1977). Cette théorie remet en cause l'approche cartésienne d'un problème et notamment les préceptes décrits par Descartes dans son « Discours de la méthode » (ne reconnaître pour vrai que ce que l'on connaît pour tel, diviser les difficultés en parties plus simples à résoudre,

étudier un problème en commençant par le plus simple, exhaustivité des dénombrements). Le Moigne (1977) définit à la place les principes de pertinence, de globalisme (« l'objet à connaître par notre intelligence est une partie immergée et active au sein d'un plus grand tout »), de précepte téléologique (quel est le projet ou la finalité ?) et d'agrégativité (toute représentation est simplificatrice, il faut choisir des agrégats pertinents) (Brossier, 1987). Le système est donc considéré comme un ensemble d'éléments en interactions dynamiques et organisés en fonction d'un objectif. Appliqué au niveau d'une exploitation agricole, le système renvoie à une interaction entre des troupeaux / cultures, des ressources (humaines, physiques, ...) et un exploitant qui prend des décisions et choisit ses pratiques en fonction d'un ou plusieurs objectifs spécifiques (Landais, 1987). Appliqué à l'activité d'élevage, cette approche systémique a conduit à la création d'un axe de recherche en zootechnie qui s'intéresse au « système d'élevage » (Livestock Farming System).

4.2. Les « Livestock Farming System »

Les objectifs des chercheurs qui s'intéressent aux systèmes d'élevage sont de produire des connaissances sur le fonctionnement et la diversité de ces systèmes, de construire des outils d'aide à la décision et d'appui au conseil et enfin de proposer des outils de négociation entre les acteurs de différents niveaux (local, régional, national) sur les questions traitant du développement rural et des industries agro-alimentaires (Gibon *et al.*, 1996). Tous ces chercheurs partagent la vision « systémique » de l'activité d'élevage (Gibon *et al.*, 1999) et améliorent la connaissance du fonctionnement de ce système en reliant les informations techniques et biologiques aux décisions, aux pratiques et aux objectifs des éleveurs (Béranger et Vissac, 1996). Le niveau privilégié d'expression et d'analyse du système d'élevage est celui de l'exploitation. L'éleveur finalise et pilote le troupeau et les ressources nécessaires à la production (Landais, 1987), l'ensemble « faisant système », c'est-à-dire étant en interaction dynamique.

Mais il est difficile pour un observateur extérieur de saisir les finalités de l'activité d'élevage, notamment celles qui se situent en dehors du volet économique. C'est pourquoi Landais et Deffontaines (1988) proposent de reconstruire ces finalités à partir d'un objet observable : les pratiques. Les pratiques sont la transcription par l'éleveur d'une technique. Cette transcription dépend des finalités de l'éleveur et permet donc de remonter à celles-ci. L'étude d'une pratique passe, selon ces auteurs, par l'étude de ses modalités (comment fait l'éleveur ?), de son efficacité (quels sont les effets et les conséquences de la pratique ?) et de son opportunité

(pourquoi l'éleveur le fait ?). Mais une pratique n'est pas isolée au sein d'un élevage et il faut donc aussi prendre en compte la cohérence des pratiques mises en œuvre par l'éleveur. C'est cette cohérence que mettent en évidence Dedieu *et al.* (1997) dans leur étude sur l'élevage extensif. Après avoir identifié les différentes pratiques et leurs modalités, ils ont attribué à chaque modalité une note en relation avec un objectif. L'analyse de l'ensemble des pratiques a mis en évidence plusieurs « logiques de conduite » associées à des modalités particulières. Ces logiques liées à des finalités concernent l'étalement des ventes d'animaux ou l'autonomie fourragère. A partir des pratiques, un objectif concernant la simplification des conduites a aussi été identifié mais se retrouvait dans les différentes logiques productives. Les pratiques permettent donc d'accéder aux différents objectifs des éleveurs vis-à-vis de leur élevage.

Les outils utilisés pour réaliser ces recherches sont variés, comprenant notamment les enquêtes, les suivis d'exploitation et la modélisation (Gibon, 1996). La réalisation d'enquêtes auprès des éleveurs permet d'aborder la diversité des systèmes d'élevage puis d'en proposer des typologies avant d'en dégager les traits essentiels de différenciation, notamment au niveau des systèmes de pratiques ou de leurs reformulations sous forme de stratégies d'élevage. Nous pouvons ainsi citer les travaux de Commandeur *et al.* (2006) caractérisant différents styles d'éleveurs porcins. Dans ce type d'étude, le nombre d'élevages enquêtés est souvent limité (de 20 à 100) et les résultats sont dépendants des critères d'échantillonnage et de la façon dont sont menées les enquêtes (durée, questionnaire ou entretien, ...). Ces informations, pourtant essentielles, sont trop souvent absentes des articles présentant des résultats d'enquêtes (Gibon, 1996). Les données recueillies peuvent ensuite être traitées par des analyses multivariées (Analyse en Composantes Principales, Analyse Factorielle des Correspondances, Analyse Factorielle Multiple, ...) suivies d'une classification automatique.

Le suivi d'élevage permet le recueil d'information à différents moments de l'année. Il permet de comprendre les décisions et les pratiques au fur et à mesure du temps par l'analyse des variations entre deux passages et d'être plus précis dans l'appréhension des pratiques et des décisions de l'enquêté (Gibon, 1981 et 1996). En effet, le suivi longitudinal permet une interrogation au moment des faits alors que les enquêtes se réfèrent à des « souvenirs » ou des « anticipations ». Ce type d'étude est généralement réalisé sur un nombre plus réduit de cas (par exemple 9 dans l'étude de Magne *et al.*, 2006).

La modélisation permet également d'aborder de façon dynamique le système d'élevage dans son équilibre entre troupeau, ressources et pilotage par l'éleveur.

Toutes ces méthodes sont employées dans le cadre de recherches aux objectifs précis qui orientent la vision du système. Si l'on fait référence à un système d'élevage tel que décrit par

Landais (1992), c'est-à-dire composé d'un éleveur, d'animaux et de ressources, les études privilégient généralement une vision restreinte du système en mettant en avant un type de relation plutôt que l'ensemble. Ainsi, les modèles de fonctionnement de troupeaux (herd dynamics models) se focalisent sur la relation dynamique entre l'homme et le troupeau laissant moins définies les relations homme – ressources ou homme – équilibration des besoins du troupeau et des ressources (Cournut et Dedieu 2004 ; Martel *et al.*, 2006 ; Plà 2007). Nous présentons dans la partie suivante les différentes représentations des systèmes d'élevage observées dans les études utilisant la modélisation.

5. Les modèles d'élevage

Cette partie se base principalement sur les thèses de Campos (2000) et de Cournut (2001) ainsi que sur la synthèse bibliographique de Plà (2007) et celle que nous avons présentée lors des Journées de la Recherche Porcine (Martel *et al.*, 2006 ; Annexe A). Nous reprendrons principalement les modèles de fonctionnement de troupeaux porcins (production et renouvellement) décrits dans ces synthèses et ferons référence à des modèles d'élevages herbivores quand ceux-ci présentent des caractéristiques similaires.

5.1. Le modèle : une représentation de la réalité

Hill (1993) définit un modèle comme une abstraction qui simplifie le système étudié en ignorant de nombreuses caractéristiques, pour se focaliser sur les aspects qui intéressent le modélisateur et qui définissent la problématique du modèle. Cette notion de modèle est en adéquation avec la définition proposée par Minsky (1968) : « *To an observer B, an object A* is a model of an object A to the extent that B can use A* to answer questions that interest him about A* ». Enfin, pour Popper (1973), un modèle doit avoir un caractère de ressemblance, constituer une simplification et être une idéalisation de système réel. Ainsi la raison motivant la réalisation du modèle définit le système qui sera simulé et le type de modèle utilisé. Par exemple, certains modèles de systèmes d'élevages d'herbivores (Cros *et al.*, 2001 ; Jouven, 2006) ont pour centre d'intérêt l'effet des règles de gestion du pâturage sur la production moyenne du troupeau. Ces modèles n'ont pas besoin de représenter la variabilité observée entre les animaux composant le troupeau ni son fonctionnement. Ils considèrent donc des animaux « moyens », dont la croissance, l'ingestion et la production laitière sont modélisées de façon déterministe mais dépendent de leur classe d'âge et de la qualité de l'aliment fourni.

5.2. La construction d'un modèle

La construction d'un modèle se déroule en plusieurs étapes qui peuvent survenir plusieurs fois chacune (Figure I.8 ; Sauvants, 2005).

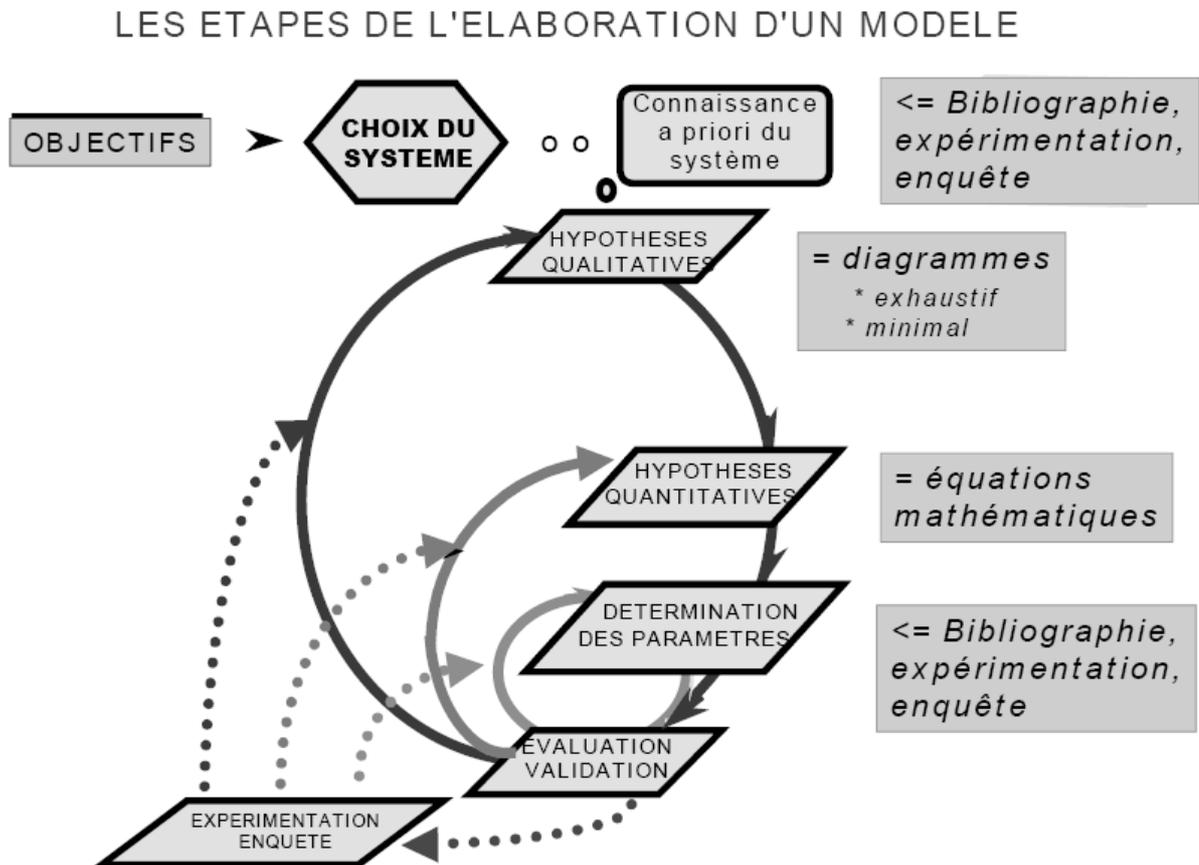


Figure I.8 : Les différentes étapes de l'élaboration d'un modèle (d'après Sauvants, 2005)

Les connaissances *a priori* du système sont mobilisées pour identifier les principales entités et relations entre entités à l'intérieur du système. C'est à cette étape que sont réalisés les « diagrammes UML » (pour Unified Modeling Language) du modèle. Les relations sont ensuite formalisées par des équations mathématiques (nombre de porcelets nés vivants en fonction du rang de portée de la truie par exemple) ou par l'écriture de règles générales (d'application systématique) et des règles conditionnelles qui mobilisent des informations intra (infertilité des truies pour une règle de réforme par exemple) ou extra système (prix, climat, etc.) pour être activées.

L'estimation des paramètres de ces relations s'effectue grâce à une analyse des données issues d'expériences, d'enquêtes ou de la bibliographie. Le modèle doit alors être validé (cf. 5.5) notamment grâce à des expérimentations virtuelles ou réelles. Suite à cette étape, le modélisateur peut se rendre compte si le modèle a besoin d'être modifié aussi bien dans les

relations à représenter, dans les formalisations effectuées ou encore au niveau de l'estimation des paramètres. Au final, la modélisation permet de synthétiser les connaissances mais sert aussi de point de départ à d'autres études, créant ainsi de véritables allers-retours entre la modélisation et l'expérimentation (Hoch et Agabriel, 2001 ; Pérochon *et al.*, 2001).

5.3. Les différents types de modèles

En fonction des objectifs le choix du modèle s'orientera vers des modèles d'optimisation ou de simulation (Jalvingh *et al.*, 1992 ; Plà, 2007). L'objectif des modèles d'optimisation est généralement de maximiser une fonction d'utilité ou de profit selon différents critères (les pratiques, le prix et les ressources disponibles par exemple). Les modèles de simulation s'intéressent plus spécifiquement à la variabilité et la complexité de l'élevage afin d'améliorer la compréhension de son fonctionnement.

Dans le domaine de la conduite d'élevage, plusieurs modèles d'optimisation ont été réalisés afin d'optimiser les décisions de réforme dans les systèmes bovins laitiers (DeLorenzo *et al.*, 1991 ; Kristensen, 1993 ; Houben, 1994) ou porcins (Huirne *et al.*, 1991 ; Kristensen et Sollested, 2004 ; Pomar et Pomar, 2005). Il s'agit alors de représenter le système afin de prendre en compte tous les éléments conduisant à la réforme d'un animal, le plus souvent pour infertilité ou pour une productivité insuffisante. L'intérêt de ces démarches est parfois controversé de par les délimitations nécessaires du domaine des solutions alors que se multiplient les sources d'incertitudes pour les agriculteurs (Maxime *et al.*, 1995).

Les modèles de simulation peuvent se répartir en différentes catégories selon trois critères principalement (France et Thornley, 1984 ; Sauvart, 2005). La prise en compte de la variabilité des phénomènes biologiques (événements aléatoires) oppose les modèles « stochastiques » aux modèles « déterministes » pour lesquels deux simulations réalisées avec le même état initial et les mêmes règles de décisions donnent le même résultat. La prise en compte d'un effet du temps sur la production caractérise les modèles « dynamiques » ce qui les oppose aux modèles « statiques ». Enfin les modèles peuvent considérer l'objet d'étude comme une boîte noire (par exemple l'animal) et sont conçus pour prédire les flux sortants (par exemple les déjections) en fonction des flux entrants (par exemple les aliments). Ces modèles sont dits « empiriques » et s'opposent aux modèles « mécanistes » qui intègrent les relations biologiques sous-jacentes au niveau étudié (par exemple l'animal quand le troupeau est le niveau d'étude). Dans tous les modèles de simulation, l'objectif est de prédire l'état et la production du système modélisé après un certain temps. Ce temps peut être considéré continu (par exemple la croissance d'un animal) ou discret (par exemple l'activité de reproduction,

puisque c'est un événement qui arrive sporadiquement et de façon asynchrone) (Campos, 2000). Lorsque le temps est discrétisé, il peut l'être par des intervalles de temps réguliers (simulation discrète gérée par une horloge) ou par des intervalles irréguliers (simulation discrète gérée par événements).

Les modèles de simulation du fonctionnement des troupeaux sont des modèles biodécisionnels : la dynamique dépend de l'interaction entre décisions de conduite (reproduction et renouvellement au minimum) et construction des carrières productives des animaux. Ces modèles sont généralement des modèles stochastiques (afin de prendre en compte le côté aléatoire des phénomènes biologiques), dynamiques (afin de prendre en compte l'évolution des performances des animaux au cours de leur carrière ainsi que l'évolution de la composition du troupeau) et comportent une partie mécaniste (par la représentation des lois de fonctionnement biologique de chaque individu du troupeau) avec un temps discret (géré soit par une horloge soit par des événements). Nous présenterons quelques exemples de modélisation de ce type dans le paragraphe suivant, en nous attardant plus spécifiquement aux modèles relatifs à la représentation des élevages porcins.

5.4. Les modèles bio-décisionnels de fonctionnement de troupeaux

5.4.1. Les questions traitées

Ces modèles sont conçus pour explorer des relations entre des paramètres biologiques, des décisions, des pratiques et des résultats de performances du troupeau. Du point de vue biologique, sont surtout considérés des aspects de nutrition (Pomar *et al.*, 1991b ; Tess et Kolsta, 2000) et de reproduction (Pettigrew *et al.*, 1986 ; Cournut, 2001 ; Ingrand *et al.*, 2002). Pour ce qui concerne la conduite, sont comparés les effets de différentes durées de lactation (Allen et Stewart, 1983), règles de réforme (Jalvingh *et al.*, 1992 ; Kristensen et Sollested, 2004b) et conduites en bandes (Teffène et Salaün, 1983). Un seul modèle s'intéresse plus spécifiquement à la cohérence entre la conduite et les ressources en bâtiments présentes sur l'élevage (Teffène *et al.*, 1986), se démarquant ainsi des autres modèles qui considèrent (quand ils sont représentés) les bâtiments comme une zone de stockage sans réel effet sur la production.

Dans la majorité des cas, les simulateurs de fonctionnement de troupeaux fournissent des résultats concernant les variations, au cours de la simulation, des effectifs d'animaux dans chaque stade physiologique et les résultats de production (nombre de porcelets nés vivants et sevrés), le nombre de mises bas, de réformes..., permettant les calculs de performances.

Certains simulateurs vont plus loin en réalisant une sortie financière à partir de ces résultats (Singh, 1986). Seul le modèle d'Allen et Stewart (1983) introduit une dimension « temps de travail » en appliquant des durées à chaque événement simulé et en distinguant le travail ne nécessitant pas de compétence particulière (alimentation, déplacement d'animaux...) du travail nécessitant une certaine expertise (insémination, surveillance des mises bas).

Les modèles peuvent aussi être créés dans le but d'être utilisés en ferme comme outil d'aide à la décision comme par exemple le modèle de Plà *et al.* (2003).

5.4.2. La représentation des animaux

C'est souvent la représentation la plus aboutie des modèles. Elle peut concerner tous les stades physiologiques mais nous nous limiterons ici à la représentation des animaux reproducteurs et des jeunes jusqu'au sevrage.

Compte tenu du type de modélisation utilisée, les modèles de Plà *et al.* (2003), Jalvingh *et al.* (1992) et Kristensen et Sollested (2004a) représentent le troupeau différemment des autres modèles. Dans ces modèles, une truie qui se trouve dans un état X à un moment donné possède la probabilité $P(x,y)$ de passer à l'état Y après un intervalle de temps donné. Cette probabilité synthétise aussi bien les phénomènes biologiques (fertilité par exemple) que des pratiques (réforme obligatoire après un état donné). Pour les autres modèles, toutes les truies possèdent un ensemble de caractéristiques que l'événement E peut modifier.

La biologie des animaux est généralement représentée par des lois de réponse, ce qui permet de conserver le caractère aléatoire des phénomènes biologiques. Pour les modèles qui représentent cette variabilité, la finesse de la représentation varie d'un modèle à l'autre. Ainsi, l'intervalle sevrage œstrus est représenté de façon simplifiée dans le modèle de Jalvingh *et al.* (1992), c'est-à-dire par la proportion de truies présentant un œstrus dans la semaine suivant le sevrage. Dans les modèles de Pomar *et al.* (1991b) et de Tess et Kolstad (2000), la représentation de cet intervalle est plus élaborée puisqu'elle prend en compte l'effet de l'état corporel de l'animal. Dans le modèle de Pomar *et al.* (1991b), cet état est dépendant de la durée de lactation, de la quantité d'aliment ingérée et de la taille de la portée. Un modèle spécifique est ainsi créé pour rendre compte de l'assimilation des nutriments par les animaux selon leur stade physiologique (Pomar *et al.*, 1991a). Le degré de complexité dans la représentation d'un phénomène biologique particulier est en relation avec l'objectif du modèle et les modèles combinent généralement des représentations simplifiées et complexes. Ainsi, Jalvingh *et al.* (1992) calculent les probabilités de passage d'un état à un autre en fonction de

l'histoire productive de la truie (nombre de mises bas et taille des portées) alors que les autres modèles se contentent de représenter l'influence du nombre de mises bas.

Certains paramètres biologiques peuvent aussi être fixés dès l'arrivée de l'animal dans le pré-troupeau (et ne dépendront donc ni de l'histoire productive, ni des pratiques de l'éleveur). Par exemple, lors de l'achat de jeunes truies, le simulateur de Pettigrew *et al.* (1986) détermine leur âge et simule la venue de la puberté. Les truies ne seront insérées dans le troupeau qu'une fois leur puberté atteinte, créant ainsi un délai entre l'achat et la première insémination.

L'approche des paramètres biologiques développée par Plà *et al.* (2003) et Kristensen et Sollested (2004a) diffère de celle présentée précédemment dans la mesure où ces modèles de type markovien définissent des états de gestion courante, facilement identifiables par l'éleveur (truie en attente de saillie, truie gestante, truie réformée, ...) et non pas uniquement des états physiologiques. Les probabilités de passage d'un état à l'autre sont déterminées en analysant sur une période donnée le nombre d'animaux dans chaque état. Ces probabilités peuvent représenter des caractéristiques biologiques (la probabilité de passer de l'état « attente première saillie » à l'état « gestante » correspond au taux de fertilité en première saillie par exemple) ou des caractéristiques de conduite (une probabilité de passage pour une truie de rang de portée 8 de l'état « lactation » à l'état « attente d'être vendue » égale à 1 correspond à une règle de réforme obligatoire sur les truies de rang de portée 8). L'analyse pouvant être faite en tenant compte du rang de portée des truies, ceci permet une représentation fine de l'animal dans le modèle en utilisant des données directement accessibles en élevage.

5.4.3. Les décisions

Certains modèles d'élevage cherchent à représenter les décisions que l'éleveur doit prendre pour faire vivre son troupeau, sans toutefois que cela ne nécessite une représentation de l'éleveur lui-même. Ainsi, dans les modèles, si l'éleveur est toujours un décideur, il est bien plus rarement un travailleur. Les règles de décisions présentes dans les modèles concernent principalement la conduite du troupeau (résultant de l'association entre le nombre de bandes et la durée de la lactation), le renouvellement et la réforme, la reproduction et l'alimentation. Mais ces décisions impliquant le déclenchement / la mise en œuvre d'actes ou de pratiques techniques sont généralement fixées à l'initiation du modèle et n'évoluent pas au cours de la simulation. Afin de pouvoir représenter une véritable stratégie de conduite, Martin-Clouaire et Rellier (2003) ont mis au point un cadre conceptuel original. Celui-ci permet de décrire un ensemble de règles de décisions reliées entre elles par des opérateurs permettant de préciser par exemple « s'il faut réaliser telle pratique, il faut alors réaliser telle autre avant ». Un grand

nombre d'opérateurs existent permettant d'organiser les activités de façon temporelle (avant, en même temps, commence en même temps, finit en même temps) ou de lier des activités entre elles (ou, et, optionnel, itérer). Cet ensemble de règles entre activités permet de définir une stratégie flexible en fonction des événements (aléas climatiques, disponibilité du matériel, état du troupeau). Mais si le cadre conceptuel existe, un seul modèle y fait référence actuellement (Vayssières *et al.*, 2007) et il concerne l'élevage laitier.

a. Les nombres de bandes et la durée de lactation

La prise en compte du nombre de bandes est classique dans les modèles d'élevages porcins, mais plus rare dans les autres productions, du moins en France. Elle est utile dans les modèles si l'on cherche à représenter les flux d'animaux d'une bande à l'autre (par exemple pour la gestion d'épisodes d'infertilité), l'organisation du travail et la cohérence entre la conduite des animaux et les bâtiments disponibles. A l'exception de Plà *et al.* (2003), tous les simulateurs d'élevages porcins font référence à la conduite en bandes. Mais dans la majorité d'entre eux, le nombre de bandes de truies dans le troupeau est fixe (une bande chaque semaine). Trois simulateurs seulement proposent différentes conduites en bandes (Allen et Stewart, 1983; Teffène et Salaün, 1983; Teffène *et al.*, 1986) en laissant la possibilité de modifier la fréquence des dates de sevrage. Pour Plà *et al.* (2003), la date de sevrage est fonction de chaque truie, la notion de bande n'existant pas. Par contre, le choix de la durée de lactation est possible dans tous les modèles. Dans d'autres productions, les modèles de Cournut (2001) et d'Ingrand *et al.* (2002) permettent de représenter la gestion en lots des élevages ovins et bovins allaitants, y compris des transferts de femelles entre lots. Le modèle de Tess et Kolstad (2000) permet également de gérer plusieurs lots d'animaux dans des élevages de bovins allaitants mais sans transfert possible entre les lots.

Parmi les modèles présentant la possibilité de gérer les bandes de truies, celui d'Allen et Stewart (1983) propose jusqu'à 6 bandes différentes mais cette possibilité n'est pas exploitée dans l'article qu'ils présentent. Le premier modèle de Teffène et Salaün (1983) était conçu comme un outil d'aide à la décision. Aussi était-il nécessaire qu'il puisse s'adapter au mieux à la situation réelle de l'élevage considéré et donc représenter les transferts d'animaux d'une bande à l'autre et les différentes conduites couramment rencontrées. Le second modèle de Teffène *et al.* (1986) avait pour objectif la gestion prévisionnelle de l'élevage. Ce simulateur était capable de calculer des objectifs de production en adéquation avec le parc de bâtiments disponible sur l'élevage. Si la conduite en bande choisie ne permettait pas d'atteindre ces objectifs, le simulateur proposait une autre conduite et la marche à suivre pour passer de la

conduite existante à la conduite proposée. En élevage ovin, le modèle de Cournut (2001) gère deux lots de brebis avec un changement de lot pour les brebis infertiles en fonction de leur histoire productive. Cette gestion s'apparente donc à celle observée dans les élevages porcins.

b. Les pratiques de renouvellement - réforme

Ces pratiques sont un aspect essentiel pour simuler un élevage au cours du temps puisqu'elles permettent de renouveler le troupeau avec des animaux plus jeunes et possédant un meilleur potentiel génétique, d'adapter la taille du troupeau à l'espace disponible et d'éliminer les animaux improductifs ou malades. Les critères de réforme volontaire (réformes choisies par l'éleveur et non pas imposée par une maladie, un problème physique ou la mort de l'animal) concernent généralement le niveau de performance des animaux et leur âge (Lucia *et al.*, 2000 ; Malher *et al.*, 2001). Ces réformes sont généralement représentées comme étant obligatoires (si le niveau est en dessous d'un seuil, l'animal est réformé) ou, plus rarement, de façon « optionnelle » (la réforme interviendra si une autre condition est remplie). Tous les modèles représentent la réforme des animaux improductifs mais diffèrent quant aux critères utilisés. Ainsi, Jalvingh *et al.* (1992) font évoluer le nombre autorisé d'échecs à la reproduction en fonction du rang de portée, alors que Pomar *et al.* (1991b) n'autorisent qu'un seul retour en chaleur après insémination quel que soit l'âge de la truie. La différence de représentation peut être liée à la finalité du modèle; Jalvingh *et al.* (1992) s'intéressant aux causes de réformes, ils représentent plus finement les critères utilisés. Les modèles présentent aussi généralement un rang de portée butoir, c'est-à-dire qu'après un certain nombre de mises bas ou à un anniversaire donné une truie / vache / brebis est obligatoirement réformée (Cournut, 2001 ; Singh, 1986). Seul le modèle de Jalvingh *et al.* (1992) tient compte de la prolificité des truies dont la probabilité d'être réformées s'accroît lorsque leur index de prolificité diminue. Teffène *et al.* (1986) sont les seuls à inclure un paramètre de renouvellement minimum par an ce qui permet de favoriser l'insertion de jeunes reproducteurs de qualité génétique supérieure et de maîtriser l'équilibre démographique du troupeau. Enfin, les modèles d'Allen et Stewart (1983), de Teffène *et al.* (1986) et de Jorgensen et Kristensen (1995) prennent en compte la gestion de l'espace disponible dans les bâtiments et peuvent donc réagir, en accroissant le taux de réforme, en cas de manque de place.

Le renouvellement est représenté souvent succinctement, à la manière d'Allen et Stewart (1983) pour qui il correspond seulement à la réinitialisation des paramètres d'une truie réformée. En fait, les pratiques de renouvellement (date d'achat des truies ou cochettes, durée de la période de quarantaine, nombre de cochettes à inséminer, gestion du stock de cochettes)

sont souvent délaissées au profit d'une représentation plus poussée de la venue en puberté. Généralement l'achat ou le recrutement de jeunes reproducteurs s'effectue soit dès la réforme d'un animal, soit à des intervalles de temps réguliers (une semaine dans les simulateurs d'élevage porcin, quelques mois dans les élevages d'herbivores) en supposant qu'il existe un "stock" de jeunes reproducteurs disponible. L'insertion dans le troupeau se fait entre une (Allen et Stewart, 1983) et 4 à 5 semaines après l'achat (Jalvingh *et al.*, 1992). Quelques simulateurs gèrent l'auto renouvellement (Singh, 1986 ; Teffène et Salaün, 1986; Pomar *et al.*, 1991b; Cournut 2001) et peuvent ainsi sélectionner les jeunes reproducteurs parmi les animaux en croissance en fonction de critères de qualités intrinsèques.

c. Les pratiques de reproduction

Les choix du nombre de bandes et de la durée de lactation constituent deux volets stratégiques de la conduite de la reproduction. Ils calent dans le calendrier les moments d'exécution des pratiques mais ne fixent pas tout, notamment les protocoles très concrets suivis par les éleveurs au moment de la mise à la reproduction ou à la mise bas. Outre le calage dans le calendrier et la périodicité, il reste donc à préciser d'autres éléments des modalités des pratiques. Or ces modalités pratiques peuvent être importantes pour la productivité des animaux. Nous avons ainsi détaillé dans la partie 2 ci-dessus quelques variants des pratiques de surveillance des chaleurs et d'inséminations en production porcine.

Dans les élevages d'herbivores, d'autres critères interviennent comme la date d'introduction du bélier (taureau), la date de retrait, la synchronisation des chaleurs, la date de tarissement. A l'inverse des modèles d'élevages porcins dans lesquels les pratiques relatives à la reproduction sont rarement représentées (seulement dans le modèle de Jorgensen et Kristensen de 1995), elles le sont fréquemment dans les modèles d'herbivores (Tess et Kolstad, 2000 ; Cournut, 2001 ; Ingrand *et al.*, 2002).

d. L'alimentation

L'alimentation est souvent représentée dans les modèles porcins, dans la mesure où elle intervient de façon importante dans les résultats économiques de l'élevage. Les modèles de fonctionnement de troupeaux porcins se contentent cependant le plus souvent d'évaluer les quantités d'aliment distribuées (et parfois leur coût) en fonction du stade physiologique (Allen et Stewart, 1983 ; Teffène *et al.*, 1986 ; Jalvingh *et al.*, 1992). Seul Pomar *et al.* (1991b) représentent l'influence des modifications du plan d'alimentation (composition de l'aliment, quantités distribuées) sur la productivité des truies. Ils peuvent ainsi considérer les pratiques

de « flushing » par exemple et plus généralement tenir compte des interactions nutrition-reproduction.

Dans les modèles d'élevages d'herbivores, les pratiques d'alimentation sont en étroite relation avec le pâturage et certains modèles (par exemple Romera *et al.*, 2004) s'intéressent donc aux différentes pratiques permettant de gérer la biomasse végétale des pâtures quand les animaux sont « à l'herbe ».

e. L'éleveur

L'éleveur en tant que tel est souvent absent des représentations de l'élevage porcin. Sa présence est cependant sous-jacente dans les règles de conduite et les pratiques. Deux modèles vont plus loin dans la prise en compte de l'éleveur en incluant la notion de temps de travail. Il s'agit des modèles d'Allen et Stewart (1983) et de Jorgensen et Kristensen (1995). Dans le premier, les tâches à réaliser sont réparties en deux types d'activités : le travail spécifique (surveiller la naissance des porcelets, inséminer les truies, ...) et le travail non spécifique (déplacer et alimenter les animaux, nettoyer les loges, ...). Une sortie de la simulation consiste en une évaluation du temps passé pour chaque type de travail. Jorgensen et Kristensen (1995) vont encore plus loin en développant tout un système de prise de décision en fonction de la connaissance qu'a l'éleveur de son troupeau. Cette connaissance passe par le biais d'instruments de mesure (échographe, savoir-faire de l'éleveur, ...) qui ne sont pas fiables à 100%. L'éleveur a donc une vue partielle de son troupeau mais doit malgré tout prendre des décisions qui sont répercutées au niveau des agents qui les mettent en œuvre un nombre de fois et à des heures déterminés. Ce type de représentation permet d'aborder des questions telles que l'étude de l'effet d'une amélioration de la qualité de la détection des œstrus sur les performances de l'élevage et la quantité de travail.

5.4.4. Les ressources

La gestion optimale des salles d'élevage est une préoccupation importante de l'éleveur porcin au même titre que la gestion des pâturages l'est pour l'élevage d'herbivores. Dans les modèles d'élevages porcins, le nombre de places disponibles (notamment dans la maternité) ou les flux entre salles sont considérés par certains comme des contraintes pouvant influencer la réforme (afin d'ajuster les effectifs) alors que pour d'autres c'est une condition de la faisabilité de la conduite. Dans les modèles d'élevages herbivores, le nombre de pâtures et l'état de la végétation présente sont en étroite relation avec le plan d'alimentation.

Intégrer les bâtiments dans un modèle porcin implique de gérer finement les stades physiologiques des truies et de connaître le nombre de truies dans chaque stade. Quatre

simulateurs s'y intéressent avec des implications variables sur les simulations. Ainsi, le modèle d'Allen et Stewart (1983) représente des bâtiments qui sont affectés à un stade physiologique spécifique (gestation, lactation, attente saillie). Chaque bâtiment possède une surface disponible et, à l'occasion de chaque changement d'état physiologique d'un animal, le modèle vérifie l'espace disponible dans le bâtiment où il doit être transféré. Si le bâtiment n'a pas la place suffisante pour recevoir l'animal considéré, la simulation s'arrête. L'approche est voisine dans les modèles de Singh (1986) et de Jorgensen et Kristensen (1995) mis à part que le nombre de places est considéré au lieu de la surface. Par contre, le modèle de Teffène *et al.* (1986) possède dans sa phase d'initialisation un module de validation des objectifs qui, à partir de la description des bâtiments (en nombre de places disponibles) et des objectifs techniques (prolificité, mortalité, ...), détermine un potentiel de production et propose le cas échéant des solutions concernant le nombre de bandes, la taille des bâtiments, la durée de lactation, ... Une fois l'objectif déterminé et la solution choisie, le simulateur génère une proposition pour passer de la conduite d'origine à une conduite en adéquation avec les bâtiments disponibles. Toutes les simulations effectuées ensuite tiennent compte de la place disponible dans les différents bâtiments d'élevage.

5.4.5. Conclusions sur les modèles bio-décisionnels

De l'analyse de ces différentes représentations nous pouvons conclure que l'équilibre entre les différentes composantes que sont les animaux, les ressources et les décisions, varie en fonction des objectifs des modèles. Certains aspects de la conduite et plus particulièrement la gestion des animaux en lots dynamiques ne sont que rarement pris en compte dans les modèles. Cette gestion est pourtant à la base de la conduite en bandes des élevages porcins et intervient à la fois dans les adaptations à des problèmes de fertilité et dans l'organisation temporelle du travail (cf. partie II). Cette gestion est mieux abordée dans les modèles d'élevages ovins (Cournut 2001 ; Cournut et Dedieu, 2004) mais la diversité des conduites en bandes est moins grande qu'en élevages porcins.

Parmi les pratiques représentées dans les modèles, peu sont justifiées par des enquêtes sur le terrain ce qui interroge sur leur pertinence. En fait, les pratiques découlent souvent d'une mise en application uniforme de décisions d'ordre plus stratégique (la conduite en bande et ses rendez-vous temporels par exemple), la diversité des mises en œuvre étant soit peu connue, soit évacuée. Par exemple, le critère d'âge butoir utilisé comme critère de réforme dans la quasi-totalité des modèles est-il strict ou dépend-t-il également de la carrière des animaux ou

de la disponibilité des jeunes reproducteurs ? De plus, ces pratiques ne rendent pas compte de la grande diversité observée à toutes les étapes du cycle de reproduction. Par exemple, les pratiques d'adoption ainsi que le nombre de séances de détection des chaleurs et les protocoles d'insémination dans les élevages de truies n'ont que peu ou pas été représentés jusqu'à présent.

Enfin si l'on prend en compte les évolutions des attentes vis-à-vis du travail, on se rend compte qu'aucun modèle porcin (ni herbivore) n'est en mesure de fournir des indicateurs susceptibles d'évaluer l'adéquation entre le travail effectif de l'éleveur et ses attentes de travail.

5.5. La validation des modèles

La validation d'un modèle consiste à déterminer s'il répond aux objectifs fixés lors de sa conception (Balci, 1998). C'est donc une étape essentielle de la construction d'un modèle mais souvent bien peu détaillée dans les articles. Cette absence peut être volontaire, les articles se focalisant plus sur la méthode de modélisation et sur les résultats, ou résulter de sa difficulté de mise en œuvre de par l'utilisation de critères difficilement mesurables et/ou de l'absence de données disponibles pour la validation (Plà, 2007). Quand une validation est présentée, il s'agit souvent de la vérification que le modèle fonctionne correctement. La vérification fait appel aux indicateurs de suivi du fonctionnement du simulateur afin de voir par exemple si les lois de réponses incluses dans le modèle sont bien sensibles aux paramètres prévus. La validation du modèle par rapport à des données externes au simulateur peut être réalisée de différentes manières (Balci, 1998) que Coquillard et Hill (1997) ont regroupé en cinq types :

La **validation par confrontation** qui consiste à faire valider les résultats et le comportement du modèle par des « experts ». Ceux-ci peuvent alors identifier des points faibles aussi bien au niveau de la structure du modèle (relation manquante entre deux objets par exemple) qu'au niveau des lois biologiques et des règles de décisions utilisées.

La **validation par répétitivité** pour laquelle les résultats des simulations sont comparés à des données réelles ou des données simulées par d'autres modèles. Ce type de validation permet donc de valider les résultats obtenus par le modèle mais ne donne pas d'informations sur le fonctionnement du modèle en lui-même. On retrouve ce type de validation dans le modèle de Plà *et al.* (2003).

La **validation « fonctionnelle »** est basée la réalisation par simulation d'expérimentations virtuelles afin de s'assurer du bon fonctionnement du modèle. Ce type de validation comprend

l'analyse de sensibilité (variation des paramètres d'entrées autour d'une valeur moyenne et étude des résultats de simulation), les tests de conditions extrêmes (paramètres d'entrée mis à des niveaux limites ou hors norme) et la validation structurelle (qui suit les différents paramètres du modèle au cours de la simulation). Ce type de validation a par exemple été effectué par Cournut (2001).

La **validation graphique** et la **validation statistique**, qui sont des outils au service des trois types de validations décrites précédemment (Cournut, 2001).

La validation peut ainsi remettre en cause toutes les parties du développement d'un modèle : hypothèses qualitatives, quantitatives et l'estimation des paramètres (Sauvant, 2005).

5.6. Conclusion

La modélisation des systèmes d'élevage se focalise généralement sur les relations entre l'éleveur, le troupeau et les ressources disponibles. Ces ressources sont principalement l'aliment (type d'herbe disponible dans les parcelles / composition de la ration) et l'espace (nombre de places dans les bâtiments / taille des parcelles), laissant le plus souvent de côté la ressource en travail. Les modèles de fonctionnement de troupeaux constituent un variant des modèles de système d'élevage centrés sur la dynamique de production et de renouvellement de la composition du troupeau.

Les règles de réforme et de reproduction sont les seules présentes dans tous les modèles dynamiques de fonctionnement de troupeau, leur niveau de détail et les autres types de décisions de conduite (alimentation) étant considérés de façon variable. Les objectifs de « l'éleveur » représentés dans ces modèles se limitent souvent à la productivité numérique de l'élevage ou à la marge économique. La formalisation des pratiques et surtout la diversité de mise en œuvre concrète des conduites en bandes (les protocoles détaillés) ne sont pas non plus très homogènes ni approfondis dans les modèles que nous avons analysés.

Ce type de formalisation du système d'élevage n'est plus en bonne adéquation avec les changements que l'on observe dans les priorités des éleveurs notamment vis-à-vis de la répartition du travail (week-ends libérés, possibilité de vacances ou horaires journaliers maîtrisés) mais aussi vis-à-vis de la recherche de compétitivité passant par une productivité du travail élevée. Il faudrait donc pouvoir modéliser ces nouveaux objectifs et leurs relations avec les décisions et les pratiques finalement mises en œuvre qui, dans le cas des élevages porcins, sont liées non seulement aux choix du nombre de bandes et de durée de lactation,

mais aussi aux détails des protocoles de détection d'œstrus, d'insémination, de suivi de mises bas.... Ce type de modélisation que nous allons développer s'inscrit dans le champ des recherches sur les systèmes d'élevage et fait appel à ses méthodes telles que l'enquête ou le suivi d'élevage. Les modèles ainsi construits devraient permettre de mieux simuler les effets des pratiques, y compris de celles relatives à l'organisation du travail, sur la productivité des animaux. Par ailleurs, il n'existe pas pour le moment d'indicateurs dans les différents modèles que nous avons analysés permettant d'évaluer l'adéquation entre les objectifs de l'éleveur et les résultats de l'élevage notamment pour ce qui concerne la répartition temporelle du travail. Ces indicateurs restent donc à construire.

Chapitre II

MaProSH

Management and Productivity of Sow Herds

Un premier prototype de simulateur de fonctionnement
de troupeaux de truies

1. Introduction

L'étude bibliographique a notamment mis en évidence l'importance de la conduite en bandes vis-à-vis de l'organisation du travail – la répartition des tâches périodiques entre les semaines, et des règles de réforme – notamment pour infertilité. Mais elle souligne aussi :

- d'une part le manque d'outils permettant de simuler les différentes conduites en bandes, la plupart des auteurs proposant des modèles calés sur une seule conduite ou sur une production continue.
- d'autre part l'absence de prise en compte des conséquences du fonctionnement technique sur la répartition des tâches dans le temps.

Nous avons donc choisi d'initier notre travail de modélisation par la réalisation d'un modèle permettant de représenter le fonctionnement d'un troupeau de truies, quel que soit le choix de la conduite en bandes, et proposant des premiers indicateurs de répartition des tâches périodiques, c'est-à-dire associées aux pratiques et à la surveillance d'événements de reproduction. Cette première étape de conception d'un modèle traitant des interactions entre attentes de productivité du troupeau et de rythmes de travail, pratiques d'élevage et fonctionnement biologique des truies se concentre ainsi sur un premier « verrou » : l'expression des interactions dynamiques entre le choix d'une conduite en bandes, le choix d'une durée de lactation et le fonctionnement biologique des truies avec une ouverture sur une expression de cette interaction non seulement au niveau zootechnique mais également en relation avec le travail « répartition des tâches ».

Pour décrire ce prototype que nous avons dénommé MaProSH, pour "Management and Productivity of Sow Herds", nous reproduisons l'article intitulé « Simulation of sow herd dynamics with emphasis on performance and distribution of periodic task events » accepté pour publication dans le Journal of Agricultural Science.

Ce modèle s'inscrit dans la famille des «herd dynamics models » décrits dans la bibliographie, associant :

- une formalisation de la conduite (reproduction, allotement, renouvellement et réforme),
- une représentation des cycles et des enchaînements de cycles de reproduction des femelles reproductrices considérées individuellement,

- des lois biologiques permettant d'estimer l'effet de facteurs liés à l'animal et à la conduite sur les performances de reproduction des truies et de survie des porcelets jusqu'au sevrage,
- une mise en correspondance entre les pratiques de reproduction (l'occurrence d'actes comme la détection d'œstrus, l'insémination) et les événements de production (la mise bas) d'une part et des événements élémentaires générant du travail périodique d'autre part.

Le modèle est de type «à événements discrets» et présente les principales caractéristiques suivantes :

- Il est individu-centré, stochastique et dynamique, c'est-à-dire que les animaux sont représentés de façon individuelle et sont donc tous différents, que la représentation des phénomènes biologiques inclut de la variabilité et enfin que le système évolue au cours du temps. Le modèle représente les diverses entités d'un élevage de truie *i.e.* le troupeau, le pré-troupeau de cochettes, l'attente réforme, les bandes, les truies, les porcelets et enfin l'éleveur. Le temps est représenté de façon discrète avec un pas de temps d'une heure.
- A chaque pas de temps le modèle vérifie si un événement est planifié. Les événements concernent des phénomènes physiologiques (venue en œstrus, mise bas, ...) et/ou des actes techniques réalisés par l'éleveur (détection des œstrus, insémination, sevrage, ...). La réalisation de ces événements peut programmer de nouveaux événements (tel que la planification de la mise bas après l'insémination) et/ou modifier l'état physiologique de la truie (par exemple, lors de l'insémination, l'état physiologique de la truie passe de « en œstrus » à « inséminée »). De plus certains événements correspondant à des actes techniques (sevrage, détection des œstrus, ...) sont répétés de façon cyclique en fonction de la conduite en bandes simulée (toutes les semaines dans une conduite en 20 ou 21 bandes, toutes les 3 semaines dans le cadre d'une conduite en 7 bandes, ...) et les protocoles d'application de l'éleveur (1 à 3 détections d'œstrus par jour, sevrage le mercredi ou le jeudi, ...). Enfin, la programmation des événements de réformes dépend du type de conduite en bandes et les règles qui les gouvernent peuvent changer au cours du cycle et en fonction de l'état de la bande. Ainsi les règles de réforme au moment du sevrage prennent en compte la prolificité et l'âge des truies alors que lors de la détection des retours en œstrus après insémination les réformes prennent également en compte les résultats de fertilité des truies.
- Les phénomènes biologiques liés au cycle de production de la truie sont généralement modélisés par le biais de lois normales (prolificité, venue en œstrus après le sevrage) ou par des seuils de probabilités (fertilité, mortalité, ...).

Le modèle génère différents types de résultats en particulier :

- des données de production (mises bas, nombre de porcelets nés et sevrés) autorisant le calcul de la productivité des truies et du troupeau (cf. chapitre I),
- des données sur la composition du troupeau (effectifs, démographie, entrées – sorties) de façon globale ou détaillée par bande,
- des données retraçant le déroulement du cycle (ISO, ISSF, durée de gestation, durée de lactation) et de la carrière des truies (âge et numéro de portée à la réforme) permettant d'interpréter les différents indicateurs de performances,
- le comptage des événements techniques qui génèrent du travail périodique. Ce comptage peut ensuite donner lieu à des calculs sur des durées agrégées (par exemple par semaine) et à l'expression de distributions calendaires de ces événements. Ils peuvent également être répertoriés en fonction de la présence ou des pratiques de l'éleveur ce qui permet d'évaluer des critères comme le taux de mises bas surveillées ou l'intervalle œstrus – première détection.

Une phase initiale de validation du modèle MaProSH a permis de définir les conditions d'utilisation du simulateur en déterminant la durée de la phase de « warm-up » (phase précédant l'état stable) ainsi que le nombre de répétitions permettant d'estimer la variabilité des résultats à l'état stable. Nous avons ainsi pu établir que 15 cycles sont suffisants pour stabiliser le modèle lorsque l'on part d'une situation initiale issue d'un troupeau réel et que 15 répétitions permettent d'estimer la variabilité. Au final chaque expérience de simulation correspond à environ 47000 portées pour un élevage de 210 truies. Nous avons ensuite simulé différentes conduites en bandes et l'article présente les résultats obtenus pour les conduites en 5, 7 et 21 bandes avec des durées de lactation de 21 et/ou 28 jours.

Les résultats et les tests de première validation confirment la capacité du modèle à représenter les diverses conduites en bandes et à explorer l'effet de modifications des paramètres de conduite (jours de détection d'œstrus, jour de sevrage) ou des paramètres biologiques (taux de fertilité, intervalle sevrage – œstrus) sur les performances. Les expériences de simulation réalisées indiquent que ces différentes modifications ont des impacts aussi bien sur les performances des truies que sur la répartition calendaire des événements techniques générant du travail périodique.

Ce modèle et ses résultats ont été présentés à un groupe d'experts de la production porcine regroupant des spécialistes provenant de groupements de producteurs, des Chambres

d'Agriculture, de l'Institut de la Filière Porcine et de l'INRA. Cette réunion fut riche en discussions et elle a permis d'identifier trois questions principales.

La première concernait la prise en compte insuffisante de la diversité des pratiques. Au-delà de l'existence de plusieurs conduites en bandes, il existe une variabilité dans la mise en œuvre de certains actes (l'insémination, la surveillance des mises bas, la gestion du renouvellement) qui peut influencer les performances ou la dynamique du troupeau. Tout en pointant cette lacune de la représentation proposée dans MaProSH, il est vite apparu que le groupe ne pouvait fournir d'éléments précis sur la diversité de ces pratiques ni sur les règles de renouvellement utilisées par les éleveurs.

La deuxième question concernait les relations entre les modalités de mise en œuvre des pratiques d'élevage, les conduites en bandes et les attentes des éleveurs, notamment leur rapport aux rythmes de travail (maîtrise de la durée quotidienne du travail, week-end libérés). En effet pour les experts présents il semblait clair que l'éleveur, selon ses attentes, n'utilisera pas les mêmes protocoles d'insémination ou interviendra différemment lors des mises bas. Ceci était aussi apparu lors de l'analyse de la bibliographie (cf. Chapitre I, 1-3). Ces deux questions nécessitent donc de produire des connaissances avec les éleveurs eux-mêmes, par le biais d'enquêtes. Les techniciens de groupement de producteurs présents à cette réunion ont alors proposé de fournir des noms d'éleveurs à enquêter. Cette enquête fait l'objet du chapitre III.

La troisième remarque qui a émergé de cette réunion est relative à la formalisation des lois biologiques, en particulier la prise en compte de l'influence de l'histoire productive des animaux sur leurs performances. En effet MaProSH considère seulement l'effet du rang de portée, alors qu'il construit, pour chaque truie, une trajectoire productive (Tichit et al. 2004) spécifique faite d'un enchaînement de mises bas avec pour chacune un nombre connu de porcelets nés et sevrés. Toutes les truies ont donc une carrière différente mais celle-ci, dans le simulateur, n'influence pas leur productivité ultérieure. Pour que cela soit pris en compte il faut donc estimer les relations qui peuvent exister entre les différents indicateurs zootechniques que sont l'ISO, l'ISSF, le nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés et les caractéristiques de la carrière antérieure de la truie. Cette étape a donné lieu à une collaboration avec l'IFIP pour l'analyse de la base de données de la Gestion Technique des Troupeaux de Truies (GTTT) et sera présentée dans le chapitre IV.

2. Simulation of sow herd dynamics with emphasis on performance and distribution of periodic task events¹

G. Martel, B. Dedieu and J.-Y. Dourmad

Accepted in Journal of Agricultural Systems

Running head

Model of sow herd events and performances

2.1. Summary

At this time, the diversity of sow herd management strategies have been described but there is no tools that explores how these managements build sow herd performances neither how these strategies or the performances are link to the work organisation problems. The goal of this work was to build a herd dynamic, stochastic object-oriented model able to represent the herd dynamics and performance, and to predict the number of events workers will have to deal with. Each sow is individually represented in the model and the model works as a discrete event simulator with a predefined time-step of one hour. At each time-step of simulation, the model searches for an event to be processed. An event may imply change of sow physiological state (e.g., oestrus, farrowing, insemination) and/or request an action from a worker (e.g. oestrus detection, farrowing supervision...). This action may result in the planning of a new event (e.g. farrowing after mating) and/or modification of sow state (e.g. from oestrus to pregnant). The occurrence of some technical acts such as weaning are defined in time and frequency according to the management strategy of the farmer. The model is stochastic as the sow biology is represented by several normal univariate distributions according to parity or by a threshold (fertility, abortion and mortality rates). When sows return into oestrus after mating they can be moved to another batch or culled depending on batch management strategy and culling policy. Outputs of this model focus on productivity of sows and distribution of tasks over the week. Definitions of the duration of simulation and number of replications to obtain the steady state and the variability of results are presented in this article. The model is able to simulate several batch farrowing systems (BFS) and results of 1-, 3- and 4-week BFS are presented. Several simulations with modified management (no oestrus detection during the weekend and change of the weaning day) or with modified sow

¹ Submitted to the special issue « Modelling Animal Systems »

biology (increased variability of the weaning-to-oestrus interval and lower fertility rate) are performed. Results indicate that these modifications have specific consequences on performances and task distribution according to the BFS. This model provides useful information concerning the effects of herd management strategies on productivity and distribution of events over time, and their sensitivity to biological criteria.

2.2. Introduction

The number of pig farms has dropped regularly during the last thirty years throughout the world whereas the sow population has increased. For instance, in France, the average number of sows per pig unit with more than 20 sows increased from 73.2 in 1990 to 156.3 in 2005. At the same time the number of annual work units (1 **AWU** is defined as 1800 hours of work per annum) increased from 2.23 to 2.63 per farm (E. Ilari, IFIP, France, personal communication). This resulted in an increase in labour productivity expressed as number of sows per AWU which stress the work organisation issue. Moreover, these transformations were accompanied with the reduction of the agricultural family workforce to the profit of wage-earning and with the changes on work perception by farm holders. Farm workers are today looking for free weekends that they can spend with family like other professions (Barthez *et al.* 1986; Jean *et al.* 1988; Guillaumin *et al.* 2004). All these developments together have two main consequences on herd management. First, pig producers organize their work on batches: the batch farrowing systems (**BFS**). These systems are characterised by the frequency of the periodic tasks which determines the number of batches in the herd. In the BFS, the main periodic tasks that farmers have to carry out on batches consist in detection of oestrus and insemination, supervision of farrowing and weaning. In the commonly called 1-week BFS, the same periodic task returns each week whereas in the 3-week BFS, the task is performed every three weeks. The BFS also modify the possibility of managing infertile sows. Whereas in the 1- and 3-week BFS, sows that “repeat” (i.e. that have an oestrus behaviour about 21 days after an insemination) fall into a service week and may be transferred to another batch, in the 4- and 5-week BFS, these sows are often culled because they cannot be moved to the following batch. Second, some adaptations aim at avoiding specific tasks during the weekend, such as oestrus detection or farrowing supervision. Thus, for analysing the herd operation, it is important to consider the distribution of periodic tasks over the weeks and separate the weekend from the five working days. Moreover these modifications may impact the overall

performance of the herd and the capacity of each BFS to adapt their dynamics to various modifications of herd management rules or sow biology. This study aims at analysing the dynamics, the productivity and the periodic task event distribution of different BFS as well as their adaptation to modifications of herd management and sow biological parameters. This is a complex question due to experimental difficulties to modify the sow biological parameters and to the large time horizon required to evaluate the effect of the herd management. So it requires using the systemic approach to take into account the relationships existing between the elements that compose the herd and its management and the simulation approach to take into account the effect of time (Durand 2002).

Several sow herd dynamic models have been published since 1980 (for review see Martel *et al.* 2006 and Plà 2007). These models had various purposes but mainly focused on farm productivity such as feeding management (Tess *et al.*, 1983, Pettigrew *et al.* 1986; Pomar *et al.* 1991), lactation length (Allen & Stewart 1983), culling and replacement rate (Teffène *et al.* 1986; Pomar *et al.* 1991) and farmer performance on oestrus detection (Jalvingh *et al.* 1992; Jorgensen & Kristensen 1995). However, the batch management of sow herds and the organisation of farm work during the week have not been addressed in previous models. In most of them only continuous or weekly BFS were considered and consequently no decision rules for the transfer of sows between batches were needed. Only two models included farmer work (Allen & Stewart 1983; Jorgensen & Kristensen 1995). In one case work was considered as an output (duration of work in relation with the occurrence of events) and in the other as an input only (actions of the “worker” were planned). None of these models represented task distribution and density over the week according to the herd management strategy. Batch management is also rarely included in the study of herd dynamics in sheep (Cournut & Dedieu 2004) or in beef cattle (Romera *et al.* 2004), though batch management has been recognised as very sensitive to workload intensity in herbivorous systems (Dedieu *et al.* 1997; Ingrand *et al.* 2003). Only Cournut & Dedieu (2004) developed a flock dynamic simulator on the basis of the three lambing per two years reproduction systems which could be compared to a 10-week BFS in swine production (two batches). The present paper presents a Management and Productivity of Sow Herd model (**MaProSH**) able to simulate dynamics, productivity and periodic task distribution of different BFS as well as their adaptation to modifications of herd management or changes in sow biological parameters.

2.3. Model description

2.3.1. *The studied batch farrowing systems*

Batch farrowing systems (BFS) organise the work and make possible to use an all-in/all-out management that improve the health status of the herd and thus increase its productivity (Carr 2006). The most common BFS space farrowing batches by 1 to 5 weeks for the most common BFS. The week after weaning, sows are inseminated and farrowing occurs about 16 weeks after conception. The most usual lactation lengths in Europe are about 3 or 4 weeks. Thus, the full productive cycle lasts about 20 to 21 weeks. The number of batches in the herd can be calculated by dividing the cycle length by the time interval between subsequent batches. This number varies in this study from 4 batches (5-week interval with a lactation of 3 weeks) to 20 or 21 (1-week interval with a lactation of 3 or 4 weeks, respectively). The distribution of the periodic tasks overtime differs between BFS. All the periodic tasks occur each week in the 1-week BFS, one different task occurs each week in the 3-week BFS and some weeks are free of any periodic task in the 4- and 5-week BFS. Thus, for each BFS, the farmer can plan on a weekly basis the occurrence of these different tasks. However it is more difficult to plan the exact day and time when these events will occur, because of the natural variability of animal biology. For the same number of sows in a herd, the number of sows per batch will differ between BFS resulting in different work load distribution within the week. The preferred BFS seems to vary between countries, often in connection with the size of herds. For instance, in North America the 1-week BFS is generally used whereas in France the 3-week BFS is the most frequent. Moreover, due to the possibility to have some weeks without periodic tasks, the interest for the 4 and 5-week BFS grows worldwide. This led to the choice of the BFS compared in this paper: 1-, 3- and 4- week BFS.

2.3.2. *Herd representation in the MaProSH model*

Several specifications for the MaProSH model were formulated: 1) it should reproduce the herd operation with different BFS, 2) it should give an account of the effect of modifications to the scheduling of periodic tasks execution on the herd operation and productivity, 3) it should give an account of the effect of modifications of sow biological parameter on the periodic task distribution and on the herd operation and productivity. According to these specifications the model represents several entities (figure 1). The principal entity is the *sow*. This entity has different processes (oestrus onset, farrowing ...) able to simulate the information needed for the reproduction of the animals. During the lactation period *sow*

entities are related to several *piglet* entities. The *sows* are assigned to the following pools: *replacement gilts*, *batches* and *culled sows*. All *sows* start as members of the *replacement gilts* pool and move to one *batch* for their first productive cycle. Afterwards during their lifetime they may move to another *batch* depending on their biology, BFS and culling rules. They finish as part of the pool of *culled sows*. All the *batches* together and the *replacement gilt* pool compose the *herd* entity. The number of *batch* entities is variable to represent several types of management. The other entity needed to answer to the specifications is the *farmer*. The *farmer* is a manager and makes strategic and tactical decisions. The *farmer* is also able to plan the periodic tasks execution. As a simplified representation of the farm labour force, the *farmer* carries out tasks on both *sows* and *batches*. A time representation close to a calendar was chosen in order to produce output on the distribution of periodic tasks. The time-step for the simulation was chosen in order to be able to represent the biological phenomena and their interaction with the work. A time-step of one day is sufficient to represent the distribution of events and tasks within the week, but the time-step of one hour seems closer to the real management and was chosen. The specifications of the model directed the entities and time representation. The entities representation guided the choice of an object-oriented model whereas the time representation guided the choice of a discrete-event simulation controlled by a clock. The programming language used for the implementation of MaProSH is Python2.4 (Python Software Foundation, Hampton, NH, USA, 2004).

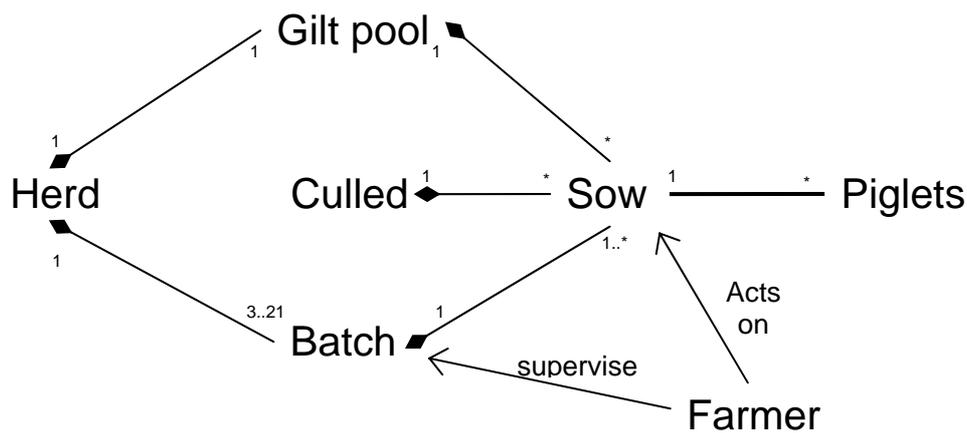


Figure 1: Entities in the model and relationships between them.

A \blacklozenge B means that A is composed of B. The numbers indicate the number of A and B in relation. * stands for 0 to infinity, 1..* stands for 1 to infinity and 3..21 stands for from 3 to 21.

- A — B means that A and B are associated.
- A \rightarrow B means that A operates on B.

2.3.3. *Animal representation*

The representation of the animals was directed by the elements composing the global sow productivity which is mainly described as the number of weaned piglets per sow per year. This production parameter is a combination of two other parameters that are the number of litters per sow per year and the number of piglets weaned per litter. The number of litters per sow per year is dependent on the duration of the reproductive cycle (weaning-to-weaning interval) which depends on weaning-to-conception interval (WCI), gestation duration and lactation duration. The WCI depends on the weaning-to-oestrus interval (WOI), the oestrus-to-oestrus interval (OOI), the fertility rate and the farmer decision rules used to manage the infertile sows. The WOI used for this calculation is therefore dependant on the sow and the farmer. The sow part corresponds to the WOI observed if the oestrus detection was perfect whereas the farmer part corresponds to the oestrus detection rate. The number of weaned piglets per sow per litter depends on the number of live-born piglets, piglet survival and cross-fostering practices. The representation of sow biology also needs to take into account the random nature of the biological processes. This is why each sow is individually represented in the model with biological characteristics that are randomly estimated according to distribution curves. Thus to model the reproductive cycle duration, the sow part of WOI, the OOI and the gestation length were estimated from a normal univariate distribution according to the parity of the sows. The farmer part of the WOI is modelled as a detection rate according to the parity and the sow fertility was modelled by a threshold. When oestrus is detected, the insemination occurs and a uniform random number is generated. If this number is below the fertility threshold, insemination is not successful and the sow will return to oestrus following the OOI distribution. In the other case another random number is generated in order to determine if the sow will abort or not. If the sow aborts, the duration between insemination and abortion is obtained from a uniform distribution generated between 21 and 110 days whereas if the sow does not abort, farrowing is scheduled according to the gestation length distribution. The number of live-born piglets is estimated from a normal univariate distribution according to the parity of the sows. The number of piglets at weaning is estimated from a relationship between live-born piglets (LBP) and weaned piglets (WP) which integrates the piglet mortality rate and the cross-fostering practices.

The gilts are assumed to be sexually mature and hormonally synchronised. The interval between the end of the synchronisation treatment and the onset of oestrus is represented by a normal univariate distribution similar to the distribution of WOI observed in primiparous sows. A constant mortality rate per day (annual rate divided by 365) is used. All parameters

values and equations used in the simulation were obtained from the analysis of the Technical Sow Herd Management System in France during year 2006 (IFIP 2007) (Table 1).

Table 1: Default values of biological parameters included in the model according to the 2006 data from the Technical Sow Herd Management System (TSHMS) in France*

Parameters	Parity								
	0	1	2	3	4	5	6	7+	
Fertility rate	90 %								
Abortion rate	1.1 %								
Gestation duration (days)									
mean	114.24								
S.D.	1.07								
Live-born piglets (<i>LBP</i>)									
mean	12.0	12.3	13.0	13.1	12.9	12.7	12.3	11.7	
S.D.	3.30	3.46	3.21	3.25	3.93	4.59	3.01	1.15	
Weaned piglets									
mean	$12.37 \times (1 - e^{-0.93 \times LBP^{0.31}})$								
S.D.	$4.4 - 0.4157 \times LBP + 0.0153 \times LBP^2$								
WOI observed (days) [†]	7.3 [‡]	7.3	5.3	5.0					4.5
WOI supposed (days)									
mean	4.5 [‡]	4.5	4	4					4
S.D.	0.9	0.9	0.9	0.9					0.9
Detection rate (%)	86.7	86.7	93.8	95.2					97.6
OOI (days)									
mean	21								
S.D.	0.9								
Mortality rate per year	3.65 %								

WOI: Weaning-to-Oestrus Interval; OOI: Oestrus-to-Oestrus Interval

* Data collected on about 3000 farms. Available at <http://www.ifip.asso.fr/service/chai1.htm>

[†] WOI observed resulted from the combination of the WOI supposed and detection rate. WOI observed equals WOI supposed if the detection rate equals 100%. WOI observed is calculated in TSHMS.

[‡] WOI for parity 0 correspond to the delay between the end of the synchronization treatment and oestrous behaviour

2.3.4. Decision rules

The study aims at comparing different herd management systems on the basis of productive performances, periodic task event distribution and the capacity to maintain a minimum number of sows at farrowing. These elements of comparison are defined as the herd objectives which are reached by applying strategic rules and tactical rules (Sauvant 2005).

The strategic decisions considered in this model are the type of BFS (all systems are available), the duration of lactation (3 or 4 weeks), the scheduling of periodic tasks and the maintenance of a minimum number of sows at farrowing. The periodic tasks to schedule include the weaning of piglets, and the oestrus detection period. In order to have some outputs on the distribution of these tasks over working days (Monday to Friday) and weekends

(Saturday and Sunday), the model has to manage the occurrences of these activities on a day basis. The number of sows per batch at farrowing depends on the number of sows inseminated per batch and the conception, abortion and mortality rates. The number of sows inseminated is dependent on the number of sows tested for oestrus behaviour and on the oestrus detection rate. Sows tested for oestrus behaviour are those weaned the week before oestrus detection, the replacement gilts and sows from the batch inseminated three weeks before when it is possible. It is assumed in the model that the number of gilts included into a batch always fit the need to meet the target number of sows at farrowing. This assumption implies that the gilt pool is unlimited which differs from the reality of on-farm management. This choice was made for simplification and also because the decision rules concerning the management of replacement gilts are not well known.

Tactical decision rules included in the model concern the rules for the culling of sows at each step of the reproductive cycle (at weaning, at the end of the week of oestrus detection, at detection of return into oestrus and at ultrasonography). The culling decision rules may differ between BFS and will be detailed below.

Culling at weaning

The rules for culling of sows at this stage are the same for all BFS and they are based on parity number and sow productivity. By default the maximum number of allowed parities is 8. The productivity thresholds relate to the minimum number of live-born and number of weaned piglets. In the simulations, this minimum number of piglets is calculated as parity number + 4. This threshold increases from parity 1 to 3 for the number of weaned piglets and from parity 1 to 4 for the number of live-born piglets and remain constant thereafter.

Culling after the week of oestrus detection

The management of sows that are not detected in oestrus or that have not started their oestrus behaviour during the week of oestrus detection differs between BFS. The simulator includes three kinds of rules depending on BFS. In the 1-week BFS, undetected sows and sows with a delayed oestrus are noted for oestrus detection with the following batches for three more weeks. In the 3-weekly BFS, those sows are noted for oestrus detection three weeks later with the next batch. In the other BFS, they are culled because of a delayed oestrus.

Culling of inseminated sows after a return to oestrus

In the 1- and 3-week BFS detection of return to oestrus of inseminated sows occurs at the same time as post-weaning oestrus detection of the next batch and sows can be easily incorporated into this new farrowing batch. This is not possible for the other BFS and

therefore these sows are culled because of infertility. In the model this is represented by a number of allowed returns which equals by default 1 for 1-week and 3-week BFS and 0 for the others.

Culling after ultrasonography

Ultrasonography is performed four weeks after insemination and is considered as a perfect technique which means that after the ultrasonography the farmer knows precisely if sows are pregnant or not. At this time, farmers have to decide the management of sows detected by ultrasonography as not pregnant and which have not been seen in oestrus the week before. In the simulation, they are culled by default because of infertility. In addition, if the number of sows in the batch after conception confirmation is higher than the available space in farrowing facilities, the farmer has to cull some sows or find some additional farrowing facilities. In the simulation, the space limitation is modelled as equal to the target number of sows per batch plus two. In case of overload the oldest sows from the batch are culled to fit this limit. These sows are noted culled because of overload.

2.3.5. Discrete event simulation controlled by a clock

A discrete event simulation corresponds to a representation of the system based on the discrete organisation of time and the notion of a scheduled event being a modification of the state of a system at a predefined time. Two kinds of events are included in MaProSH which are linked to the animal (for instance oestrus behaviour, farrowing or death) or to the farmer (for instance oestrus detection, weaning or ultrasonography). Biological events may modify the sow physiological state, plan a new biological event or create some new entities called “*piglets*”. Task events may modify the sow physiological state, plan a new task or biological event or activate some decision rules. All the events that are supposed to occur are stacked in a calendar with the date and time of occurrence. Simulation date and time are controlled by a clock with a time step of one hour. At each step, the simulator checks in the calendar for an event to proceed. If an event is found, it is processed otherwise simulation time is increased. This model conceptualisation offers a flexible framework for herd operation close to the real operational management. It allies individual event occurrence (for biological responses) to the batch management of the farmer and is so designed to simulate the interactions between management and animals.

Outputs

The model provides information on sow productivity and time of the events. Productivity data concern the performance of individual sows (number of piglets born and weaned, WOI, fertility, gestation duration) and farrowing batches (number of sows at service, farrowing and weaning; replacement rate; fertility and number of piglets weaned). The global herd productivity will be expressed as the number of weaned piglets per productive sow per year i.e. *Number of piglets weaned per sow x Number of farrowing per sow per year*. The data relative to the dates of the events are analysed on a day basis in order to produce outputs such as the percentage of sows farrowing during the weekend or the distribution of the oestrus onsets.

2.4. Calibration of the number and length of simulations

2.4.1. Initial structure of the herd

In order to reduce the calculation time required between the initial situation and the situation at equilibrium, the initial herd structure was created by affecting the parity of sows according to a beta distribution ($B_{(0.98, 2.6)}$) obtained from the parity distribution observed in the experimental herd of INRA (Saint-Gilles, France). The herd size was fixed at 210 sows which corresponded to 21 batches of 10 sows, 7 batches of 30 sows and 5 batches of 42 sows in the 1-week, 3-week and 4-week BFS, respectively.

2.4.2. Number and length of sow herd simulations

Before being able to use the model to compare various management strategies, it is necessary to determine the minimal length of simulation for reaching the steady state and the number of replications needed to estimate the variability of the results. For this, the approach consisted in analysing the data obtained from 20 replications of simulation with the 3-week BFS over 20 years (49 reproductive cycles). The results were analysed according to four variables i) the number of sows per batch at farrowing standing for the ability of the simulator to maintain a constant number of sows in the herd, ii) the mean parity of sows at weaning which is an indicator of herd demography, iii) the number and parity of culled sows per cycle as indicators of sow longevity, and iv) the distribution of periodic tasks over several weeks.

Number of sows at farrowing

The average number and the minimum and maximum numbers of farrowing sows per batch and per cycle calculated over the 20 replications are illustrated in figure 2. The mean number of sows per batch (30.0 ± 0.14) is very close to the objective of 30 sows fixed for this BFS. The maximum number of sows never exceeded 32, which is in agreement with the culling rules after ultrasonography and the minimum number of sows never fell under 21. This validates the capacity of the simulator to maintain the number of sows per batch over a long period of time. Moreover it appears that the average, minimum and maximum number of sows per batch stabilise after about two cycles of simulation.

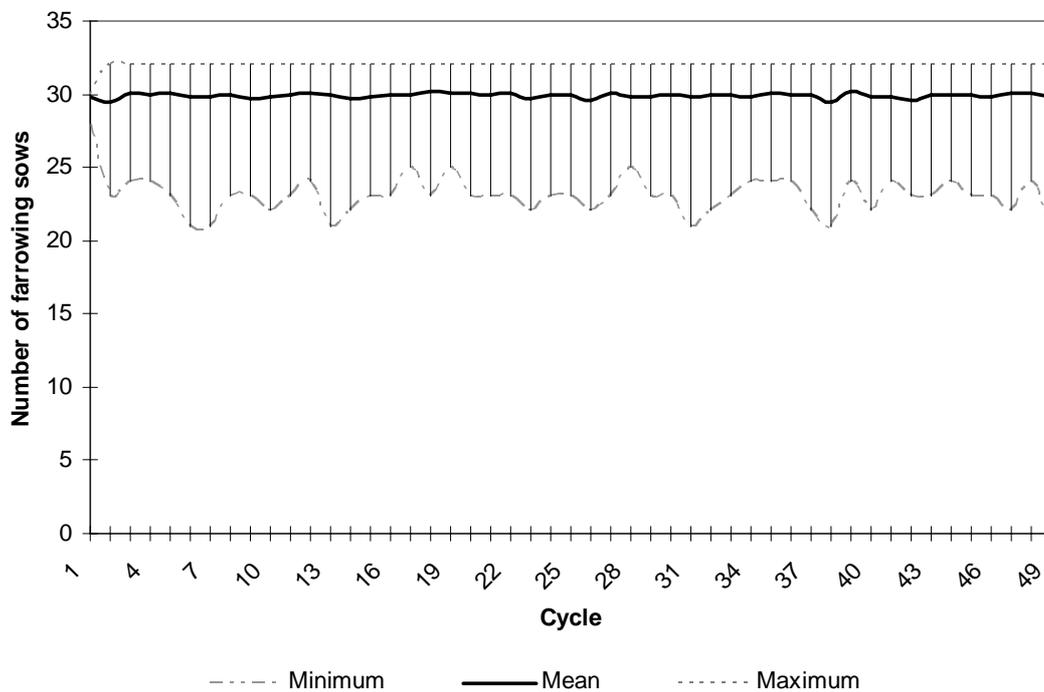


Figure 2: Minimum, mean and maximum number of farrowing sows per batch for the different cycles

Mean parity at weaning

The mean parity per batch is calculated for each replication, cycle and batch. Mean, minimum and maximum batch average parity are thereafter determined for each cycle. The evolutions of these criteria over the 49 reproductive cycles are illustrated in figure 3. It takes about 15 cycles for the mean parity to stabilise, whereas the amplitude of variation of mean parity remains quite constant over the whole simulation period. This indicates that the first 15 cycles must not be considered when analysing the distribution of sow parity nor for all criteria affected by parity such as prolificacy or weaning-to-oestrus interval (results not presented).

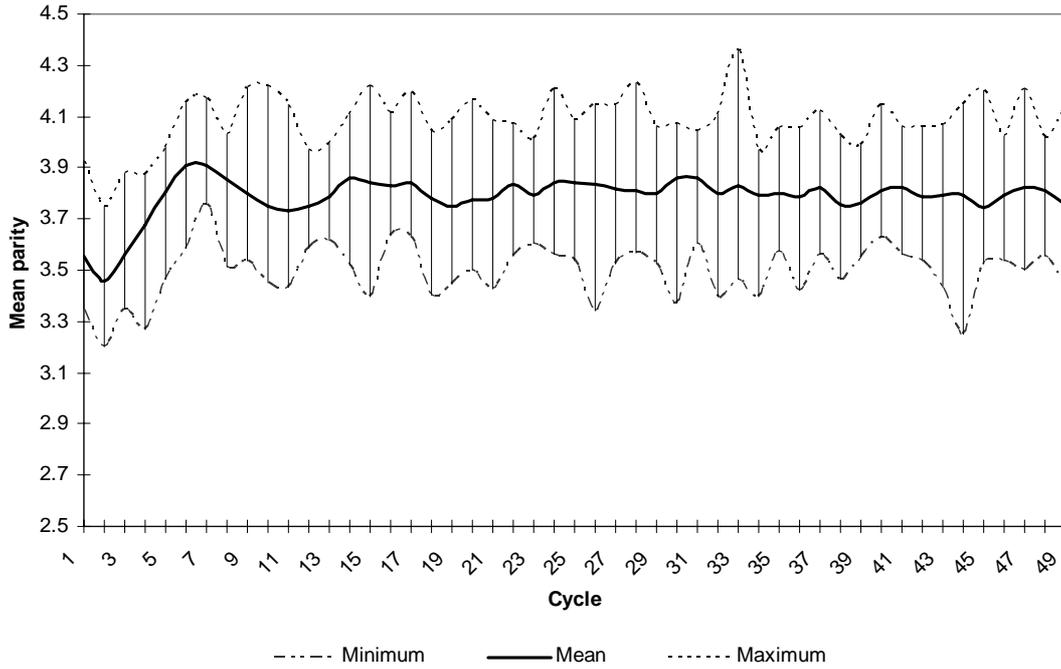


Figure 3: Minimum, mean and maximum of the mean parity of sows at farrowing for the different cycles

Culling

The minimum, maximum and mean numbers of culled sows per batch per cycle over 20 replications are shown in figure 4.

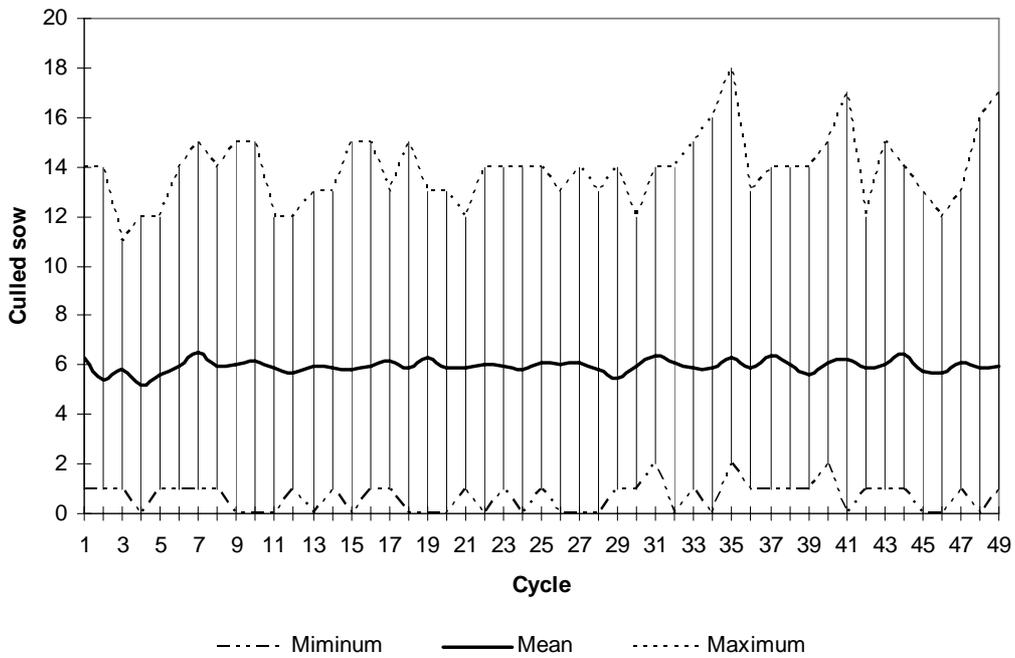


Figure 4: Minimum, mean and maximum number of culled sow per batch for the different cycles

The mean number of sows culled per batch at equilibrium is approximately 6, which corresponds to a culling rate of about 20% per cycle and about 48% per year. A statistical comparison of means indicated that the mean and the amplitude of variation in the number of sows culled reached equilibrium after 8 cycles. Since the culling rules do not oblige to have some sows culled at each cycle, the minimum number of sow culled could be 0 as shown in figure 4. In the same way there was no upper limit to the number of sow culled which explain that some batches might have a high culling rate during one cycle. A chi-square test indicated that the parity distribution of sows at culling reached stability after 15 cycles. Sows were culled at all parities. About 20% of culling occurred at parity 8 which corresponded to the maximal number of parities allowed in the simulator.

Distribution of periodic task events

The number of occurrence of weaning, oestrus detection and farrowing events was recorded for each simulation. The average results obtained over the 49 cycles and 20 replications are presented in figure 5. The alternation of periodic tasks over three successive weeks which characterise the 3-week BFS appears clearly with a week with oestrus events (mainly on Monday and Tuesday), a week with farrowing events (mainly on Wednesday, Thursday and Friday) and a week with the weaning event. It appears that with a weaning occurring on Thursday some sows (about 15%) are in oestrus during the weekend and about 10% farrow during the weekend.

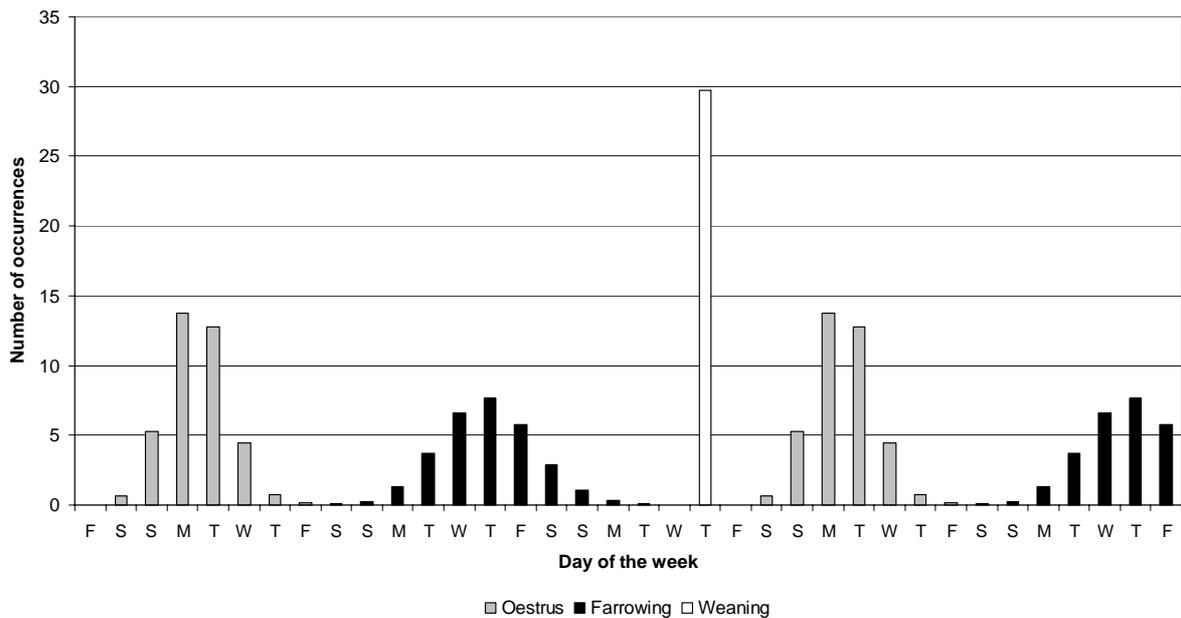


Figure 5: Distribution of periodic tasks in the 3-week BFS

The method used to determine the number of replications needed to estimate the variability of parameters of interest consisted in analysing the mean and standard deviation of the average value of these parameters at steady state according to the number of replications performed (Schwartz 1993). Two examples of this analysis are illustrated in Figures 6 and 7. Figure 6 illustrates the evolution of mean and standard deviation of the number of farrowing sows per batch and indicates that these values stabilise with 12 replications or more. Figure 7 shows the same for the average parity of sows at weaning and leads to the same conclusion.

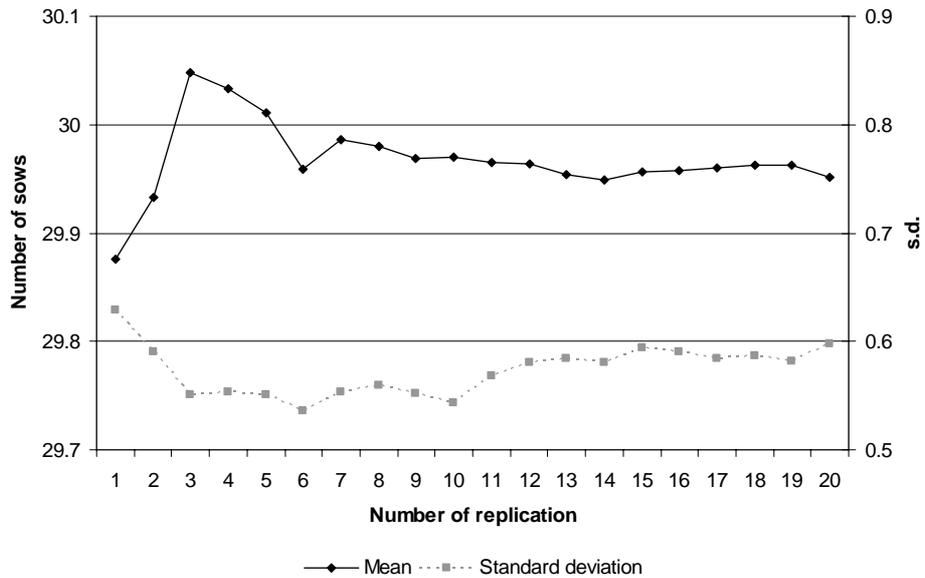


Figure 6: Average and standard deviation of the number of farrowing sows between cycles 16 and 30 for 1 to 20 replications

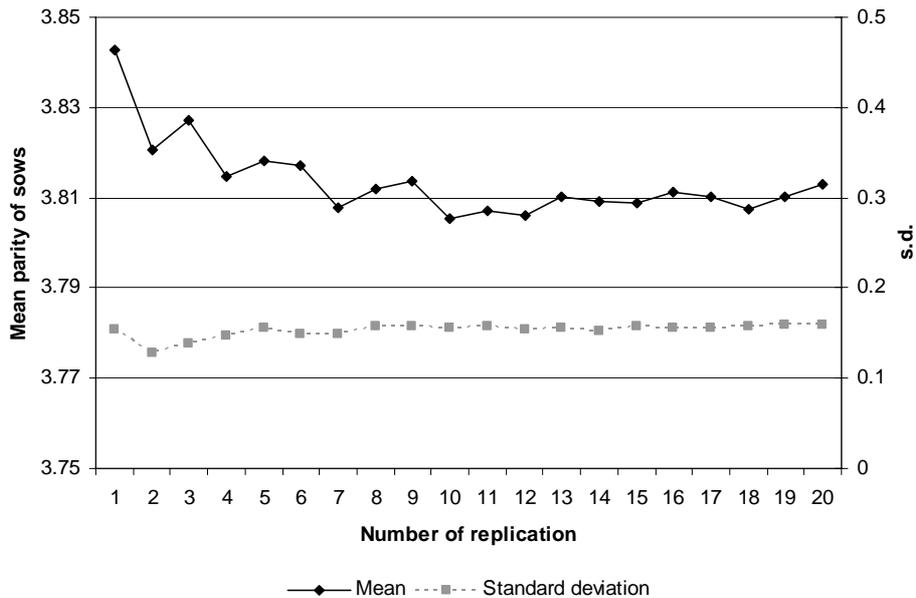


Figure 7: Average and standard deviation of sow parity at weaning between cycles 16 and 30 for 1 to 20 replications

Thus, in the following simulations the average value of sow and herd productivity at the steady state will be estimated between the 16th and the 30th and 15 replications, corresponding to data from about 47000 litters for a 210 sow herd. These data were collected in approximately 8 minutes.

2.5. Effects of animal biological parameters and management on herd productivity

2.5.1. Effect of changes on production strategies

Three production strategies combining a BFS (1-week, 3-week and 4-week) and the most usual lactation duration observed for each BFS (4 weeks for the 3-week BFS, 3 weeks for the 4-week BFS and both durations for the 1-week BFS, but only the results of the 4 weeks lactation duration will be presented) were compared. In addition to the number of farrowing batches in the herd and the lactation duration, these productive systems differed by their capacity to manage infertile sows and by their periodic task distribution. Whatever the production strategy simulated, herd productivity reached the steady state with a variation coefficient between replications of only 0.5% (Table 2). This variation coefficient gives an estimate of the variability between herds with the same management rules and the same sow characteristics. This variability is lower than the variability observed in the French national database (IFIP 2007). This was expected because of the database heterogeneity concerning farm management rules and animal characteristics. With the MaProSH model, no effect of the production strategy was observed on sow productivity per litter and the simulated average lactation duration corresponded to the strategy adopted for each BFS. In the same way, the average number of sows at farrowing was close to the objective. The weaning-to-oestrus interval (WOI) differed between BFS. It was shorter for the 4-week BFS because, in this system, sows which are not seen in oestrus within a week are culled and so not considered in the calculation of WOI. Also due to the differences between production strategies concerning the culling of infertile sows, the weaning-to-conception interval (WCI) of 4-week BFS is shorter than the observed in the other two systems. In relation with these results, the number of culled sows per batch per cycle is increased with this BFS and culling concerned mostly the young sows which are more difficult to detect in oestrus and less fertile resulting in a low mean parity at culling. Despite these facts, the number of piglets weaned per productive sow per year is higher with the 4-week production strategy ($P < 0.001$). No difference of herd productivity was found between 3-week and 1-week production strategies.

Table 2: Mean and standard deviation between replications of herd productivity indicators and event distribution in different batch farrowing systems (BFS)

	4-week BFS		3-week BFS		1-week BFS	
	Mean	S.D. *	Mean	S.D. *	Mean	S.D. *
Number of farrowing sows	40.8	0.22	30.0	0.14	9.8	0.06
Number of sows at service	51.2	0.07	37.8	0.16	11.4	0.07
Mean parity at farrowing	3.1	0.04	3.6	0.05	3.7	0.04
WOI (days)	4.6	0.02	5.9	0.08	6.0	0.09
WCI (days)	4.7	0.02	7.8	0.13	7.8	0.10
Live-born piglets per litter	12.5	0.06	12.6	0.08	12.6	0.07
Weaned piglets per litter	10.7	0.04	10.7	0.04	10.7	0.03
Weaned piglets per sow per year	28.0	0.09	26.1	0.10	26.1	0.07
Lactation duration (days)	21.2	0.02	28.1	0.02	28.1	0.03
Productive cycle duration (days)	139.9	0.02	149.7	0.13	149.7	0.13
Sows culled per batch per cycle	14.1	0.33	5.9	0.10	2.2	0.04
Parity of productive sows at culling	3.8	0.08	5.4	0.08	5.5	0.09
Parity of sows at culling †	2.9	0.07	5.09	0.1	5.19	0.1
Number of events over 4 weeks						
during weekends	11.5	-	14.3	-	12.2	-
during five working days	117.0	-	116.0	-	113.7	-
Days 'without' events over 4 weeks						
during weekends	4	-	2	-	0	-
during five working days	14	-	6	-	0	-

WOI: Weaning-to-Oestrus Interval; WCI: Weaning-to-Conception Interval

* Standard deviation in replications made between the 16th and the 30th reproduction cycles

† Including the culled gilts

Distribution of events (detection of oestrus, farrowing and weaning) are presented in Figure 8 and summarised by four criteria in Table 2. In the 4-week BFS, the week following weaning is devoted to oestrus detection as the other BFS but is also the week of farrowing. After this week of heavy work load, there are two weeks without any specific periodic task events. In the 3-week BFS, no task superposition is observed and the number of periodic task per week is almost constant. However, this system has fewer week and weekend days free of periodic tasks. In the 1-week BFS, the number of periodic tasks per week remains constant, but all the tasks occurred each week and there is no day without periodic tasks. With this system, the beginning of the week (including Sunday) is mostly concerned by the oestrus whereas the end of the week (including Saturday) is concerned by farrowing. The total number of periodic task

events that have to be performed is not different between BFS, only the distribution over time changes.

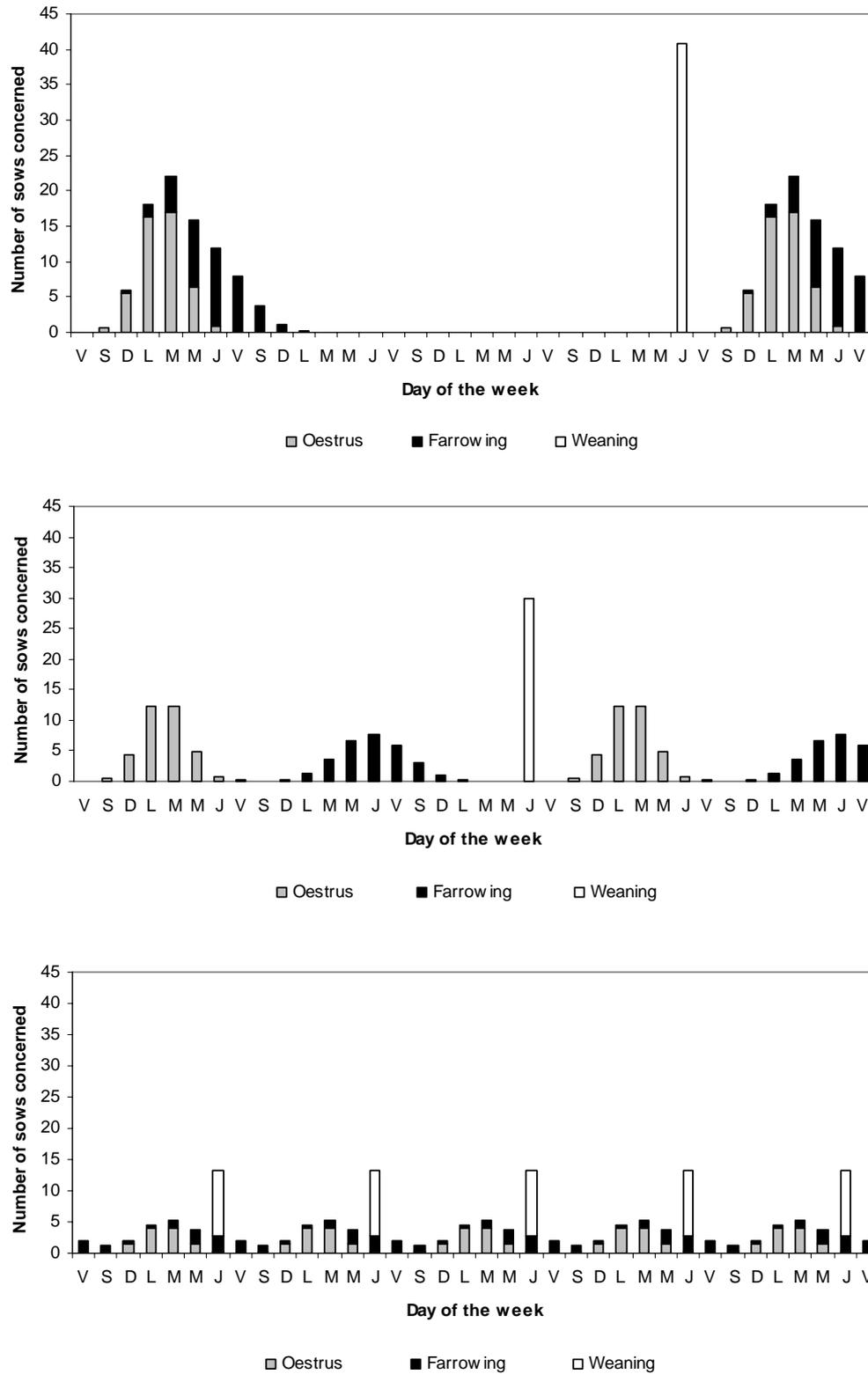


Figure 8: Event distribution over week in 4-week BFS (up), 3-week BFS (middle) and 1-week BFS (bottom)

2.5.2. Effect of the period of oestrus detection

With the default management strategy, *farmers* plan oestrus detection days from the Saturday following weaning until the Monday 10 days afterwards. In order to limit work during the weekend it is convenient to evaluate the consequences of a shorter oestrus detection period, that is, from Monday following weaning until next Thursday. Results are shown in Table 3, columns A. The reduction of the oestrus detection period implies that fewer sows will be detected in oestrus which affects the herd productivity due to less sows at farrowing, more young sows culled (decrease in the mean parity at culling and overall increase of in the number of culled sows per batch) and increased WCI, in particular in the 3- and 1- week BFS (more sows not seen in oestrus the first week are kept for another detection three weeks later). However, only a slight but significant ($P < 0.001$) decrease in the number of piglets weaned per productive sow per year was observed in these BFS. The week distribution of task events is modified with a strong reduction in the number of events occurring during the weekend but no consequences on the distribution of the farrowing events.

2.5.3. Effect of the weaning day

This analysis concerns the consequences of planning the weaning on Wednesday instead of Thursday. Results on productivity and event distribution are presented in table 3, columns B. No consequences on productivity parameters were found but the occurrence of events during the weekend strongly increases. This concerned mainly the oestrus which occurred more frequently during the weekend whereas this shift resulted in a decrease in the number of farrowings occurring during the weekend.

2.5.4. Effect of weaning to oestrus interval and fertility

To evaluate if the model is able to respond to a modification of the biological parameters describing the animals a simulation experiment was performed with an increase in the variability of the WOI from 0.9 to 1.1 days. The results of each plan are presented in Table 3, columns C. Differences between the two experiments concerned only the distribution of events with an increase of the number of periodic task events occurring during the weekend when the variability increased.

In the same way, the effect of sow fertility was investigated with the aim of understanding how the different BFS will face a reduction in fertility from 90 to 70%. The results of this experiment are presented in Table 3, columns D.

Table 3: Effect of changes* in practices (duration of oestrous detection (A) and day of weaning (B)) or in biological parameters (variability of the weaning-to-oestrus interval (C) and fertility (D)) on sow productivity and distribution of events (farrowing, oestrus and weaning) in three batch farrowing systems (BFS)

	4-week BFS				3-week BFS				1-week BFS						
	Control	A	B	C	D	Control	A	B	C	D	Control	A	B	C	D
Number of farrowing sows	40.8	37.2	40.6	40.7	40.3	30.0	28.7	29.9	29.9	28.2	9.8	8.7	9.8	9.9	9.2
Number of sows at service	51.2	51.6	51.2	51.2	67.3	37.8	40.6	37.9	37.7	45.6	11.4	10.4	11.4	11.4	13.8
Mean parity at farrowing	3.14	2.71	3.15	3.17	2.24	3.63	3.42	3.62	3.62	3.26	3.74	3.55	3.74	3.75	3.29
Weaning-to-Conception Interval (days)	4.68	4.92	4.69	4.68	4.79	7.83	9.23	7.93	7.83	11.00	7.80	9.25	7.83	7.72	10.96
Weaned piglets per sow per year	28.0	28.1	28.0	28.0	28.3	26.1	25.9	26.1	26.1	25.7	26.1	25.9	26.0	26.1	25.6
Culling per batch per cycle	14.1	16.9	14.3	14.2	28.7	5.9	6.8	6.0	6.0	7.9	2.2	2.3	2.2	2.2	2.7
Parity of sows at culling [†]	2.90	2.21	2.85	2.88	1.41	5.09	4.25	5.03	5.05	3.55	5.19	4.38	5.22	5.24	3.61
Number of events over 4 weeks															
during weekends	11.5	5.1	25.0	14.2	12.4	14.3	4.2	38.0	17.7	16.4	12.2	5.1	26.3	14.7	13.8
during five working days	117.0	111.6	103.0	114.0	128.4	116.0	120.1	91.1	112.3	125.0	113.7	103.9	96.3	109.2	114.8
Days 'without' events over 4 weeks															
during weekends	4	6	5	50	4	2	6	2	25	2	0	4	0	0	0
during five working days	14	14	13	70	14	6	6	7	30	6	0	0	0	0	0

* Control corresponds to a 10 days period of oestrous detection, weaning on Thursday, average variability of weaning-to-oestrus interval and 90% of fertility.

A corresponds to a 4 day period of oestrous detection, weaning on Thursday, average variability of weaning-to-oestrus interval and 90% of fertility

B corresponds to a 10 days period of oestrous detection, weaning on Wednesday, average variability of weaning-to-oestrus interval and 90% of fertility

C corresponds to a 10 days period of oestrous detection, weaning on Thursday, increased variability of weaning-to-oestrus interval and 90% of fertility

D corresponds to a 10 days period of oestrous detection, weaning on Thursday, average variability of weaning-to-oestrus interval and 70% of fertility

[†] Included the culled gilts

The model was near to maintaining the number of sows at farrowing and variability between replications remained low despite a slight increase. However this resulted in an increase in the number of sows at service by 20 to 30%. In the 4-week BFS, many of these sows were replacement gilts resulting in a strong decrease in the mean parity at farrowing. In the other BFS most were non fertilised sows from the previous batch resulting in the increase in the WCI. The number of culled sows per batch also increased in all BFS (multiplied by 2 in the 4-week and by around 1.3 in the other BFS) and concerned younger sows. From these different results it can be concluded that the 4-week BFS appears more sensitive to a decrease in fertility than the other two systems. Moreover, the increase in the number of sows at service also implied an increase in the number of events to be managed by the farmer but did not change their time distribution.

2.6. Discussion

2.6.1. Operation of MaProSH

The simulation of the various BFS was successful and transcribed differences of herd dynamics. The 4-week BFS seems to diverge from the other two BFS tested, mostly due to the differences in the management of infertile sows and associated culling policies. These differences involve modification of the weaning-to-conception interval, number of sows culled and mean parity at farrowing and culling. The difference observed between 4-week BFS and the other BFS for the number of piglets weaned per productive sow per year are mainly due to the shorter WCI and the shorter lactation period in the 4-week productive system (21 days versus 28 in the other systems). The 1-week BFS with a lactation of 3 weeks obtains a mean productivity between the 4-week productive system and the other systems (27.4 weaned piglets per productive sow per year, data not shown). Indeed, in this productive system the lactation duration equals the lactation duration of the 4-week productive system and the WCI equals the WCI observed in 3- and 1-week BFS with 4 weeks of lactation. The annual culling rate in the 3- and 1- week BFS were 48 and 54% per year respectively at parity 5.4 on average. This is close to the observed values in France with a culling rate of 43% at parity 5.0 on average (Boulot 2004). The mean parity at culling is lower than expected for the 4-week BFS. This is mainly due to the representation of the decision of culling of infertile sows. Indeed, it can be hypothesised that farmers using the 4-week BFS do not systematically cull the infertile sows, which are inseminated outside a farrowing batch instead. This results in interpolated sows which farrow one week before the planned batch and are weaned after a

longer lactation. In the same way it can be expected that farmers are more flexible with infertile young sows and gilts, decisions that the model does not yet consider. This limitation also explains that the number of sows culled per batch in the 4-week BFS seems to be overestimated. According to Plà (2007), only a small number of models aim at studying the culling rule effects on productivity, and the most usual culling rules included in sow herd model concern infertility and injuries only. There are three models in particular which deal with this issue. Two consider sow productivity as a criterion for the culling rules (Jalvingh *et al.* 1992; Pomar & Pomar 2005) and the one of Jalvingh *et al.* (1992) also included a differential management between parities. The last one (Plà *et al.* 2003) operates in a different way. These authors represent the different physiological states of the sows and the possible transition between each state. These transitions are based on on-farm data sets and so included farmer management practices (culling rules, cross-fostering...). This approach cannot easily simulate the effects of some modifications on the culling rules but is suitable for simulating the future performances of the farm with the same rules.

2.6.2. Specificity of MaProSH

The simulated number of weaned piglets per litter takes cross-fostering practices into account since sows can wean more piglets than the number they farrow. To the authors knowledge this is the first model that takes the cross-fostering practices into account to predict the number of weaned piglets. Several authors model the mortality rate of piglets according to the litter size (Sing 1986; Pettigrew *et al.* 1986) and some others consider the effect of piglet birth weight (Pettigrew *et al.* 1986; Pomar *et al.* 1991) or age (Allen & Stewart 1983; Pomar *et al.* 1991) on this criterion. Cross-fostering practices allow the number of piglets to be adapted to the number of teats of the sow resulting in a decrease of piglet mortality. In the present version of MaProSH model there is no physical representation of cross-fostering practices which are only considered on an empirical statistical basis. A more mechanistic representation of cross-fostering would require considering the number of teats available and the milking ability of each sow. However, this would require on-farm enquiries to better understand cross-fostering practices in the different BFS.

Focussing on the distribution of periodic tasks, specificities of each BFS appear clearly. In the 4-week BFS most of the tasks occur within 10 days but make some free days available. A weekly specialisation of tasks is observed in the 3-week BFS whereas in the 1-week BFS all tasks occur each week but on a more limited number of sows. This indicates that the

MaProSH model is able to simulate several BFS with their own characteristics in terms of work pace. Only a few models incorporated work in their representation. The model of Allen & Stewart (1983) predicts the labour time required both for unskilled labour (cleaning, moving of animals, feeding ...) and for skilled labour (farrowing supervision, insemination ...). The MaProSH model distinguishes the day and the weeks more than the labour time and categorises tasks on their frequency (periodic or daily) (Madelrieux *et al.* 2006) instead of classification on the skill needed. Both approaches are useful since the skill determines the labour distribution among workers, whereas distribution of task events over weeks can produce heavy work load periods which are difficult to manage for farmers. Jorgensen & Kristensen (1995) represent work in a similar way as MaProSH. Working sessions are planned on specific days and hours and a worker intervenes to do it. But they only consider the 1-week BFS and do not provide any outputs on the number of technical acts according to the day of the week. For the future, it would also be convenient to consider the effect of work, in terms of both quantity and quality, on animal performance. This is already the case in the present MaProSH model for the efficiency of oestrus detection which is affected by the duration of the oestrus detection period. In the same way the survival of piglets at birth could be affected by farrowing supervision (White *et al.* 1996).

2.6.3. Intelligence of the herd operation

In addition to its capacity to simulate several BFS, the MaProSH model makes it possible to study the effect of modifications occurring to herd management or sow biological parameters on animal performance and occurrence of task events. The simulation experiments presented in this paper focussed on oestrus detection rules which are known to affect the weaning-to-conception interval. The model was able to simulate this relation as indicated by the response of WCI to changes in the biology or the management of oestrus. The results also indicated that the number of weaned piglets per productive sow per year was not affected by these changes in the 4-week BFS and was only slightly affected in the other BFS. In fact the model compensated for the change in efficiency of oestrus detection or of sow fertility by adapting the number of replacement gilts and culled sows. The number of weaned piglets per present sow per year (including replacement gilts and sows between the last weaning and the removal) would be a better indicator to evaluate these effects. But the calculation of this indicator requires more information than available on the replacement rules (quarantine duration) and on the delay between culling decision and removal of the culled sow. Data are

available in the literature concerning the effect of feeding and boar exposure on puberty, and optimal age for insertion in a batch (Young *et al.* 1990; Rozeboom *et al.* 1996; Willenburg *et al.* 2003). What is missing for considering this aspect in the model relates mainly to farmer practices concerning the periodicity and the number of gilt inserted into the gilt pool and how culling and replacement interact. Other sow herd models also produce outputs on the number of piglets weaned per sow per year but without any clear indication as to the way it is calculated. Only a few models have a representation of the puberty attainment and of the quarantine period which suggests that these sows are also not considered as present sows in the majority of the models.

Modifying the global fertility rate of sows induces an important adaptation of the systems, with two different kinds of adaptation. In the 4-week BFS, the adaptation involves a large culling rate (and replacement rate) resulting in a decreased mean parity at farrowing. In the 3- and 1- week BFS, the adaptation involves the insemination of sows that return to oestrus after 3 weeks with as a consequence the increase of the WCI and only a limited increase in the number of culling. It would be interesting to know if this occurs in practice but until now no studies have been carried out on this subject. Jalvingh *et al.* (1992) also simulated a decrease in the fertility rate in a 1-week BFS and observed an increase of the culling rate, but they did not give any information about the other traits of the herd (number of sows, non productive sow-days per culled sow). With a similar approach Singh (1986) observed that a low conception rate lowers the number of piglets weaned and increases the variability of results. He explained that the decrease in the number of weaned piglets is due to the replacement of productive old sows by less productive gilts. However this effect may be overestimated in his model because cross-fostering was not considered and prolificacy was lower. Indeed, with the MaProSH model, the mean number of live-born piglets is decreased (about 1% lower, data not shown) as the fertility rate decreases, but no effect is reported on the number of weaned piglets per litter.

The distribution of events between five-day week and weekend was affected by the management of oestrus detection (farmer part of WOI). The absence of oestrus detection during the weekend decreases the number of events occurring during the weekend and slightly increases the number of events occurring during the five-day week and the number of sows that farrow during the weekend. Another effect of this practice consists in the diminution of the number of sows at farrowing, because fewer sows are observed in oestrus. To advance the day of weaning leads to a large increase in the number of oestrus event occurring during the weekend but it limits the number of sows that farrow during the weekend. These experiments

emphasise the relation between periods of oestrus and periods of farrowing. The distribution of events was also sensitive to the modification of the sow part of WOI which accounts for a more mechanistic model of the WOI as in Jorgensen & Kristensen (1995) and Steverink (1999). These authors model the physiological processes of the oestrus cycle (LH, FSH, ovulation...) whereas in general WOI is modelled with a normal univariate (Plà 2007).

In conclusion, the MaProSH model is able to simulate various BFS and predict their event distribution, productivity and dynamics. By allowing the analysis of the effects of different periodic task schedules, the model starts to investigate the issues concerning on-farm work. These issues require on-farm enquiries to evaluate the work pace expectations of farmers and their interactions with on-farm practices. The MaProSH model can also be used to analyse the differential adaptation of the BFS to modification in the management rules and sow biology. However, the relationships between replacement and culling have to be clarified which confirms the need to carry out on-farm data collection to complete a further model.

2.7. References

- ALLEN, M. & STEWART, T. (1983). A simulation model for a swine breeding unit producing feeder pigs. *Agricultural Systems* **10**, 193-211.
- BARTHEZ, A. (1986). Du labour paysan au métier d'agriculteur : l'élaboration statistique en agriculture. *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales* **3**, 45-72.
- BOULOT, S. (2004). L'hyperprolificité en 2002: quels résultats, quel impact sur la longévité des truies. *Journées de la Recherche Porcine en France* **36**, 429-434.
- CARR, J. (2006). The maintenance of health. In: *Whittemore's Science and Practice of Pig Production* (Eds I. Kyriazakis & C.T. Whittemore), pp. 263-316. Oxford: Blackwell Publishing.
- COURNUT, S. & DEDIEU, B. (2004). A discrete events simulation of flock dynamics: a management application to three lambings in two years. *Animal Research* **53**, 383-403.

DEDIEU, B., CHABOSSEAU, J.-M., BENOIT, M. & LAIGNEL, G. (1997). L'élevage ovin extensif du Montmorillonais entre recherche d'autonomie, exigences des filières et simplicité de conduite. *INRA Productions Animales* **10**, 207-218.

DURAND, D. (2002). *La systémique*. Paris, France: PUF.

GUILLAUMIN, A., KLING-EVEILLARD, F. & MARTY, M. (2004). Attentes des éleveurs laitiers d'Aquitaine en matière de qualité de vie et de conditions de travail. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants* **11**, 208.

IFIP (2007). Gestion Technique des Troupeaux de Truies année 2006. Retrieved June 1, 2007 from <http://www.ifip.asso.fr/service/chai1.htm>

INGRAND, S., COURNUT, S., DEDIEU, B. & ANTHEAUME, F. (2003). La conduite de la reproduction du troupeau de vaches allaitantes : Modélisation des prises de décision. *INRA Productions Animales* **16**, 263-270.

JALVINGH, A., DIJKHUIZEN, A. & ARENDONK, J. (1992). Dynamic probabilistic modelling of reproduction and replacement management in sow herds. General aspects and model description. *Agricultural Systems* **39**, 133-152.

JEAN, N., LACROIX, A., MAAMOUN, M. & MOLLARD, A. (1988). Durée et intensité du travail des agriculteurs dans la crise économique. *INRA Actes et Communications* **3**, 45-82.

JORGENSEN, E. & KRISTENSEN, A. R. (1995). An object oriented simulation model of a pig herd with emphasis on information flow. In *Farm Animal Computer Technologies Conference*, pp. 206-215. Orlando, Florida, USA : FACT.

MADLRIEUX, S., DEDIEU, B. & DOBREMMEZ, L. (2006). ATELAGE: un modèle pour qualifier l'organisation du travail dans les exploitations d'élevage. *INRA Productions Animales* **19**, 47-58.

MARTEL, G., DEDIEU, B. & DOURMAD, J. Y. (2006). Les représentations biotechniques du fonctionnement des troupeaux de truies : analyse comparative et perspectives. *Journées de la Recherche Porcine en France* **38**, 255-261.

PETTIGREW, J., CORNELIUS, S., EIDMAN, V. & MOSER, R. (1986). Integration of factors affecting sow efficiency: a modelling approach. *Journal of Animal Science* **63**, 1314-1321.

PLA, L., POMAR, C. & POMAR, J. (2003). A Markov decision sow model representing the productive lifespan of herd sows. *Agricultural Systems* **76**, 253-272.

PLA, L. M. (2007). Review of mathematical models for sow herd management. *Livestock Science* **106**, 107-119.

POMAR, C., HARRIS, D., SAVOIE, P. & MINVIELLE, F. (1991). Computer simulation model of swine production systems. III. A dynamic herd simulation model including reproduction. *Journal of Animal Science* **69**, 2822-2836.

POMAR, J. & POMAR, C. (2005). A knowledge-based decision support system to improve sow farm productivity. *Expert Systems with Applications* **29**, 33-40.

Python Software Foundation (2004). Python programming language 2.4. Hampton, NH, USA. www.python.org

ROMERA, A. J., MORRIS, S. T., HODGSON, J., STIRLING, W. D. & WOODWARD, S. J. R. (2004). A model for simulation rule-based management of cow-calf systems. *Computers and Electronics in Agriculture* **42**, 67-86.

ROZEBOOM, D., PETTIGREW, J., MOSER, R., CORNELIUS, S. & EL KANDELGY, S. (1996). Influence of gilt age and body composition at first breeding on sow reproductive performance and longevity. *Journal of Animal Science* **74**, 138-150

SAUVANT, D. (2005). La modélisation de la réponse des porcs aux pratiques alimentaires et d'élevage. *Journées de la Recherche Porcine en France* **37**, 283-290.

SCHWARTZ, D. (1993). *Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes*. Paris : Flammarion.

SINGH, D. (1986). Simulation of swine herd population dynamics. *Agricultural Systems* **22**, 157-183.

STEVERINK, D. W. B. (1999). *Optimising insemination strategies in pigs*. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, Netherland.

TEFFENE, O., SALAUN, Y. & QUERNÉ, M. (1986). La gestion prévisionnelle à court-terme en élevage porcin, un outil : PORGEP. *Journées de la Recherche Porcine en France* **18**, 189-202.

TESS, M. W., BENNET, G. L. & DICKERSON, G. E. (1983). Simulation of genetic changes in life cycle efficiency of pork production. I. A bioeconomic model. *Journal of Animal Science* **56**, 336-353.

WHITE K.R., ANDERSON D.M. & BATE L.A. (1996). Increasing piglet survival through an improved farrowing management protocol. *Canadian Journal of Animal Science* **76**, 491-495.

WILLENBURG, K., MILLER, G., RODRIGUEZ-ZAS, S. & KNOX, R., V (2003). Effect of boar exposure at time of insemination on factors influencing fertility in gilts. *Journal of Animal Science* **81**, 9-15.

YOUNG, L. G., KING, G. J., WALTON, J. S., MCMILLAN, I. & KLEVORICK, M. (1990). Age, weight, backfat and time of mating effects on performance of gilts. *Canadian Journal of Animal Science* **70**, 469-481.

CHAPITRE III

Les résultats de l'enquête en élevage

1. Introduction

La nécessité de mettre en œuvre un dispositif d'enquêtes en exploitations sur les pratiques des éleveurs s'est, nous l'avons vu, imposée pour deux raisons :

- Derrière l'apparente homogénéité des systèmes d'élevages porcins se cache, de l'avis des experts et suite à plusieurs études menées par les Chambres d'Agriculture, une variabilité de modalités de mise en œuvre des pratiques d'élevage, notamment de reproduction et de renouvellement, variabilité qui est susceptible de jouer sur les performances du troupeau.
- Le choix de la conduite en bandes, s'il est généralement justifié par la répartition du travail périodique selon les semaines, n'épuise pas les reformulations des questions de travail des éleveurs de porcs. Ceux-ci sont également susceptibles, à l'instar des autres éleveurs (d'herbivores notamment), d'accorder une importance à la préservation d'horaires maîtrisés ou de dimanches libérés (cf. chapitre I), ce qui pourrait, là encore, marquer les modalités concrètes de mise en œuvre des pratiques. La recherche d'une productivité du travail plus élevée, gage de compétitivité, est une autre reformulation des questions de travail, dont l'impact sur les pratiques demeure largement à explorer en élevage porcin.

L'ensemble de ces réflexions nous a conduit à mettre en œuvre une enquête centrée sur les pratiques d'élevage de façon à, d'une part explorer la diversité des pratiques et d'autre part construire, à partir de l'analyse des combinaisons de pratiques, un regard sur la variété des attentes des éleveurs vis-à-vis de leur activité entre recherche de productivité technique, de productivité du travail et maîtrise de leur durée du travail. Les performances de troupeau ne sont pas absentes de l'analyse : nous les avons collectées auprès des groupements de producteurs partenaires de l'opération afin de compléter le regard sur les pratiques par une évaluation des critères de résultats techniques.

Nous présenterons les résultats de l'enquête en 4 parties : nous retracerons tout d'abord les éléments de méthodologie (l'échantillonnage, l'entretien) puis nous décrirons la diversité observée des pratiques (reproduction et renouvellement – réforme). La mise en évidence de familles de combinaisons de pratiques, la construction d'une typologie de rapports au travail et l'étude du lien entre ces combinaisons et les attentes des éleveurs est présentée dans l'article correspondant accepté et mis en ligne dans la revue *Livestock Science*. Nous terminerons ce chapitre par la présentation d'une analyse plus spécifiquement ciblée sur la

contribution des pratiques de renouvellement – réforme à la cohérence des conduites en bandes, partie qui n’a pas encore fait l’objet d’une publication.

2. Présentation de l’enquête

L’échantillonnage

Afin d’obtenir une grande diversité dans les pratiques et les objectifs des éleveurs, nous avons constitué un échantillon sur la base de facteurs susceptibles d’engendrer de la variabilité dans ces domaines. Ces facteurs ont été limités à 4 et concernaient : le rythme de conduite en bandes (c’est-à-dire le nombre de bandes), la durée de la lactation, la taille des bandes et la présence de salariés au sein de l’élevage.

Nous avons ainsi distingué 3 modalités de conduite en bandes pour échantillonner les élevages : conduite avec une fréquence de « 3 semaines » (7 bandes), une fréquence moindre (4 et 5 bandes) ou une fréquence plus élevée (10, 11, 20 et 21 bandes). Nous avons aussi différencié 3 modalités concernant le salariat : sans salarié, un salarié et plusieurs salariés. Concernant la taille des bandes, seules deux modalités ont été définies : 20 truies et moins par bande et plus de 20 truies par bande. Enfin le quatrième critère d’échantillonnage a permis de diviser les élevages en deux groupes : ceux qui réalisent le sevrage à 3 semaines de lactation et ceux qui le font à 4 semaines.

Nous avons soumis ces critères à trois groupements de producteurs qui ont alors chacun sélectionné une liste d’élevages y répondant. Nous avons choisi dans ces listes 25 élevages permettant d’équilibrer au maximum les différents critères de sélection (Tableau III.1).

Tableau III.1 : Modalités des critères d’échantillonnage et nombre d’élevages par modalité.

Critère d’échantillonnage	Modalité A	Modalité B	Modalité C
Nombre de bandes	Moins de 7 (5)	7 (9)	Plus de 7 (11)
Nombre de salariés	0 (9)	Moins de 1 (7)	Plus de 1 (9)
Taille des bandes	≤ 20 truies (12)	> 20 truies (13)	
Durée de la lactation	21 jours (13)	28 jours (12)	

Les principes de l’entretien : laisser l’éleveur décrire ses pratiques

Le questionnaire d’enquête est rapporté dans l’annexe B. Son principe général a été d’organiser l’entretien

1) autour de questions le plus souvent ouvertes, de façon à laisser l'éleveur présenter ses pratiques, par exemple : « Comment réalisez-vous les adoptions de porcelets ? » ;

2) avec des relances pour quitter le registre (éventuel) des réponses générales ou moyennes, de façon à aborder plus précisément les variants des modalités des pratiques et les raisons de ces variants. Des questions plus spécifiques sont alors posées, par exemple « Est-ce que les primipares ont plus de porcelets à allaiter que les autres truies ? ».

De ces principes découlent deux points : une durée d'entretien assez longue (en moyenne 2 heures) et une expression souvent qualitative qui nécessite ensuite la construction de variables et de leurs modalités rendant compte de la diversité des façons de faire des éleveurs. Pour ne pas perdre d'informations, l'entretien a été enregistré. La durée de l'entretien, annoncée à l'avance, fut à l'origine des quelques cas de refus que nous avons eus. Une synthèse écrite des principaux résultats a été renvoyée à tous les éleveurs ainsi qu'aux techniciens des groupements de producteurs partenaires (Annexe C)

Structuration de l'entretien

L'enquête comporte trois parties :

- Elle débute par les aspects généraux de description de l'exploitation tels que les bâtiments, les surfaces, les effectifs et l'orientation de production (multiplicateur, naisseur – engraisseur). Elle s'intéresse à la main-d'œuvre présente ainsi qu'aux horaires effectués et à la répartition des travailleurs entre les différents postes de l'élevage porcin et plus spécifiquement dans l'atelier naisseur. Cette première partie nous permet également d'aborder l'histoire de l'élevage ainsi que les objectifs à court et à long terme des exploitants.

- Dans une deuxième phase nous abordons les pratiques de l'éleveur et plus particulièrement la gestion des mises bas, la gestion des inséminations et la gestion des effectifs. Nous demandons à l'éleveur de décrire ce que font les travailleurs, d'indiquer les heures auxquelles ils le font et pourquoi ils le font. L'évocation des pratiques autour de la mise bas permet d'aborder les modalités de surveillance des mises bas et les pratiques d'adoption. La description de la période d'insémination permet d'aborder les pratiques de sevrage, de détection des chaleurs et d'insémination. Nous abordons également les pratiques permettant de maintenir l'équilibre de l'effectif de truies par bande. Nous évoquons alors les pratiques de renouvellement, celles de réforme et l'interaction entre les deux. Tout ceci nous permet de reconstruire un planning de séances de travail à partir des informations obtenues sur : la modification des horaires lors des périodes de mises bas, le type de sevrage réalisé (truies et porcelets déplacés le même jour ou truies le mercredi et porcelet le jeudi), les jours de

détection des chaleurs, le nombre de détections par jour, le ou les protocoles d'insémination, la possibilité d'arrêter les détections et/ou les inséminations en cours de semaine.

L'entretien se termine en discutant des indicateurs utilisés par l'éleveur pour s'assurer du bon fonctionnement de son élevage (nombre de truies réformées, nombre de porcelets sevrés par truies ou par bandes, kilos de cochon vendu,...).

3. La diversité des pratiques

L'enquête nous a permis de recueillir des informations sur les pratiques de surveillance des mises bas, d'adoption, de sevrage, de détection des chaleurs, d'insémination, de renouvellement et de réforme. Nous présenterons pour chaque groupe de pratiques la variabilité observée lors de l'enquête. Ce sont ces pratiques qui constituent la base de l'analyse sur les relations entre les pratiques et les attentes des éleveurs : nous présenterons donc également dans cette partie les variables descriptives (et leurs modalités) que nous avons construites. Ces variables seront utilisées dans les analyses présentées dans la troisième partie. Le nom de ces variables sera indiqué entre parenthèse, un nom en anglais signifiant que la variable est utilisée dans la publication et un nom en français indiquant une variable utilisée dans l'analyse des pratiques de renouvellement – réforme (qui n'est pas incluse dans la publication). Le Tableau III.2, qui correspond au Tableau 3 de l'article, décrit les variables relatives à la surveillance des mises bas et les adoptions. Les variables concernant le sevrage, la détection des œstrus et les inséminations sont présentées dans le Tableau III.3 (Tableau 4 de l'article). Parmi les pratiques mises en œuvre à ces deux moments du cycle certaines sont en relation avec le rythme des tâches périodiques et sont regroupées au sein du Tableau III.4 (Tableau 2 de l'article). Enfin les variables issues de la gestion des effectifs sont présentées dans les Tableaux III.5, III.6 et III.7.

3.1. La surveillance des mises bas

Les données collectées concernent d'une part, l'ajustement des horaires et l'anticipation des problèmes à la mise bas et d'autre part, les modalités concrètes d'assistance, aux mères comme aux nouveaux nés. La surveillance se fait, selon les éleveurs, seulement aux heures de travail habituelles ou sur des créneaux plus longs, certains réalisant même une surveillance 24 h sur 24. La modification des horaires de travail lors des mises bas (« *change in working hours for farrowing supervision* ») a été codée en deux modalités : pas ou peu de modifications des horaires (pause du midi moins longue, horaires allongés d'une heure le soir) et modifications importantes des horaires (relais le midi pour la surveillance, surveillance la

nuit). La surveillance peut aussi être accentuée sur les truies qui ont eu précédemment des mises bas difficiles. C'est ce que nous appelons le repérage anticipé des truies à problèmes (« *Anticipate farrowing difficulties* »).

Tableau III.2 : Variables et modalités servant à l'analyse de la variabilité des pratiques autour des mises bas. Le nombre d'élevages dans chaque modalité est donné entre parenthèses.

Items	Modality A	Modality B	Modality C
Farrowing			
Pharmacological products	Few (8)	Many but few sows (8)	Intensive (9)
Help to piglets	Some (15)	Much (10)	
Manual assistance	Seldom (10)	Sometimes (8)	Frequently (4)
Anticipate farrowing difficulties	No (18)	Yes (7)	
Cross-fostering			
Hyperprolificity management	Within batch (8)	Between batches (9)	Several extra batch possibilities (7)
Number of piglets under gilts	Less than under sows (3)	Equal to sows (9)	More than under sows (13)
Cross-fostering within parity	No (19)	Yes (6)	
Reduce litter weight variability	No (8)	Yes, 1 litter of small piglets (8)	Yes for all litters (9)
Fostering / productive history	No (11)	Yes (14)	

Les actes réalisés et les produits utilisés lors de la surveillance des mises bas sont nombreux :

- Sur les truies : vérification de l'état de la mamelle avant de provoquer la mise bas, utilisation d'ocytocine, de calcium, de Dynolithe®, de Sergotonine®, de Reprocyne®, de Monzal® ou encore d'anxiolytiques, réalisation de fouilles mais aussi prise de température et traitement antipyrétique si besoin.

- Sur les porcelets : utilisation d'asséchant ou de paille, mise en place d'un carton ou d'un tapis sur le sol, aide à la consommation du colostrum, traite des truies pour nourrir au biberon les porcelets chétifs, séparation des porcelets de leur mère en début de mise bas, équeutage, meulage des dents, piqûre de fer, désinfection du cordon, injection de glucose, d'antibiotiques.

A partir de tous ces actes techniques, nous avons reconstruit trois variables. La première variable correspond au degré d'utilisation des produits pharmacologiques facilitant le déroulement de la mise bas (« *Pharmacological products* ») et ses modalités sont : peu de produits utilisés ; beaucoup de produits différents utilisés mais sur un nombre limité de truies ; des produits utilisés sur un grand nombre de truies. La deuxième variable distingue les éleveurs sur l'assistance qu'ils apportent aux porcelets au cours de la mise bas (« *Help to piglets* »). Certains procurent une assistance modérée en effectuant le séchage, l'injection de fer et la désinfection du cordon alors que d'autres apportent une aide intense en réalisant en plus la traite de colostrum, un apport de glucose et/ou de colostrum aux porcelets chétifs et la séparation des porcelets. La troisième variable concerne la fréquence des fouilles de truies lors de la mise bas (« *Manual assistance* ») et est décrite par trois modalités qui correspondent

à : moins de 30% des truies fouillées ; environ une truie sur deux fouillée ; des fouilles quasi systématiques.

3.2. L'adoption

Tous les éleveurs réalisent des échanges de porcelets entre les truies d'une même bande dans les jours qui suivent la mise bas. Cette gestion peut suffire pour certains éleveurs alors que d'autres font appel, pour allaiter les porcelets surnuméraires, à des truies issues de la bande précédente, des truies intercalaires (entre deux bandes) ou à des « louves » (appareil d'allaitement artificiel). Les adoptions peuvent être limitées à la période peri-partum (avant le lundi suivant les mises bas) ou se poursuivre durant la lactation en cas de « décrochement » de porcelets (c'est-à-dire des porcelets qui grossissent moins vite que le reste de la portée). Dans ce cas certains éleveurs sevrèrent précocement une portée et utilisent la truie ainsi libérée pour allaiter les porcelets « décrochés ». A l'inverse certains éleveurs n'hésitent pas à euthanasier les porcelets les plus chétifs qui n'ont selon eux que de très faibles chances de survie. Pour décrire ces différentes pratiques permettant de gérer l'hyperprolificité (HP), nous avons défini une variable synthétique avec trois modalités (« *hyperprolifericity management* ») : gestion « minimale » de l'HP (adoptions intra bande), mise en place d'un système complémentaire d'adoption inter-bande (gestion « modérée » de l'HP) et plusieurs systèmes mis en œuvre (gestion « importante » de l'HP).

Lors des adoptions au sein d'une bande plusieurs façons de faire coexistent, les échanges entre truies pouvant ou non prendre en compte le rang de portée des truies impliquées (variable « *Cross-fostering within parity* »). Nous avons de plus identifié des pratiques opposées vis-à-vis des primipares. Certains éleveurs surchargent et d'autres déchargent ces jeunes truies qui peuvent aussi être sevrées en avance par rapport au reste de la bande (« *Number of piglets under gilts* »).

Les porcelets concernés par le changement de mère peuvent être les plus gros ou les plus petits. Certains éleveurs préfèrent échanger les animaux par demi-portée, d'autres réaffectent des individus. Au sein de la bande les éleveurs peuvent chercher à homogénéiser, outre le nombre de porcelets par truie, le poids des porcelets. Certains éleveurs regroupent les porcelets les plus chétifs au sein d'une portée, d'autres homogénéisent le poids au sein de toutes les portées de la bande (« *Reduce litter weight variability* »). Enfin le nombre de porcelets allaités par une truie donnée peut être adapté en fonction de sa carrière, de son rang de portée et du nombre de tétines fonctionnelles (« *Fostering / productive history* »). Concernant le nombre de tétines fonctionnelles, certains éleveurs laissent sous la truie un

nombre de porcelets correspondant au nombre de tétines, alors que d'autres laissent si possible 1 ou 2 tétines libres. Mais cette adaptation n'a pas été évoquée chez tous les éleveurs et le nombre de réponses ne permettait pas de prendre en compte cet élément de variabilité dans l'analyse.

3.3. Le sevrage

Le sevrage est un événement qui prend du temps et qui conditionne les venues en chaleur des truies. Si la pratique courante est de sevrer toutes les truies et les porcelets le même jour, d'autres types de sevrage (« *Type of weaning* ») ont été identifiés au cours de l'enquête : sevrage précoce des gros porcelets et/ou tarissement précoce de certaines truies ou encore une sortie de maternité décalée entre les truies et les porcelets. Concernant le jour du sevrage (« *Day of weaning* »), nous retrouvons dans notre échantillon 13 éleveurs qui l'effectuent le mercredi et 12 le jeudi. Le choix du type et du jour de sevrage est souvent expliqué par des motivations soit vis-à-vis du temps de travail le jour du sevrage (« *Weaning in order to manage daily work time* »), soit par rapport au travail le week-end (« *Weaning in order to avoid insemination during weekend* » et « *Weaning in order to avoid farrowing during weekend* »). D'autres raisons expliquant les pratiques de sevrage ont également été évoquées en plus des raisons précédentes sans que nous puissions les intégrer aux analyses, chacune de ces raisons étant rarement évoquées par plus de deux éleveurs : la gestion de la place disponible en maternité (« *je ne peux pas garder les porcelets plus longtemps dans la maternité car j'ai une autre bande qui arrive à terme* »), les conditions d'ambiance du post sevrage (« *je ne peux pas sevrer des porcelets plus tôt que d'autres car mon bâtiment de post-sevrage est en tout-plein / tout vide, alors mettre seulement 20 porcelets dans une salle où il y en a normalement 300, au niveau sanitaire ca ne serait pas bon* »), le coût financier (« *tout le monde en même temps, ca évite de devoir faire un traitement Régumate* ») et la gestion du nombre de truies dans les bandes (« *je fais un sevrage anticipé de certaines truies afin de les introduire dans la bande précédente* »).

3.4. La surveillance des chaleurs

La surveillance des chaleurs est un point crucial pour le bon fonctionnement du troupeau puisque c'est cette surveillance qui permet de réaliser l'insémination au moment optimal et ainsi d'atteindre un bon taux de fertilité. Mais ici aussi les façons de faire sont variables d'un élevage à l'autre en termes de périodes et de fréquences de détection ainsi qu'en termes de gestion des truies et des verrats.

Ainsi la première détection des chaleurs (« *First day of œstrus detection* ») peut être effectuée dès le vendredi soir ou le samedi matin, à partir du dimanche ou à partir du lundi. Le nombre de séances de détections par jour (« *Number of detection sessions per day* ») varie de 1 à 3 et le nombre de verrats sur l'exploitation varie de 1 à 4 mais le nombre de verrats utilisés pour faire les détections (« *Boar number for detection* ») sur une même bande est rarement supérieur à 2.

Pour une meilleure gestion des truies, certains éleveurs cherchent à favoriser leur venue en œstrus (« *Techniques to help œstrus* ») en pratiquant une injection de PG600 le lendemain du sevrage ; d'autres préfèrent les mettre en groupe et ne les bloquer qu'une fois la chaleur détectée. Enfin, 3 éleveurs mettent en groupe les truies qui n'ont pas été observées en œstrus après un certain délai et au total 5 éleveurs arrêtent de faire des détections après une certaine date (« *Do detections stop on a specific day in the week ?* »).

Tableau III.3 : Variables et modalités servant à l'analyse de la variabilité des pratiques autour des inséminations. Le nombre d'élevages dans chaque modalité est donné entre parenthèses.

Items	Modality A	Modality B	Modality C
Weaning and Oestrus detection			
Day of weaning	Wednesday (13)	Thursday (12)	
Type of weaning	All together (18)	Split weaning (4)	Sows and piglets move on different days (3)
Techniques to help oestrus	None (8)	Use pharmaceuticals (9)	Sows grouped after weaning (8)
Boar number for detection	One (14)	Several (11)	
Insemination			
Weekly modifications to protocol	None (8)	One (11)	Several (6)
Number of inseminations per sow per day	One (7)	One or two (12)	Two (6)
Distinction between gilts and sows	No (17)	Yes (8)	
Boars can mate	No (19)	Yes (6)	
Source of semen	Purchased (15)	On farm (10)	

3.5. L'insémination

Les éleveurs utilisent des protocoles d'insémination très variés. En effet, si certains gardent le même protocole quel que soit le jour de venue en chaleur de la truie, d'autres le modifient tous les jours de la semaine (« *Weekly modifications to protocol* »). De plus certains éleveurs ne réalisent des inséminations qu'au moment des détections de chaleurs alors que d'autres peuvent faire des séances spécifiques dédiées à l'insémination. Le nombre d'inséminations par truie est généralement de 2 ou 3. Pour ce qui concerne le rythme des inséminations, nous observons qu'il varie selon les éleveurs, entre une et deux inséminations par truie par jour, certains éleveurs le modifiant au cours de la semaine (« *Number of inseminations per sow per*

day »). L'intervalle entre la détection d'œstrus et l'insémination est variable de 0 à 24 heures. Enfin, certains éleveurs appliquent un protocole différent pour les cochettes et les truies (« *Distinction between gilts and sows* »).

La semence peut provenir d'un CIA (Centre d'Insémination Artificielle) ou être prélevée à la ferme (« *Source of semen* »). Certains éleveurs utilisent aussi le verrat pour saillir certaines truies (« *Boars can mate* »).

A partir des informations recueillies sur les détections de chaleurs et les protocoles d'insémination nous avons pu reconstituer le nombre de séances de détection et d'insémination des élevages enquêtés. Ainsi, un éleveur qui fait 3 détections par jour aura 12 séances à effectuer entre le lundi et le jeudi soir (sauf si toutes les truies sont venues en œstrus avant). S'il utilise un protocole « 0-24-24 » (première insémination dès la détection, puis insémination toutes les 24 heures ; 3 inséminations par truie), il aura 18 séances d'IA à faire du lundi au samedi dont 6 spécifiques aux inséminations (vendredi et samedi). Un éleveur qui ne fait qu'une détection par jour jusqu'au mercredi puis met les truies non vues en chaleur avec le verrat, n'aura que 3 séances de détection à faire. S'il utilise un protocole « 12-12-12 » (1^{ère} insémination 12 heures après la détection, puis 2 autres inséminations toutes les 12 heures), il aura 7 séances d'insémination à réaliser du lundi au jeudi soir dont 5 spécifiques. Au final, le premier éleveur a ainsi 18 périodes de temps à consacrer à ces actes techniques, le second en a 8. Ceci nous donne un indicateur du rythme de ces différentes tâches (« *Number of detection and AI sessions per week* »).

Tableau III.4 : Variables et modalités servant à l'analyse du rythme des tâches périodiques. Le nombre d'élevages dans chaque modalité est donné entre parenthèses.

Items	Modality A	Modality B	Modality C
Principal day of farrowing	Wednesday (7)	Wednesday / Thursday (9)	Thursday (9)
Weaning in order to avoid insemination during weekend	No (15)	Yes (10)	
Weaning in order to avoid farrowing during weekend	No (19)	Yes (6)	
Weaning in order to manage daily work time	No (20)	Yes (5)	
First day of oestrus detection	Friday (13)	Sunday evening (5)	Monday (7)
Do detections stop on a specific day in the week?	No (20)	Yes (5)	
Number of detection sessions per day	One (10)	Several (15)	
Number of detection sessions per week	1 to 7 (9)	8 or more (14)	
Number of detection and AI sessions per week	2 to 7 (5)	8 to 11 (10)	12 or more (8)
Change in working hours for farrowing supervision	None or few (14)	More than 12 hours of work some days (11)	

3.6. Le renouvellement

Tableau III.5 : Variables et modalités servant à l'analyse de la variabilité des pratiques de renouvellement. Le nombre d'élevages dans chaque modalité est donné entre parenthèses.

	A	B	C
Périodicité des livraisons	5 semaines et moins (12)	6 semaines et plus (10)	
Modification du nombre de cochettes livrées	Non (13)	Oui (10)	
Adaptation l'été	Non (19)	Oui (5)	
Nombre de bandes concernées par chaque livraison	1 (8)	2 (7)	3 ou + (9)
Intervalle entrée – insertion	< 10 semaines (10)	>= 10 semaines (15)	
Traitement hormonal	Non (6)	Oui (19)	
Taux de renouvellement par bande	Variable continue (de 12,5 à 27%)		

L'enquête a été conduite principalement dans des élevages achetant leurs cochettes à des multiplicateurs, ce qui est la pratique la plus courante ; seuls 3 des éleveurs enquêtés pratiquaient l'auto-renouvellement. Apurès des éleveurs achetant leurs cochettes, nous avons recueilli des informations sur le rythme d'achat, le nombre de cochettes achetées et son caractère fixe ou ajusté, la durée de la phase de quarantaine, les critères de choix des animaux lorsqu'une même commande de cochettes est utilisée pour plusieurs bandes de truies. De même, les pratiques de mise à la reproduction des cochettes au moment de leur insertion dans une bande ont été précisées. Elles opposent les éleveurs qui utilisent un traitement hormonal de synchronisation et ceux qui ne le font pas (« *Traitement hormonal* »).

Les livraisons de cochettes (« *Périodicité des livraisons* ») ont lieu toutes les 3 semaines pour les plus fréquentes et toutes les 8 semaines pour les plus espacées mais nous avons réparti les élevages selon deux modalités : 5 semaines et moins et plus de 5 semaines. Une livraison peut approvisionner de 1 à 6 bandes au maximum (« *Nombre de bandes concernées par chaque livraison* »). L'intervalle séparant l'entrée en quarantaine et l'insertion dans une bande est en moyenne de 9,7 semaines (écart-type 1,6 ; amplitude : de 5 à 12 semaines). Nous avons transformé cette variable continue en une variable à deux modalités (« *Intervalle entrée – insertion* »), 10 semaines ou moins et plus de 10 semaines. Parmi les éleveurs enquêtés qui

utilisent un lot de cochettes pour plusieurs bandes, la sélection des cochettes à insérer se base sur le poids des animaux ou sur la présence du comportement d'œstrus.

Le nombre de cochettes livrées est fixe pour certains éleveurs alors que d'autres ajustent ce nombre en fonction de leurs besoins (« *Modification du nombre de cochettes livrées* »). L'ajustement peut aussi être fait en prévision d'une fertilité diminuée en fin d'été et cette pratique est retranscrite par la variable « *Adaptation l'été* ».

Le nombre de cochettes achetées permet d'estimer l'objectif de renouvellement par cycle que se fixe l'éleveur (« *Taux de renouvellement par bande* »). Ce taux est calculé dans notre étude comme le nombre de cochettes insérées par bande divisé par le nombre de truies souhaité à la mise bas. Cet indicateur diffère un peu de celui utilisé en gestion technique qui se base sur le taux de premières portées sevrées par rapport au nombre de truies présentes sur la période d'étude. En moyenne, les éleveurs enquêtés insèrent dans une bande un peu moins d'une cochette pour cinq truies à la mise bas (moyenne : 19%, écart-type : 3,1 ; amplitude : de 12,5 à 27%).

3.7. La réforme

Tableau III.6 : Variables et modalités servant à l'analyse de la variabilité des pratiques de réforme. Le nombre d'élevages dans chaque modalité est donné entre parenthèses.

	A	B	C	D
Période de réforme	Sevrage (4)	Sevrage-Echo (10)	Echo-Sevrage (9)	Echographie (2)
Nombre de truies inséminées pour 100 truies à la mise bas	Variable continue (de 102,7 à 136,4)			
Nombre de retours autorisés	1 (14)	2 (8)	3 (3)	
Critère de productivité le plus important	Nombre de nés vivants (6)	Nombre de sevrés (16)	Nombre de mort-nés (2)	
Prise en compte de la carrière	Non (12)	Oui (12)		
Nombre de réformes involontaires	De 0.1 à 2.3 (variable continue)			

Deux périodes principales de réforme ont été citées par les éleveurs enquêtés : au moment du sevrage et lors de l'échographie. La proportion des réformes ayant lieu à chacun de ces moments diffère selon les élevages, allant de réformes réalisées quasi-systématiquement à l'échographie à des réformes principalement réalisées au sevrage (« *Période de réforme* »).

Pour être certains d'atteindre leur objectif de truies à la mise bas, les éleveurs peuvent choisir d'inséminer plus de truies que cet objectif et dans ce cas la réforme des truies surnuméraires a lieu plutôt à l'échographie. Ainsi la moyenne de notre échantillon se situe à 117 truies inséminées pour 100 truies à la mise bas (écart-type : 7,7 ; amplitude : de 103 à 136) (« *Nombre de truies inséminées pour 100 truies à la mise bas* »).

Les causes de réforme sont diverses mais peuvent généralement être regroupées en deux catégories : l'âge et les performances productives (fertilité, prolificité, nombre de mort-nés, qualités maternelles). Les critères de productivité peuvent être évalués sur la dernière portée ou sur plusieurs portées incluant ainsi une notion de carrière (« *Prise en compte de la carrière* »). Certains éleveurs accordent plus d'attention au nombre de porcelets nés vivants et d'autres au nombre de porcelets sevrés (« *Critère de productivité le plus important* »). La définition d'une mauvaise productrice, bonne pour la réforme, est difficile à cerner et semble très variable d'un éleveur à un autre. Ainsi, selon les éleveurs, le nombre de porcelets nés vivants considéré comme insuffisant varie de 9 à 12, le nombre de sevrés de 6 à 11, tandis que le nombre de retours en chaleurs après insémination toléré (« *Nombre de retours autorisés* ») varie de 1 à 3 pour les jeunes truies (ayant sevré moins de 2 portées) et de 0 à 3 pour les plus âgées.

Outre les réformes décidées, certaines truies doivent être réformées obligatoirement suite à un accident, une maladie ou la mort. Ces truies représentent selon les éleveurs enquêtés de 0,3 à 5,9% des truies par bande (« *Nombre de réformes involontaires* »).

3.8. L'interaction Renouvellement – Réforme

Tableau III.7 : Variables et modalités servant à l'analyse de l'interaction entre le renouvellement et la réforme. Le nombre d'élevages dans chaque modalité est donné entre parenthèses.

	A	B	C
Surnombre après la confirmation de gestation	Vends (10)	Garde car à la place (7)	Garde et met en œuvre des pratique pour libérer de la place (7)
Problème avec la livraison de cochettes	Pas de réforme (16)	Renouvellement obligatoire (8)	
Sous effectif : gère avec les cochettes	Non (7)	Oui (17)	
Sous effectif : gère avec les truies	Non (14)	Oui (10)	

Le nombre de truies dans les élevages enquêtés était stabilisé indiquant que les entrées et sorties d'animaux étaient équilibrées. Comment le choix des pratiques de renouvellement influencent les pratiques de réforme et inversement ? C'est ce que nous avons abordé dans le questionnaire par le biais de questions ayant trait avec la gestion des effectifs au sein d'une bande.

Ainsi, lorsqu'une bande est en sous-effectif après la confirmation de gestation, les éleveurs s'adaptent en réalisant moins de réformes lors du sevrage, en achetant plus de cochettes en prévision, en insérant plus de cochettes au détriment de la bande suivante ou précédente, en retardant l'insémination de truies de la bande précédente ou au contraire en sevrant précocement des truies de la bande suivante. La gestion du sous-effectif s'effectue donc en adaptant sa gestion des cochettes (« *sous-effectifs : gère avec les cochettes* ») et / ou en adaptant sa gestion des truies (« *sous-effectifs : gère avec les truies* »).

Lorsque la bande est en sureffectif les éleveurs réagissent de différentes manières : en réformant les truies pleines surnuméraires, en gardant toutes les truies mais en inséminant moins de truies dans la bande suivante, en gardant toutes les truies et en effectuant un sevrage précoce sur les bandes précédentes pour pouvoir toutes les loger à la mise bas (« *Surnombre après la confirmation de gestation* »).

Enfin lorsqu'on interroge les éleveurs sur l'éventualité d'un problème ponctuel concernant la livraison des cochettes (« *Problème avec la livraison de cochettes* »), ils paraissent surpris (« *Ce n'est jamais arrivé, je ne sais pas comment je pourrais faire* »), mais proposent ensuite des solutions : pas de réforme, aller voir un autre multiplicateur / prendre des cochettes dans l'engraissement, diminuer le temps en quarantaine.

3.9. Conclusion sur la diversité des pratiques

L'enquête, réalisée auprès de 25 éleveurs, a permis de mettre en évidence un grand nombre de pratiques différentes sur tous les postes de gestion de la reproduction. Si certaines pratiques avaient déjà été identifiées et/ou testées expérimentalement (cf. chapitre I), notre étude permet de compléter la « cartographie » des pratiques réellement mises en œuvre pour la gestion d'un troupeau de truies. Nous avons pu ainsi formaliser des variables pour la suite de l'analyse. Ces variables et les modalités représentent la réalité de façon simplifiée ou agrégée (plusieurs actions combinées). Elles permettent cependant de rendre compte d'une diversité de façons de suivre et d'intervenir auprès des truies et des porcelets au cours d'un cycle de production, d'une part, et de gérer le renouvellement des effectifs des bandes et du troupeau, d'autre part. Ainsi, par exemple, nous proposons de représenter les protocoles d'insémination avec des

critères simplifiés tel que le nombre d'inséminations par truie par jour, le nombre total d'insémination et le délai entre la détection de l'œstrus et la première insémination.

Mais la grande diversité des pratiques n'est peut être qu'apparente. En effet on peut par exemple se poser la question de savoir si un protocole d'insémination spécifique n'est pas lié à un protocole particulier de détection des œstrus et à un type d'aide aux porcelets. On peut aussi se demander si les attentes des éleveurs par rapport aux performances zootechniques de leur élevage ou par rapport au rythme de travail sont liées à des combinaisons de pratiques particulières. C'est ce que nous allons tester dans les parties suivantes.

4. Les relations entre les pratiques et les attentes de l'éleveur

Cette partie s'appuie principalement sur l'article « Do labour productivity and preferences about work load distribution affect reproduction management and performance in pig farms? » accepté et mis en ligne dans la revue “Livestock Science”. En se basant sur la qualification des pratiques décrites précédemment, nous cherchons dans cet article à identifier des profils de combinaisons de pratiques autour de la mise bas d'une part et autour des inséminations d'autre part, puis à mettre en relation ces profils avec les attentes des éleveurs vis-à-vis du travail et des performances. Nous décrivons dans la partie IV les résultats de l'analyse spécifique concernant les pratiques du renouvellement / réforme.

4.1. Les relations entre les attentes de l'éleveur et leurs pratiques autour de la mise bas et des inséminations

Dans l'article repris ci-après, nous avons utilisé plusieurs méthodes d'analyse factorielle (Analyse en Composantes Principales, Analyse Factorielle des Correspondances, Analyse Factorielle Multiple) afin d'identifier des attentes de rythme de travail, les combinaisons de pratiques et les liens entre ces combinaisons de pratiques et les attentes de rythme de travail d'une part et de productivité (du troupeau et du travail) d'autre part.

Ces analyses ont permis d'identifier quatre types de rapport au travail : (i) contrôler la densité du travail journalier, (ii) limiter les activités d'insémination le week-end, (iii) limiter la surveillance des mises bas le week-end et (iv) investir dans le travail pour assurer le bon déroulement du programme technique. Ces différents rapports au travail sont associés à des combinaisons de pratiques différenciées notamment autour de la gestion de l'ensemble sevrage – détection des œstrus et d'insémination. Ces attentes n'ont cependant pas d'impact apparent sur les performances de l'élevage. Les pratiques de surveillance des mises bas et les pratiques d'adoption se révèlent être en relation avec la productivité du travail et celle des truies, bien que ces deux productivités se révèlent indépendantes lorsqu'elles sont les variables actives d'une analyse. Le niveau de productivité du travail est aussi (et surtout) corrélé de façon positive à la taille des bandes.

Do labour productivity and preferences about work load distribution affect reproduction management and performance in pig farms?²

G. Martel^{1,2}, J.-Y. Dourmad¹ and B. Dedieu²

¹ INRA, Agrocampus Rennes, UMR1079, Système d'élevage nutrition animale et humaine, F-35000 Rennes, France

² INRA Transformation des Systèmes d'Élevage, UMR1273, Metafort, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

Corresponding author: Benoît Dedieu.

Tel: +33 4 73 62 40 38.

Fax: +33 4 73 62 41 18

E-mail: Benoit.Dedieu@clermont.inra.fr

Correspondence address: Gilles Martel, UMR SENAH, Domaine de la Prise 35590 Saint Gilles, France; e-mail: gilles.martel@rennes.inra.fr

Abstract

Increases in labour productivity are an essential factor, as well as technical effectiveness, for the competitiveness of pig farming. However, the preferences of farmers for controlled (i.e. limited) daily working hours or available days for vacation also increase. The objective of this study was to explore how these preferences about work might be associated to specific combinations of practices or affect performance. The study was carried out by direct investigation of the stockbreeders. Data analysis used factorial analysis to identify relationships between practices, labour productivity, sow productivity and work load distribution. Results showed independence between sow productivity and labour productivity. Three independent types of preferences about work load distribution were identified: the limitation of density of daily work, the avoidance of insemination activities during the weekend and the avoidance of farrowing supervision during the weekend. These preferences about work load distribution were mainly related to weaning, oestrus detection and insemination techniques. A relationship was also seen between farrowing and cross-fostering techniques, and labour and sow productivity. Results suggest that preferences about work load distribution influence the choice of reproduction practices without influencing performance.

² This paper was presented at the 58th annual meeting of the EAAP.

Finally, concerning the labour productivity, it was linked with some specific techniques at farrowing but the results also indicated that it was mainly related to the size of farrowing batches.

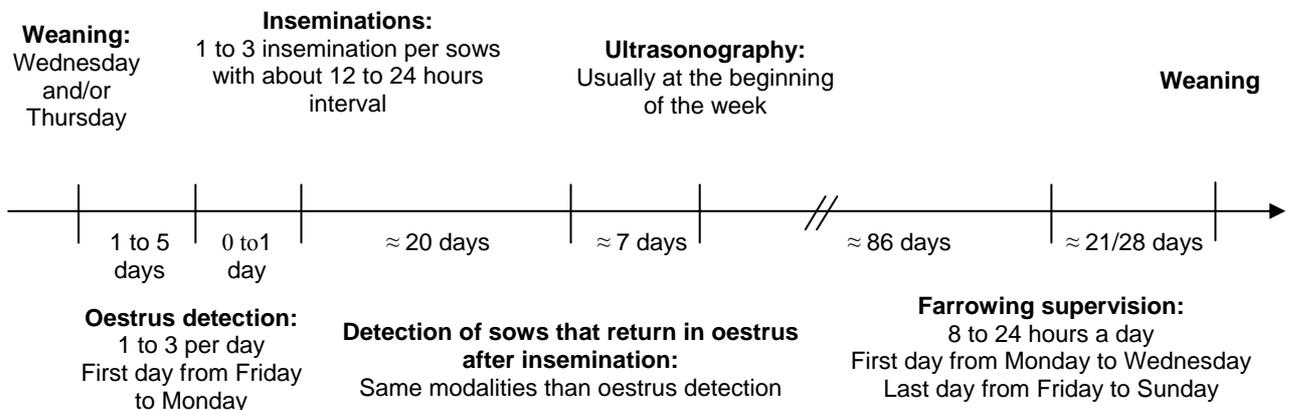
Keywords: farm management, work planning, survey, factorial analysis, reproductive performance.

Introduction

As most of the other animal productions, pig production is facing pressures on the farmer work. The first pressure is on labour effectiveness which is an essential factor, with technical effectiveness, of pig farming competitiveness: the average number of sows per Annual Work Unit (AWU) is continuously increasing (by 80% between 1990 and 2006 in France; IFIP, personal communication). The second pressure is relative to the work load distribution, in relation with the evolution of social norms and values in agriculture. The farmers expect something else from their work than the “peasant toil” where private and work lives are closely mingled (Barthez *et al.*, 1986, Jean *et al.*, 1988). The farmers now have various attitudes toward work load distribution including the control of daily working hours or the ability to free some days for vacation or weekends (Guillaumin *et al.*, 2004). The development of wage-earning and the reduction of the agricultural family workforce reinforce also the necessity of taking into account the duration and distribution of work. Although studies on work organisation are rare in swine breeding, studies undertaken in other sectors of production (ruminants) show that stockbreeders adapt their livestock practices, as well as farm equipment and the composition of the labour force, in their search of new coherences between issues of competitiveness and issues of preserved time (Dedieu *et al.*, 2006). More specifically, technical adjustments can be occasional (concerning a specific unit or period of the year) or profound, such as modifications in the livestock management strategies, notably reproduction strategies (Cournut and Dedieu, 2005). In pig production, the practices at stake refer to the tasks which have a periodic rhythm (Le Borgne *et al.* 1994) (Figure 1A) in relation with the reproductive cycle of a farrowing batch (i.e. a group of sows managed together). The major element to manage the distribution of periodic tasks from one week to another is the number of farrowing batches in the herd (Caugant *et al.*, 2002) (Figure 1B). But the relationship between reproduction management practices on the one hand and control of the daily work duration and preserved weekends on the other is less documented. This paper deals with the changes of work in pig farms, either the research of increased labour

productivity or the control of work load distribution within the week. We hypothesise that the increase in labour productivity might have induced a simplification of reproduction management or have consequences on the herd productivity. We also hypothesise that, as in the other production systems, the pig farmers have various preferences when considering the work in odd hours and in weekends. These various preferences may be related to different reproduction managements and may affect the herd productivity. To test these hypotheses, we have carried out a survey with stockbreeders who had various batch farrowing systems and herd size, so presumably a large variety of management practices and labour effectiveness. The data collected were supplemented by the retrieval of performance data from the Technical Sow Herd Management System (TSHMS).

A



B

	1-week BFS	3-week BFS	4-week BFS
Week 1	Weaning, Oestrus detection, Farrowing	Weaning	Weaning
Week 2	Weaning, Oestrus detection, Farrowing	Oestrus detection	Oestrus detection, Farrowing
Week 3	Weaning, Oestrus detection, Farrowing	Farrowing	-
Week 4	Weaning, Oestrus detection, Farrowing	Weaning	-

Figure 1 Periodical tasks occurring in the reproduction unit of a pig farm. The periodical tasks refer to non daily tasks which have regularity. They are opposed to daily tasks such as feeding the animals (Le Borgne *et al.* 1994).

A/ Periodical task organisation at the farrowing batch level. The line represents one farrowing batch over the full reproductive cycle. Usual days of each task are written under the task name. Usual time intervals between each task are written under the line.

B/ Periodical task organisation at the herd level. In the 1-week Batch Farrowing System (BFS), there are 20 to 21 farrowing batches, in the 3-week BFS there are 7 farrowing batches and in the 4-week BFS there are 5 farrowing batches.

Materials and methods

Work and practices analysis

Livestock practices are described in the Livestock Farming System approach (Gibon *et al.* 1999) by their technical content, their justification and their effect on herd performances. Following previous studies on work organisation in livestock farms (Dedieu *et al.* 2006) we refer to the ergonomics framework to clarify the relationship between livestock practices and work. Livestock practices refer to “prescribed” tasks i.e. to a protocol (insemination for instance) specifying the procedure (one artificial insemination every 12 hours or one every 24 hours for each sow), the different procedures depending for example on the animal condition or parity. The other face of the practice is the “working activity” defined as the interaction between the prescribed task and the operator(s) (Leplat 1994). In reality, the prescribed tasks are executed by the labour force within working sessions. A working session is a time interval devoted to some specific activities. The number of sessions devoted to reproduction (within a day when reproductive activities occur, or within a period) is thus variable between labour forces and, because of this labour force, can be more or less adjusted to other work peaks. The number of sessions of periodic working activities is one major factor of the duration of the periodic work.

The work combines different temporal coherences (Madelrieux and Dedieu, submitted). Notably, in animal productions, tasks can be divided into daily tasks (which are repeated each day) such as feeding, and non daily tasks, some of them being flexible (they can be postponed within a period), others being rather inflexible (they have to be done at a predetermined moment (of the week, of the period). The periodical tasks of reproduction that we are studying in this paper refer to this last category.

Sampling and surveying the farms

Farmers and farms were selected according to four criteria that we assumed could highlight different reproduction management methods and/or different preferences about labour effectiveness and work load distribution. The criteria were 1/ number of sows in a farrowing batch (less or equal to 20 vs. more), 2/ number of employees on the farm (no employee, one partial or full time employee or several employees), 3/ number of farrowing batches in the herd (from 4 to 21, corresponding to intervals between farrowing batches of 5 to 1 week(s) respectively), and 4/ lactation length (21 or 28 days). Twenty-five farrowing-to-finishing pig

breeders from the main swine production area in France (Brittany) were selected in partnership with three producer groups between February and June 2006.

Survey contents – Technical Sow Herd Management System data

Surveys were semi-directed and approached 1/ farm history and characteristics, 2/ labour force and its distribution over the farm activities, and 3/ practices, protocols, procedures, working sessions and calendar over weeks during farrowing supervision, cross-fostering, weaning, oestrus detection and insemination. Technical data from TSHMS included all reproductive parameters (Table 1).

Table 1: Study sample farm characteristics and productivity criteria. Comparison with Technical Sow Herd Management System (Brittany data).

Items	Study sample		Brittany	
	Average	s.d.	Average	s.d.
Number of sows	306	226	210	157
Number of sows per batch	26.0	14.1	-	-
Number of AWU ^a affected to sows	1.65	1.13	-	-
Sows per AWU ^a	196	63.0	-	-
Piglets weaned per week per AWU ^a	88.1	32.6	-	-
Age of weaned piglets (days)	24.1	3.4	25.1	2.8
Piglets weaned per sow per year	28.0	1.7	26.2	2.4
Live born piglets per litter	13.1	0.5	12.5	0.8
Weaned piglets per litter	11.3	0.6	10.7	0.8
Piglet mortality (% of total born)	20.1	4.4	21.2	5.6
Age at first farrowing (days)	377	11.5	373	19
Weaning to Oestrus Interval (WOI) (days)	5.33	0.68	5.10	0.7
Weaning to Conception Interval (WCI) (days)	7.90	1.99	8.90	4.80
Fertility rate at first oestrus	87.3	6	85.1	10
Number of litters per culled sow	5.3	0.6	5.0	1.0
Age at culling (months)	34.3	3.1	34.2	5.3

^a AWU: Annual Work Unit

Management of collected data

The analysis used three types of variables: structural, practices and performances. Farmer practice data were categorised with the “knowledge formalisation” grid proposed by Girard *et al.* (2001) into “practical procedures modalities” referring to the technical themes cited above. This method taken from “knowledge engineering” consists in building “series of dichotomic attributes”, defined by extreme situations encountered in the studied cases and then to identify intermediate situations. (Fiorelli *et al.*, in press). Each practical procedure modality summarizes proximate chaining of elementary acts. For example, “Provide much help to piglets” includes drying the piglets, milking of sow in order to manually feed small piglets,

keeping piglets away from the sow until there are enough piglets born, and heating with UV lamps. The other modality “Provide some help to piglets” includes only drying the piglets and heating. Practical procedure modalities with implications on the number of working sessions within the day (“number of oestrus detection per day”) or their distribution over the week (“weaning in order to avoid insemination during weekend”) were identified to analyse the preferences about work load distribution.

Data analysis

Data analysis was performed in three steps with factorial analysis methods. These methods provide several factors built from active variables and describing their distribution. The first step aimed at studying the relationship between sow performance, herd productivity and labour effectiveness. The labour effectiveness could be estimated with the labour productivity (Tirel, 1989) which was calculated as the number of sows present in the herd divided by the number of equivalent full time worker (AWU criterion) declared by the farmer as being involved in the management of sows and piglets until weaning. The analysis consisted of a Principal Components Analysis method (**PCA**) (Escofier and Pagès, 1998) using the variables defined in table 1. The second step consisted of an analysis of farmers’ motivations concerning work load distribution. Variables shown in table 2 were used in a Correspondence Factorial Analysis (**CFA**) (Escofier and Pagès, 1998), which was followed by an ascendant hierarchical classification (**AHC**) in order to define classes of motivations.

Table 2: Working rhythm observed in the sample. Number of cases is shown in brackets.

Items	Modality A	Modality B	Modality C
Principal day of farrowing	Wednesday (7)	Wednesday / Thursday (9)	Thursday (9)
Weaning in order to avoid insemination during weekend	No (15)	Yes (10)	
Weaning in order to avoid farrowing during weekend	No (19)	Yes (6)	
Weaning in order to manage daily work time	No (20)	Yes (5)	
First day of oestrus detection	Friday (13)	Sunday evening (5)	Monday (7)
Do detections stop on a specific day in the week?	No (20)	Yes (5)	
Number of detection sessions per day	One (10)	Several (15)	
Number of detection sessions per week	1 to 7 (9)	8 or more (14)	
Number of detection and AI sessions per week	2 to 7 (5)	8 to 11 (10)	12 or more (8)
Change in working hours for farrowing supervision	None or few (14)	More than 12 hours of work some days (11)	

The last step consisted of an analysis of farmers' practices, which was performed using a Multiple Factorial Analysis (**MFA**) (Escofier and Pagès, 1998). The choice of MFA was made to allow analysis of relationships both within and between groups of active variables. This step was divided in three subparts: the first one focused on farrowing and cross fostering practices (Table 3) and the second on weaning, oestrus detection and insemination (Table 4). The third subpart included the four groups of active variables (Table 3 and 4). All the analyses performed at this step had also two groups of supplementary variables corresponding to variables used in step 1 and the classes resulting from step 2.

All analysis was made using SPAD v6.5 software (SPAD, 2006).

Table 3: Practices on farrowing and cross-fostering observed in the sample. Number of cases is shown in brackets.

Items	Modality A	Modality B	Modality C
Farrowing			
Pharmacological products	Few (8)	Many but few sows (8)	Intensive (9)
Help to piglets	Some (15)	Much (10)	
Manual assistance	Seldom (10)	Sometimes (8)	Frequently (4)
Anticipate farrowing difficulties	No (18)	Yes (7)	
Cross-fostering			
Hyperprolificity management	Within batch (8)	Between batches (9)	Several extra batch possibilities (7)
Number of piglets under gilts	Less than under sows (3)	Equal to sows (9)	More than under sows (13)
Cross-fostering within parity	No (19)	Yes (6)	
Reduce litter weight variability	No (8)	Yes, 1 litter of small piglets (8)	Yes for all litters (9)
Fostering / productive history	No (11)	Yes (14)	

Table 4: Practices on weaning, oestrus detection and insemination observed in the sample. Number of cases is shown in brackets.

Items	Modality A	Modality B	Modality C
Weaning and Oestrus detection			
Day of weaning	Wednesday (13)	Thursday (12)	
Type of weaning	All together (18)	Split weaning (4)	Sows and piglets move on different days (3)
Techniques to help oestrus	None (8)	Use pharmaceuticals (9)	Sows grouped after weaning (8)
Boar number for detection	One (14)	Several (11)	
Insemination			
Weekly modifications to protocol	None (8)	One (11)	Several (6)
Number of inseminations per sow per day	One (7)	One or two (12)	Two (6)
Distinction between gilts and sows	No (17)	Yes (8)	
Boars can mate	No (19)	Yes (6)	
Source of semen	Purchased (15)	On farm (10)	

Results

Step 1: Sow and labour productivity

The PCA identified three main factors that explained 31, 19 and 15 % of the variability. They are presented in Table 5. The first factor was related to the productivity of sows. It opposed the number of piglets weaned per sow per year to piglet mortality between birth and weaning. The second factor was related to sow fertility and opposed low fertility and low number of litters per culled sow on one hand to high fertility and high number of litters per culled sow on the other. The third factor was linked to labour productivity measured as the number of sows and piglets per AWU. These results showed no relationship between sow productivity, fertility and labour productivity.

Step 2: Work load distribution

The first three factors of the CFA explained 23, 17 and 14 % of the variability. They are presented in Table 5. The first factor was relative to the load of periodic tasks during a day. It opposed on the one hand practices with only one session of oestrus detection in a day, a limited number of insemination sessions in a week and little modification to working hours for farrowing supervision, and on the other hand, practices with two or more sessions of oestrus detection and insemination per day, and more working hours for farrowing supervision. The second factor mainly expressed options chosen by the farmers to avoid the occurrence of farrowing during the weekend. The third factor opposed practices on their capacity to limit oestrus detection and insemination activities during the weekend. Based on these factors, the AHC categorised farmers into four classes (Figure 2).

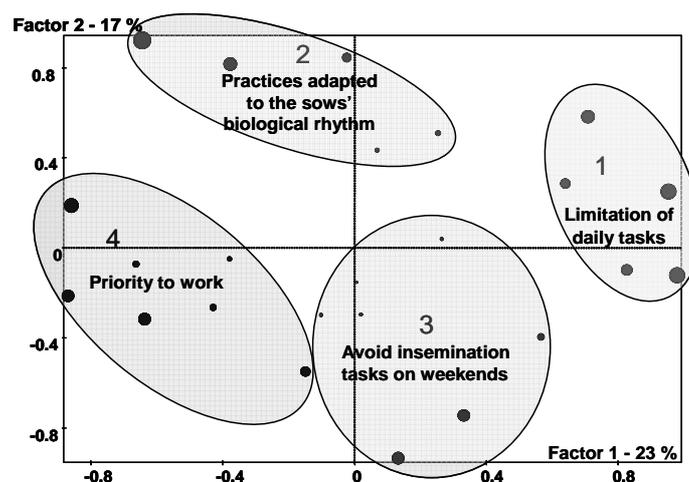


Figure 2 Distribution of farmers (circles) on factor 1 and 2 of the CFA on preferences about work load distribution. The size of each circle point represents how well the farmer is described by these factors. The classes issued from AHC are the numbered areas. Class definitions are written in the areas.

The first class was mainly defined on the first factor and was qualified as practices aiming at the “limiting the density of periodic tasks during the day” (summarised as “limitation of daily tasks” in Figure 2). The second class was mainly defined on the second factor and was qualified as “practices adapted to the sows’ biological rhythm”. The farmers started to detect oestrus on Sunday evening in order to be as precise as possible on the onset of oestrus. They also remained on the farm to supervise farrowing that were not induced by pharmacological products. The third class was mainly defined on the third and the second factor and was qualified as practices attempting to “avoid insemination tasks on weekends”. The last class was mainly defined on the first and second factor and corresponded to practices with many periodic working sessions per day (“priority to work that has to be done in order to achieve the prescribed tasks”) and practices attempting to avoid farrowing during the weekend. This

Step 3: Management of reproduction

Subpart a: Farrowing and cross-fostering

Practices performed at these working sessions could be associated on two factors which explained 16 and 15% of the variability. They are presented in Table 5. The first factor was relative to the frequency of interventions on animals. At one end of the axis, the analysis grouped frequent interventions on animals included frequent manual assistance and frequent use of pharmaceuticals and several possibilities for cross-fostering piglets including sows from other farrowing batches and artificial suckling machines. This set of practical procedures is positively correlated with the sow productivity ($R=0.53$). At the other end were grouped practices with minimal use of pharmacological products on sows and limited manual assistance during farrowing, fewer piglets under gilts, and cross-fostering within the batch with consideration for piglet weight. These procedures were linked to higher piglet mortality ($R=0.50$). The second factor established a gradient of interest towards piglet survival. On one side, we found practices that offer considerable help to new-born piglets and utilised multiple criteria methods for the cross-fostering of surplus piglets (in relation with weight of piglets, number homogeneity of the litter size and parity of the sow). This set of practices was related to high sow and labour productivity ($R=0.37$ and 0.58 respectively) and large farrowing batches. On the other side, practices providing only limited help to new-born piglets were found. They used simplified criteria for cross-fostering that occurred only within the batch and did not depend on parity status or on weight of piglets. These practices tend to be associated with higher piglet mortality ($R=0.12$). class is summarised as “priority to work” in the following text.

Table 5: Description by the modalities of each criterion of the two extremities of the factors identified at each analysis. The factors names (in bold) were given a posteriori. In step 1, the “X” sign indicates that the higher values for the criteria are related to the corresponding extremities of the factor.

	Factor 1		Factor 2		Factor 3	
Step 1: Sow and labour productivity	“Sow productivity”		“Sow fertility”		“Labour productivity”	
	Low	High	Low	High	Low	High
Piglet weaned / sow / year		X				
Piglet mortality between birth and weaning	X					
Farrowing rate				X		
Litters / culled sow				X		
Sow / AWU						X
Piglet weaned / week / AWU						X
Step 2: Work load distribution	“Daily workload”		“Farrowing & weekend”		“Insemination & weekend”	
	Limited	Priority to work	No matter	Avoid	No matter	Avoid
N° of oestrus detection / day	One	Several	-	-	-	-
N° of detection and insemination sessions / week	2 to 7	-	-	-	-	-
Change in working hours for farrowing supervision	Few	More	-	-	-	-
Principal day of farrowing	-	-	Thu	Wed / Thu	-	-
Weaning to avoid insemination during weekend	-	-	Yes	No	No	Yes
Weaning to avoid farrowing during weekend	-	-	No	Yes	-	-
First day of oestrus detection	-	-	-	Sun	Fri	Sun or Mon
Do oestrus detections stop in the week?	-	-	-	-	No	Yes
Step 3a: Around farrowing	“Frequency of interventions”		“Interest towards piglet survival”			
	Low	High	Little	High		
Pharmacological products	Few	Intensive	-	Few		
Help to piglets	-	-	Some	Much		
Manual assistance	-	Frequently	-	-		
Anticipate farrowing difficulties	No	Yes	No	Yes		
Hyperprolificity management	Within batch	Several extra batch possibilities	Within batch	Between batches		
N° of piglets under gilts compare to sows	Less	-	-	-		
Reduce litter weight variability	Yes, for all litters	Yes, 1 litter of small piglets	No	Yes, 1 litter of small piglets		
Step 3b: Around inseminations	“Adjustment of protocols”		“Focus”			
	WOI	Parity	Oestrus	Insemination		
Day of weaning	Thu	Wed	Thu	Wed		
Type of weaning	-	All together	Split	-		
Techniques to help oestrus	-	-	Grouping	Hormones		
Boar number for detection	One	Several	Several	One		
Weekly modifications to protocol	Several	None	-	-		
Number of inseminations per sow per day	1 or 2	-	1	2		
Distinction between gilts and sows	No	Yes	-	-		
Boars can mate	-	No	Yes	No		
Step 3c : Global analysis	“Adjustment of protocols”		“Interest towards piglet survival”		“Frequency of interventions”	
	WOI	Parity	Little	High	Low	High

Subpart b: Weaning, oestrus detection and inseminations

The variability was mainly described by two factors explaining 21 and 15% of the variability respectively. They are presented in Table 5. The first factor differentiated oestrus detection and the practical protocols of inseminations and their adjustment indicators. At one extremity, the analysis found a protocol that adjusts the procedures with respect to the weaning-to-oestrus interval. It was defined by i) several modifications of the insemination procedures (number of inseminations and number of hours between detection and inseminations) changing with the day, ii) moving sows and piglets on different days at weaning and iii) no differentiation in the management of gilts and sows. At the other extremity we found a management based on animal parity that uses different insemination procedures for gilts and sows, but without any modification within the week. This factor was not related to productivity or fertility of sows. The second factor opposed practices focused on oestrus detection and those focused on inseminations. Practices focused on oestrus detection concerned split weaning, constitution of groups of sows to facilitate the occurrence of oestrus and the use of more than one boar to detect oestrus. Practices optimised for insemination facilitated oestrus by pharmaceutical products, detected oestrus of sows with one boar and did two inseminations a day. This set of procedures was linked to higher values of weaning-to-oestrus and weaning-to-conception intervals ($R= 0.38$ and 0.42 respectively).

Subpart c: Synthetic analysis on reproduction management

The diversity in reproduction management was explained by three main factors identified by the MFA, contributing for 12, 11 and 10 % to explaining the variability. They are presented in Table 5. The first factor mainly concerned groups of variables about weaning, oestrus detection and insemination and could be interpreted as the first factor of the “subpart b” analysis. It mainly discriminated the management basis, either according to the weaning-to-oestrus interval (“day basis”) or to the parity of females. Work load distributions “trying to avoid inseminations on weekends” and “follow the sows’ biological rhythm” were close to the day-basis management whereas the management on the basis of female parity was linked to the “priority to work” modality (Figure 3). No relation was found with productivity data.

The second factor could be identified mainly as the second factor resulting from the “subpart a” analysis and established a gradient of interest towards piglet survival. In addition to the high interest in piglet survival, farmers more often used semen collected from their own boars to inseminate sows in oestrus twice per day. This set of practices was related to high labour

and sow productivity ($R=0.40$ and 0.43 respectively), and high fertility criteria ($R=0.34$). High interest in piglet survival was also linked to the “priority to work” modality and to the large farrowing batches. On the other hand, practices providing only limited help to new-born piglets were found. Semen bought from an AI centre was used more often while sows with delayed oestrus were mated by the boar. These practices tend to be associated with higher piglet mortality between birth and weaning ($R=0.17$).

The third factor was related to the first factor resulting from the “subpart a” analysis and translated the frequency of interventions on animals. Practices with frequent interventions on animals were related to split weaning and several modifications to insemination protocol during the week. This set of practices is positively correlated with sow productivity ($R=0.40$). Limited interventions on sows were correlated with a better fertility rate ($R=0.34$). This factor had no relation to work parameters.

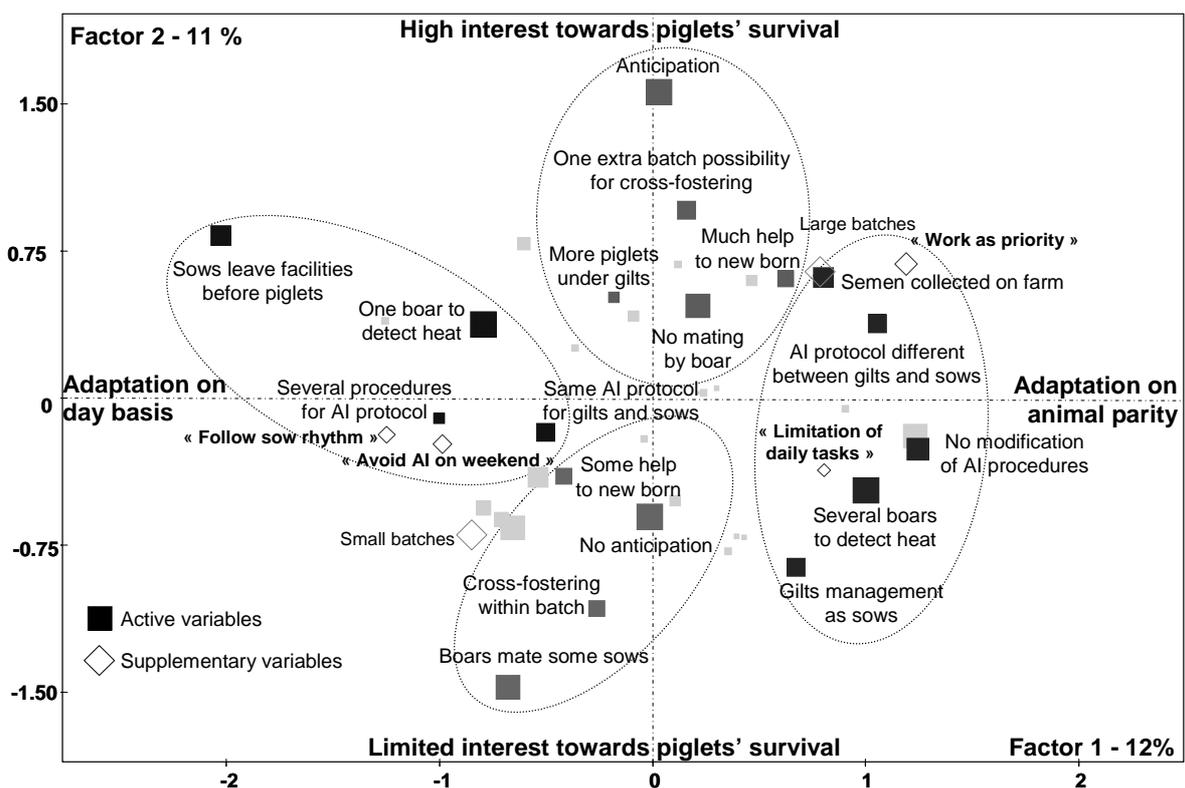


Figure 3: Distribution of reproduction management techniques on factor 1 and 2 of the MFA in step 3c. Shape size is related to its proximity to this factorial plan.

In conclusion, this analysis indicated:

- (i) Few links between practices in relation with insemination and practices in relation with farrowing. Farmers surveyed may achieve a day basis management for insemination protocol,

“high interest” procedures for piglet survival and low frequency of interventions for farrowing and cross fostering.

(ii) Referring to the preferences about work load distribution, the “priority to work” modality was related to frequent inseminations and considerable help to piglets, whereas “follow the sow biological rhythm” and “try to avoid insemination during weekend” modalities were only linked to the “day-basis management” of inseminations. The “low density of tasks per day” modality is not linked to these factors despite its position on Factor 1 and 2 (Figure 3).

(iii) The labour and the sow productivity as well as the large batch sizes were related to high level of help to sows and piglets during farrowing and cross-fostering.

Discussion

This work refers to the research on livestock farming systems which study the relationships between human objectives and constraints, farmer practices and herd operations and performances (Gibon *et al.*, 1999). One of the most used methods is the survey of farmers. But this method needs to take into account the sample studied and the quality of the data collected (Gibon, 1994). It is also necessary to comment the relation between practices and performances before discussing the results obtained.

Sample

To study the relationships between labour productivity, farmer practices and sow productivity, there was a need to obtain a sample of farms with high variability in these areas. Variability in the productivity per AWU is important and equivalent to that observed by Le Moan *et al.* (2005). The wide range of practices observed is also similar to that described in previous studies (Holyoake *et al.*, 1995; Orgeur *et al.*, 2000; Corrêa *et al.*, 2002). Variability in performances is slightly lower and mean values are higher in our sample than in the geographical area of study probably due to the selection of farmers carried out by the producer groups. Our study confirms that swine production, often perceived as uniform is in fact diverse as regards to farmer practices, concrete work and performances, in agreement with the studies on “farming styles” (Commandeur, 2003 and 2006).

Methodology and indicators

The validity of the AWU is always discussed because this unit underestimates the working time of farmers and notably its variability when farmers declare themselves as “full time”

workers (Lacroix and Molard, 1991). The present study analyses the work load of farmers, not the labour time, by self evaluation of weekly labour time. Although self evaluation of time repartition is not suitable to study the annual labour time, it provides pertinent information on weekly work distribution (Lacroix and Molard, 1991).

The study stresses the work load distribution of farmers. Though preferences about work load distribution are considered as a critical point to understand the changes that operate in livestock management (Dedieu *et al.* 2006), there is no simple method to characterize it. Our approach gives importance to the number of working sessions, to the tasks carried out during weekends and to the justifications given by the farmers to build, on the basis of the concrete practices data and the factorial analysis, the classes of preferences about work load distribution. This method is more approximate than monitoring the working activities system (Madelrieux *et al.*, 2006). It was performed on the sow reproduction unit only, excluding all the other parts of the farm and without consideration of the work load distribution between workers and its changes if one of them is missing (Hostiou *et al.*, 2007). Moreover, only the farm manager was surveyed and he answered for all the worker of the sow reproduction unit. So this is a partial view of a large field but it is the first attempt which allows us to stress the link between management, practices and work load distribution.

Practices and productivity

The analysis of practices also confirmed some of the relationships between practices and sow performances found in literature. Helping sows at farrowing (step 3a, factor 1) or helping piglets to survive (step 3a, factor 2) reduces piglet mortality, whereas accurate practices of oestrus detection improve the weaning-to-oestrus interval. In literature, Le Cozler *et al.* (2002) found a positive effect of farrowing supervision improving on the number of piglets born alive and Holyoake *et al.* (1995) and White *et al.* (1996) were able to decrease the mortality of piglets before weaning by improving the new-born management. The relationships between sow productivity and “help to sows” and “help to piglets” modalities (step 3a) suggest a cumulative effect of these practices on piglet survival. Despite its effect on sow productivity, not all farmers provide what was defined in the result section as considerable help to sows and piglets. This fact can be explained by diversity of the expectations about the farm and by the capacity to procure this help. Indeed, considerable help to piglets was often procured in large farrowing batches because farrowing supervision is facilitated and it is easier to apply improved cross-fostering techniques.

The effects of oestrus detection procedures described in step 3b – several boars for oestrus detection, grouping sows between weaning and oestrus detection and split weaning – on weaning-to-oestrus interval have been studied by Signoret *et al.* (1975), Schmidt *et al.* (1985) and Vesseur *et al.* (1997), respectively, and they found a reduction of the weaning-to-oestrus interval when these procedures were used. However the effect of grouping sows is not found in all studies (Kemp *et al.*, 2005). Moreover some farmers want to avoid early oestrus, for instance those who do not detect oestrus on weekends. These reasons could explain why these practices are not applied by all farmers.

First hypothesis: Is labour productivity related to specific practices and herd productivity?

The first step of the analysis highlights the independence between sow productivity and labour productivity in the reproduction unit. This means that farms with a high level of labour productivity can also have a high level of sow performances. This result agrees with Le Moan *et al.* (2005). There is also independence between sow productivity and sow fertility rate which means that despite a low fertility rate, some farmers obtain a good productivity of sows. This focuses on the diversity of possible managements to obtain the same results combining levels of fertility, oestrus – insemination interval, prolificacy and piglet mortality.

The third step of the analysis suggests a relationship between labour productivity and, batch size and reproduction practices, notably farrowing supervision and cross-fostering, which are related to the herd productivity. The relationships between these parameters can be partially explained by an economy of scale. Indeed the surveyed farmers frequently indicated that the farrowing supervision of a few sows needed as much time as the supervision of a much larger group. The possibilities of piglet cross-fostering are also more numerous in a large batch of sows and thus makes it possible to set up practices for improving the survival of piglets, resulting in an increase in sow productivity.

Second hypothesis: the pig farmers have various work preferences, especially when considering the work in odd hours and in weekends

The first factor of diversity in sow herd management strategies and operations is the batch management (number and size of the farrowing batches) which is associated with replacement management. This fact has been verified in the study sample (analysis not shown). The choice of number of farrowing batches composing the herd is argued by the distribution of the periodic tasks between weeks and by the labour force management. Some batch managements

(for example 4-week batch farrowing systems) have some weeks without periodic tasks enabling holidays to be taken, whereas 1-week batch farrowing systems have all the periodic tasks each week allowing specialisation of workers (Caugant, 2002) (Figure 1B). But our study indicates that the batch management is independent of the preferences about the work in odd hours and in weekends. At this level, our results make it possible to distinguish several preferences and are compliant with the tendencies observed in dairy farming (Cournut and Dedieu, 2005). The ways to adapt the work load distribution could include i) limiting the amount of periodic working sessions which is an indicator of daily intensity (the days these activities occur), ii) avoiding activities during the weekend, either insemination or farrowing supervision.

The data collected during the survey also allow the analysis of the relationships between preferences about work load distribution and labour force composition. It suggests that the preferences about spare time (by day or for the weekend) are more frequently associated with family farms whereas farms with several employees give the “priority to work”. It can be assumed that stockbreeders without employees having to work every day try to avoid periodic tasks during the weekend, such as farrowing supervision or insemination. The stockbreeders with employees can organise labour rotations and are then able to keep protocols that are more stable over time.

Third Hypothesis: preferences about work load distribution are related to practices, labour productivity and herd productivity

The results suggest a strong link between the preferences concerning spare time during the weekend and reproduction practices, especially at weaning, oestrus detection and insemination. The farmers that follow “the sow biological rhythm” manage their insemination protocol in agreement with scientific knowledge (the longer the weaning-to-oestrus interval, the shorter the interval between the onset of oestrus and ovulation, so the interval between two inseminations has to be reduced as weaning-to-oestrus interval increases - Kemp and Soede, 1996). This reproduction protocol is also often used by farmers trying to avoid insemination on weekends. When the first oestrus detection occurs on Monday morning the sows detected in oestrus may have been in oestrus for 0 to 48 hours. So they use a specific procedure of insemination for these sows that can be close to their ovulation onset and some other procedures for sows detected later in the week. The protocol with the animal parity criteria is coherent with the differentiation of oestrus profile between gilts and sows (Martinat-Botté *et al.*, 1995; Severink *et al.*, 1999). This type of management is associated

with large farrowing batch size and with farmers with the “priority to work” modality. Our hypothesis is that the high number of sows to inseminate involves a simple insemination protocol and distinction between gilts and sows is the easiest way to manage it.

According to the relationship observed between labour productivity and the practices around farrowing, these results show that classes of preferences about work load distribution and labour productivity do not depend on the same practices but each one is in relation with reproduction management.

Surprisingly, the number of interventions on sows and piglets at farrowing and for cross-fostering (third factor of the step 3c) does not depend on any modality of preferences about work load distribution, labour productivity or sow productivity. Two hypotheses can be made. The first supposes that the level of intervention is positively related to the occurrence of productivity problems in the farm. The second hypothesis is that this factor returns to another dimension of work: the meaning given by the farmer to his craft and his relation with the animals. Commandeur (2003) proposed a classification of the stockbreeders farming styles. She described the “craftsmanship” practices characterized on a techno-economic dimension by frequent interventions on their animals in order to obtain the best productivity and the “stockmanship” socio-economic approach that prefers to allow sows to follow nature’s course even if this results in lower productivity.

Conclusion

The reorganisation of labour, the pressure on competitiveness, the new values and norms that emerge in the farming communities are movements that not only affect the socio-economical component of livestock farming. They affect also the livestock management and notably the reproduction management of sow herd units. Our study confirms the diversity in what is often presented as an uniform world of production. Diversity of the reproduction management, diversity of work preferences form the entrepreneurial point of view (the efficient use of manpower is important) to some considerations on the liveability of the farming activities where weekend and preferences about daily work load must be taken into account in the management itself.

This study suggests that labour productivity was linked to the size of the farrowing batches through a scale economy. But this paper describes more the diversity in the operational achievement of reproduction management. It suggests that this management can be a critical point to consider when changes in preferences as to work load distribution occur and confirms

the relationship with sow productivity. The preferences about work load distribution were related to specific insemination protocols whereas sow productivity was mainly related to farrowing and cross-fostering management. These results have to be considered for operational support provided by producer groups. The work load distributions identified confirm that they are composed of different time scales (day and week) and that farmers can look at their work load distribution whereas others have work as their priority. These preferences do not influence the capacity of farmers to obtain high sow productivity. The last is in relation with farrowing management capacity that is partially linked to the size of the farrowing batches. Studying the way farmers with small batch size can improve their capacity to provide help to sows and piglets during farrowing with respect to the preferences about work load distribution could be a line for further investigations.

Acknowledgements

We wish to thank the farmers, pig producer groups (CECAB, Pigalys and LT) and their technicians (M. Herlédan, P. Rouxel, J. Lossouarn and B. Bernicot) for their kind collaboration and M. Commandeur, F. Casabianca (INRA Corte) and S. Cournut (Reper – Metafort) for their advices.

References

- Barthez, A., 1986. Du labeur paysan au métier d'agriculteur : l'élaboration statistique en agriculture. Cah. Econ. Sociol. rurales 3, 45-72.
- Caugant, A., 2002. La conduite en bandes en élevage porcin. EDE Bretagne & Chambres d'Agriculture de Bretagne, Rennes. 28pp.
- Commandeur, M., 2003. Styles of Pig Farming. PhD, Wageningen Univ. 400pp.
- Commandeur, M., 2006. Diversity of pig farming styles: understanding how it is structured. Neth. J. agric. Sci. 54, 111-127.
- Corrêa, M.N., Lucia, Jr.T., Afonso, J.A.B., Deschamps, J.C., 2002. Reproductive performance of early-weaned female swine according to their estrus profile and frequency of artificial insemination. Theriogenology 58, 103-112.

Cournut, S., Dedieu, B., 2005. Simplification des conduites d'élevage en bovins laitiers. Cah. Etudes Rech. francoph., Agric. 14, 541-547.

Dedieu, B., Servièrre, G., Madelrieux, S., Dobremez, L., Cournut, S., 2006. Comment appréhender conjointement les changements techniques et les changements du travail en élevage ? Cah. Etudes Rech. francoph., Agric. 15, 506-513.

Escofier, B., Pagès, J., 1998. Analyses factorielles simples et multiples, 3rd edition. Editions Dunod, Paris. 284pp.

Fiorelli, C., Dedieu, B., Pailleux, J.Y., in press. Explaining diversity of livestock farming management strategies of multiple-job-holders: importance of level of production objectives and role of farming in the household. *Animal*.

Gibon, A., 1994. Dispositifs pour l'étude des systèmes d'élevage en ferme. In: Gibon, A., Flamant, J.C. (Eds.), *The Study of Livestock Farming Systems in A Research and Development Framework*. EAAP Publication, Vol. 63, Wageningen Pers, Wageningen, pp.410-422.

Gibon, A., Sibbald, A.R., Flamant, J.C., Lhoste, P., Revilla, R., Rubino, R., Sørensen, J.T., 1999. Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. *Livest. Prod. Sci.* 61, 121-137.

Girard, N., Bellon, S., Huber, B., Lardon, S., Moulin, C-H., Osty, P., 2001. Categorising combinations of farmers' land use practices: an approach based on examples of sheep farms in the south of France. *Agronomie* 21, 435-459.

Guillaumin, A., Kling-Eveillard, F., Marty, M., 2004. Attentes des éleveurs laitiers d'Aquitaine en matière de qualité de vie et de conditions de travail. *Rencontres Rech. Ruminants* 11, 208.

Holyoake, P.K., Dial, G., Trigg, T., King, V.L., 1995. Reducing Pig Mortality through Supervision During the Perinatal Period. *J. anim. Sci.* 73, 3543-3551.

Hostiou, N., Dedieu, B., Pailleux, J-Y., 2007. Le salariat en élevage porcin et les régulations du travail. *Journ. Rech. porc. Fr.* 39, 193-198.

Jean, N., Lacroix, A., Maamoun, M., Mollard, A., 1988. Durée et intensité du travail des agriculteurs dans la crise économique. Actes Commun., Econ. Soc. rurales, INRA 3, 45-82.

Kemp, B., Soede, N.M., 1996. Relationship of weaning-to-estrus interval to timing of ovulation and fertilization in sows. J. anim. Sci. 74, 944-949.

Kemp, B., Soede, N.M., Langendijk, P., 2005. Effects of boar contact and housing conditions on estrus expression in sows. Theriogenology 63, 643-656.

Lacroix, A., Mollard, A., 1991. Mesurer le travail agricole. De l'enregistrement à la reconstitution analytique. Cah. Econ. Sociol. rurales 20, 27-46.

Le Borgne, M., Lebris, B., Quillien, J.-P., 1994. Temps de travaux : enquête dans 89 ateliers porcins de Bretagne. EDE Bretagne & Chambres d'Agriculture de Bretagne, Rennes. 30pp.

Le Cozler, Y., Guyomarc'h, C., Pichodo, X., Quinio, P.-Y., Pellois, H., 2002. Factors associated with stillborn and mummified piglets in high-prolific sows. Anim. Res. 51, 261-268.

Le Moan, L., Quinio, P.-Y., Le Cozler, Y., Donet, P., Sallard, R., Bartolomeu, D., Le Borgne, M., 2005. Know-how and working organization in pig farming. In: Bonneau, M., Bourgoin, M., Bonneau, A., Bitteur, A. (Eds.), International Workshop on Green Pork Production, INRA and Agrocampus Rennes, Rennes, pp. 153-154.

Leplat, J., 1994. Collective activity in work: some ways of research. Trav. hum., 57, 209-226.

Madelrieux, S., Dedieu, B., submitted. Qualification and assessment of work organization in livestock farms.

Madelrieux, S., Dedieu, B., Dobremez, L., 2006. ATELAGE : un modèle pour qualifier l'organisation du travail dans les exploitations d'élevage. Prod. anim., 19, 47-58.

Martinat-Botte, F., Bariteau, F., Forgerit, Y., Macar, C., Poirier, P., Terqui, M., 1995. Synchronization of oestrus in gilts with altrenogest: effects on ovulation rate and foetal survival. Anim. Reprod. Sci. 39, 267-274.

Orgeur, P., Salaun, C., Roux, T., Venturi, E., Dividich, J., 2000. L'adoption et le sevrage ultra – précoce : une stratégie pour élever les porcelets en surnombre. Journ. Rech. porc. Fr. 32, 143-149.

Schmidt, W.E., Stevenson, J.S., Davis, D.L., 1985. Reproductive traits of sows penned individually or in groups until 35 days after breeding. J. anim. Sci. 60, 755-759.

Signoret, J., Baldwin, B.A., Fraser, D., Hafez, E.S.E., 1975. The behaviour of swine. In: Hafez, E.S.E. (ed.), The behaviour of domestic animals. Baillière Tindall, London, pp. 295-329.

SPAD, 2006. SPAD: Software for Data Mining, Data Analysis and Text Mining. 6.5 Release. SPAD: Paris. (www.spad.eu)

Steverink, D.W.B., Soede, N.M., Groenland, G.J.R., van Schie, F.W., Noordhuizen, J.P.T.M., Kemp, B., 1999. Duration of Estrus in Relation to reproduction Results in Pings on Commercial Farms. J. anim. Sci. 77, 801-809.

Tirel, J.C., 1989. Extensification ? Intensifications ? Quelle productivité pour l'agriculture ? Cr. Acad. Agric. 75(2), 19-36.

White, K.R., Anderson, D.M., Bate, L.A., 1996. Increasing piglet survival through an improved farrowing management protocol. Can. J. anim. Sci. 76, 491-495.

4.2. Les relations entre les pratiques de renouvellement et de réforme et les attentes de l'éleveur.

Afin d'évaluer les relations entre les pratiques de renouvellement - réforme et les attentes de l'éleveur, nous avons réalisé le même protocole d'analyse que celui décrit dans l'article précédent, c'est-à-dire une analyse multifactorielle avec comme variables actives les variables concernant le renouvellement, la réforme et l'ajustement entre les deux (Tableaux III.5 à III.7), et en variables explicatives les classes d'attentes de rythme de travail, les données structurelles de l'élevage, le type de conduite en bandes et les données de productivité du travail et des animaux.

Ceci a permis d'identifier deux axes représentant respectivement 16 et 14% de la variabilité. Le premier axe provient principalement des groupes de variables concernant l'interaction entre renouvellement et réforme (49%) et les choix de renouvellement (36%). **Cet axe représente la flexibilité des effectifs de chaque bande.** Ainsi il oppose les éleveurs principalement en fonction de leur mode de gestion des effectifs : par les cochettes d'une part et par les truies d'autre part. D'un côté nous retrouvons les techniques d'ajustement à un sous-effectif par l'insertion de cochettes, associées à une recherche de cochettes au sein de l'élevage, à l'utilisation de Régumate® et au changement de multiplicateur en cas de soucis de livraison. Le nombre de cochettes livrées est adapté en fonction des besoins et une livraison de cochettes sert pour deux bandes. Cette partie de l'axe est fortement associée aux variables supplémentaires relatives à une conduite en 7 bandes et à une mise à la reproduction plus tardive des cochettes. Situées à l'opposé sur ce premier axe, nous retrouvons les pratiques d'ajustement à un sous-effectif par une gestion des truies, à savoir des changements de bandes ou des réformes retardées. Les cochettes livrées sont utilisées pour trois bandes ou plus et le Régumate® n'est pas employé de façon systématique. Cette partie de l'axe est également associée à la prise en compte du nombre de porcelets nés vivants dans les critères de réforme. Cette situation est associée aux variables supplémentaires relatives à une conduite avec plus de 7 bandes, des ISO et des ISSF allongés et un taux de renouvellement plus important.

Le deuxième axe provient à la fois du groupe de variables lié à la réforme et du groupe de variables lié au renouvellement (40% chacun). **Cet axe représente le risque accepté par l'éleveur vis-à-vis du nombre de truies à la mise bas.** D'un côté de l'axe la réforme a lieu principalement au moment du sevrage, sur des critères tenant compte de la carrière de la truie

et du nombre de porcelets mort-nés. En cas de sureffectif les truies supplémentaires sont conservées grâce à la mise en place de pratiques annexes permettant de libérer des places pour les loger. Cette partie de l'axe est associée à la variable supplémentaire relative aux conduites avec moins de 7 bandes. On peut lier ces pratiques à l'acceptation du risque d'avoir un nombre de truies à la mise bas inférieur à l'objectif. De l'autre côté de l'axe, les réformes sont réalisées principalement au moment de l'échographie sans adaptation du nombre de cochettes livrées. Les truies surnuméraires sont vendues en cas de sureffectif. Ces pratiques correspondent à une prise de risque minimisée vis-à-vis du nombre de truies présentes à la mise bas. L'intervalle entre l'entrée dans l'élevage et la première insémination, ainsi que celui entre le sevrage et la réforme sont augmentés avec les pratiques de cette partie de l'axe.

La classification ascendante hiérarchique fait ressortir 3 groupes d'élevages. Dans le premier groupe les effectifs sont gérés via l'introduction des cochettes et il s'agit surtout d'élevages conduits en 7 bandes. Dans le second groupe un lot de cochettes est acheté par bande, les réformes ont lieu surtout au sevrage et en cas de sureffectif les truies sont conservées dans la bande. Ce groupe est associé à des élevages avec moins de 7 bandes. Enfin le dernier groupe gère les effectifs par le biais des truies en production et le renouvellement est réalisé sans utiliser de Régumate®. Il est associé à des élevages avec plus de 7 bandes.

En conclusion, cette analyse nous a permis de mettre en évidence deux dimensions indépendantes de gestion des effectifs. La première concerne la flexibilité dans les effectifs de chaque bande (ajustement en cas d'aléa) tandis que la seconde concerne le risque accepté par l'éleveur vis-à-vis du nombre de truies à la mise bas.

Les combinaisons de pratiques de renouvellement – réforme et d'ajustement des effectifs sont liées aux conduites en bandes, comme le montre la classification ascendante hiérarchique. Ainsi les élevages conduits en plus de 7 bandes ont des pratiques permettant d'ajuster le nombre de truies par bande grâce aux transferts des truies entre bandes. Les élevages conduits en 7 bandes ne laissent que peu varier les effectifs des différentes bandes en utilisant des entrées programmées et fixes de cochettes pour maintenir ces effectifs. En cas de problème d'approvisionnement ces éleveurs font appel à un autre multiplicateur ou prélèvent des cochettes dans leur propre élevage d'engraissement. Enfin les éleveurs conduisant leur troupeau avec moins de 7 bandes prennent plus de risques que les autres éleveurs vis-à-vis du nombre de truies à la mise bas dans la mesure où ils réforment les truies dès le sevrage et ne peuvent donc pas être certains d'atteindre le nombre de truie visé à la mise bas. Ce résultat est

d'autant plus surprenant que la gestion des truies en chaleur après une insémination est délicate dans ces conduites et nous aurions donc pensé que ces éleveurs seraient enclins à ne réformer les truies qu'au moment de l'échographie.

5. Conclusion

Cette étude sur les pratiques des éleveurs a permis de répondre aux interrogations des experts en apportant à la fois des éléments sur la diversité des pratiques, sur la variabilité des objectifs des éleveurs et sur le lien entre ces objectifs et les pratiques mises en œuvre. Ces données nous seront utiles pour représenter dans le modèle des ensembles de pratiques cohérents. Trois critères principaux semblent orienter les pratiques. Le premier critère correspond aux attentes de rythme hebdomadaire de travail et influence principalement les pratiques autour de l'insémination. Le second critère correspond aux attentes de productivité des animaux et affecte principalement les pratiques autour de la mise bas. Enfin le troisième critère correspond au nombre de bandes dans le troupeau qui modifie les pratiques de renouvellement et de réforme.

Au final, les attentes concernant la productivité du travail sont principalement liées à la taille des bandes et n'ont pas d'influence apparente sur les pratiques. Nous pouvons tout de même retenir que pour des troupeaux de même taille, la productivité du travail diminue avec l'augmentation du nombre de bandes. De même, il n'y a pas de lien apparent entre le choix d'une conduite en bandes et les modalités de mise en œuvre des pratiques de reproduction (sevrage, détection des chaleurs, IA). Ainsi, le rythme de travail permis par le nombre de bandes (et les intervalles entre bandes) ne détermine pas la façon dont les éleveurs cherchent à ajuster certaines pratiques pour alléger leur travail au jour le jour ou en vue de week-end.

La recherche d'un haut niveau de productivité numérique à l'échelle du troupeau fait quant à elle référence le plus souvent au choix de la durée de lactation pour son influence sur la vitesse d'enchaînement des cycles de reproduction des truies ou aux facteurs jouant sur la prolificité par cycle. Notre enquête suggère enfin un autre type d'attente des éleveurs que l'on retrouve en s'intéressant également aux pratiques autour de la mise bas et qui concerne les attentes vis-à-vis du métier d'éleveur de porc. Ces attentes sont difficiles à décrire mais demeurent au cœur des compétences d'animalier en élevage naisseur (Nicourt, 2007).

Chapitre IV
Analyse de la base de données
« Gestion Technique des Troupeaux de Truies »
(GTTT)

1. Introduction

Suite à la réunion d'experts évaluant les sorties du modèle MaProSH, nous avons mis en place une collaboration avec l'IFIP afin d'analyser la base de données de la Gestion Technique des Troupeaux de Truies (GTTT) qui regroupe les résultats portés par portée de toutes les truies présentes dans plus de 3000 élevages (Chapitre I). L'analyse de cette base suivait deux objectifs. Le premier était d'acquérir des références techniques (productivité des truies, productivité des élevages et démographie des troupeaux) pour chaque combinaison « nombre de bandes » x « durée de lactation de l'élevage » (synthétisée par le terme « conduite » dans la suite du texte) afin de disposer de données pour valider de façon plus approfondie le modèle MaProSH. En effet, actuellement, les comparaisons entre conduites discutées au chapitre II s'appuient sur le fonctionnement théorique de chaque conduite, sans qu'il soit possible d'apporter des éléments pour confirmer les effets simulés avec le modèle. Le second objectif de l'analyse de la GTTT était de répondre à la troisième question identifiée lors de la réunion d'experts : évaluer l'effet de la carrière des femelles sur leurs performances. En effet, aucune analyse de l'interaction entre la conduite en bande et l'évolution du rang de portée n'a encore été réalisée et le modèle MaProSH fait donc évoluer de la même façon la productivité des truies quel que soit le type de conduite.

Par ailleurs, comme nous l'avons indiqué dans le chapitre I, la productivité des truies en élevage n'est pas seulement déterminée par leur rang de portée et la conduite. Ainsi, concernant la prolificité des truies, nous avons relevé dans la bibliographie des effets de la lactation précédente (Xue *et al.*, 1993 ; Le Cozler *et al.*, 1997 ; Costa *et al.*, 2004), de la durée de l'ISO (Dewey *et al.*, 1994 ; Vesseur *et al.*, 1994a ; Le Cozler *et al.*, 1997) et la prolificité précédente (Legault, 1977 ; Le Cozler *et al.*, 1997). En dehors de l'effet du rang de portée, les études sur les facteurs influençant la fertilité se sont principalement focalisées sur la durée de l'ISO (Vesseur *et al.*, 1994a ; Koketsu *et al.*, 1997 ; Steverink *et al.*, 1999 ; Corrêa *et al.*, 2002) et la durée de la lactation (Koketsu *et al.*, 1997 ; Tummaruk *et al.*, 2000b ; Corrêa *et al.*, 2002). Mais ces études datent en moyenne de 10 ans, alors que l'évolution génétique a permis d'améliorer la prolificité des truies de 1,7 porcelets nés totaux durant ce laps de temps (GTTT de 1997 à 2006, IFIP 2007). Cette évolution rapide des performances zootechniques des truies nécessite de réactualiser ces relations entre critères de productivité avant de les intégrer dans le modèle pour améliorer la représentation des animaux.

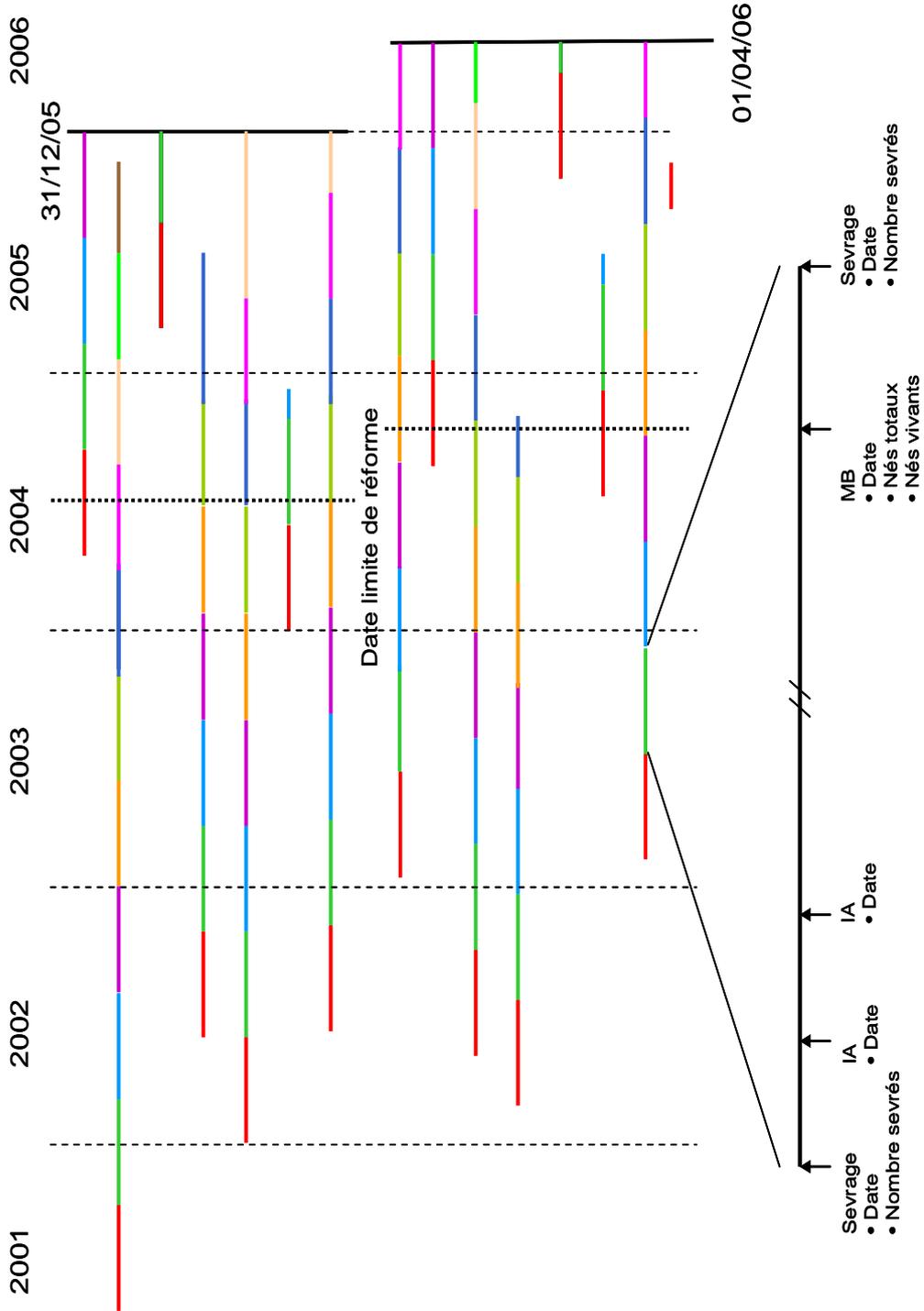


Figure IV.1 : Exemple de carrières enregistrées dans la Gestion Techniques des Troupeaux de Truies dans deux élevages. L'élevage du haut a envoyé ses dernières informations le 31/12/2005, celui du bas le 01/04/2006. Chaque ligne représente une truie et chaque couleur une portée.

Enfin, nos enquêtes en élevage suggèrent que le nombre de porcelets nés vivants est aussi influencé par les rythmes de travail et les procédures de suivi des événements de reproduction qui leurs sont associés. Tous les éleveurs s'accordent en effet pour dire que la surveillance des mises bas permet de diminuer le nombre de porcelets mort-nés (chapitre III). D'autre part les pratiques de détections d'œstrus peuvent différer entre les élevages et par exemple ne commencer que le lundi qui suit le sevrage afin de libérer le week-end pour d'autres activités, ce qui peut induire un décalage entre le début de l'œstrus et sa détection par l'éleveur. Nous émettons alors l'hypothèse que certains critères (taux de mort-nés, fertilité, ISO, ...) peuvent être dépendants du jour de la semaine où survient la mise bas, l'insémination ou le sevrage. Les résultats de ces analyses permettront de prendre en compte l'histoire productive de chaque truie pour déterminer sa prolificité et sa fertilité à un rang de portée particulier.

2. Matériel et méthodes

2.1. Données utilisées

Le programme National de Gestion Technique des Troupeaux de Truies (GT TT) est basé sur l'enregistrement pour chaque truie et à chaque portée, des dates d'insémination, de mise bas et de sevrage ainsi que des performances productives (nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés) (Figure IV.1). Des données sur la date de naissance et de réforme des truies sont également enregistrées. L'échantillon initial est constitué du suivi de carrière des truies présentes ou réformées depuis moins de 18 mois au 01/04/2006 ou au 31/12/2005 selon les élevages (Figure IV.1). L'ensemble des données obtenues représentait environ 4 millions de portées dont plus de 900000 premières portées réparties dans 3618 élevages.

2.2. Sélection des données

Une première analyse a permis de mettre en évidence qu'un certain nombre d'éleveurs ne remplissent pas systématiquement toutes les informations ou les remplissent de façon erronée. Il a donc fallu réaliser un nettoyage de la base de données selon un certain nombre de critères décrits ci-après (section 2.2.1). De plus, pour notre étude, il était important de pouvoir identifier pour chaque élevage la conduite en bandes et la durée de lactation et de vérifier qu'elle n'avait pas changé au cours de la période d'étude. Les élevages ayant changé de conduite ou ayant une conduite instable ou mal définie sont repérés et retirés de l'étude (section 2.2.2). Enfin, afin d'avoir un nombre suffisant de données par élevage, nous

éliminerons les élevages avec trop peu d'enregistrements selon les modalités décrites dans la section 2.2.3. Après avoir sélectionné les élevages, une sélection des truies est aussi effectuée, car il reste des données aberrantes ou que nous ne souhaitons pas analyser. Cette étape est décrite dans la section 2.2.4. Ces sélections successives sont résumées sur la Figure IV.2.

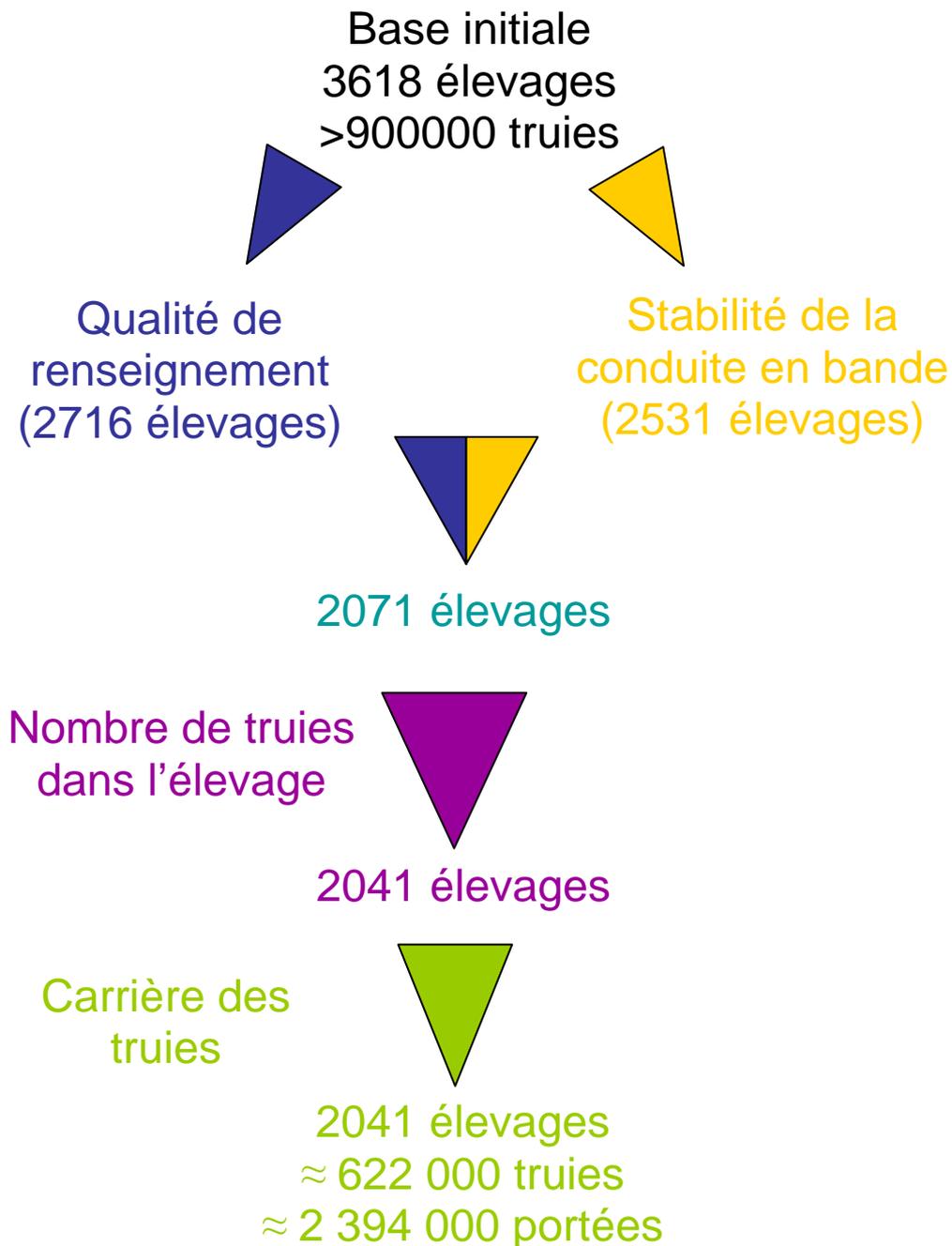


Figure IV.2 : Etapes de sélection des élevages et des truies de la base de données de la Gestion Technique des Troupeaux de Truies

2.2.1. Qualité des renseignements

La sélection sur la base de la qualité des renseignements permet de conserver 75% des élevages (2716). Cette sélection est basée sur la qualité de renseignement des inséminations et de la prolificité.

a. Sur les inséminations

Pour mesurer la qualité de renseignement des actes d'insémination nous passons par le biais de trois indicateurs.

Le premier indicateur concerne la durée moyenne de l'intervalle sevrage première saillie (nommé abusivement intervalle sevrage œstrus ou « ISO »). Une durée moyenne trop élevée (par exemple supérieure à 8 jours) a de fortes chances de correspondre à un éleveur qui ne renseigne que les saillies fécondantes. Ces élevages sont donc ôtés de l'étude.

Le second indicateur concerne la durée de gestation (calculée comme étant l'intervalle entre la dernière IA et la date de mise bas). Les durées supérieures à 122 jours indiquent vraisemblablement un défaut d'enregistrement des inséminations (une seule IA notée alors que la truie est revenue en chaleur et a été réinséminée). Les élevages avec plus de 5% de durées de gestation trop longues sont ôtés de l'étude.

Le troisième indicateur évalue la fréquence de notation des inséminations en comptabilisant le nombre de mises bas enregistrées sans qu'il y ait d'information sur l'insémination. Un taux de notation inférieur à 70% conduit à supprimer l'élevage de l'étude.

b. Sur la prolificité

La qualité de renseignement de la prolificité est évaluée par le nombre moyen de porcelets mort-nés par portée. Si ce nombre est inférieur à 0,2 nous considérons que l'éleveur ne renseigne que le nombre de nés vivants et sera donc exclu de l'étude. En effet le nombre de porcelets mort-nés est en moyenne de 0,7 par portée selon Le Cozler *et al.* (2001).

2.2.2. Stabilité de la conduite

a. Détermination de la conduite

Nous avons défini « la conduite » comme étant la combinaison du nombre de bandes et de la durée de lactation. Ces deux informations n'étant pas disponibles dans la GTTT, nous les avons déterminées en examinant le rythme d'apparition des différents événements pour chaque élevage.

La durée de lactation est calculée pour chaque truie et chaque portée par différence entre les dates de sevrage et de mise bas. Ensuite, pour chaque élevage, nous calculons le mode de cette durée et l'associons à une durée de lactation théorique de 21 ou de 28 jours.

Le nombre de bandes est obtenu à partir de l'intervalle entre deux sevrages principaux. Nous définissons un sevrage « principal » par rapport au nombre moyen de truies ayant leur portée sevrée (contracté en « truies sevrées » dans la suite du texte) un jour de sevrage. Par exemple si un élevage sèvre 1 truie le mardi, 4 le mercredi, 20 le jeudi puis 25 le jeudi suivant, le nombre moyen de truies sevrées par jour de sevrage = $50/4 = 12,5$. Un sevrage est défini comme principal si le nombre de truies sevrées ce jour là est supérieur à 60% de la moyenne (soit dans notre exemple: $12,5 \times 0,6 = 7,5$ truies). Une certaine fluctuation dans la taille des bandes est observée ce qui oblige à une certaine souplesse dans la définition du « sevrage principal ». Dans l'exemple exposé plus haut et avec notre définition, il est donc retenu 2 sevrages principaux, les deux jeudi. Il suffit ensuite de calculer l'intervalle de temps entre deux sevrages principaux consécutifs (iSev ; dans l'exemple précédent, 7 jours) ainsi que le mode de ces intervalles (durée la plus fréquente entre deux sevrages principaux). Ce mode est associé à un nombre de bandes en se basant sur les intervalles théoriques entre deux sevrages successifs (Tableau IV.1).

Tableau IV.1 : Nombre de bandes en fonction de la durée théorique de l'intervalle entre deux sevrages (iSev)

iSev (jours)	7	14	21	28	35	42
Nombre de bandes	20 ou 21	10	7	5	4	3

b. Sélection des élevages ayant une conduite stabilisée

Dans cette étude, nous nous intéressons aux relations entre les performances zootechniques des truies et la conduite de l'élevage. Il est donc important de ne conserver que les élevages qui ont gardé la même conduite sur toute la période de suivi GTTT. Ceci est réalisé en vérifiant que la durée de lactation et le nombre de bandes identifiés précédemment restent stables. Pour ce faire, nous évaluons la proportion de durées de lactation et d'iSev compris dans l'intervalle « durée théorique + ou - 2 jours ». Les élevages avec moins de 70% des iSev et 70% des durées de lactation compris dans l'intervalle ne sont pas conservés. De même si le mode est trop éloigné de la moyenne ($|\text{mode} - \text{moyenne}| > 3$), l'élevage est exclu de l'analyse, ceci pouvant être la conséquence d'un changement de conduite en cours d'étude.

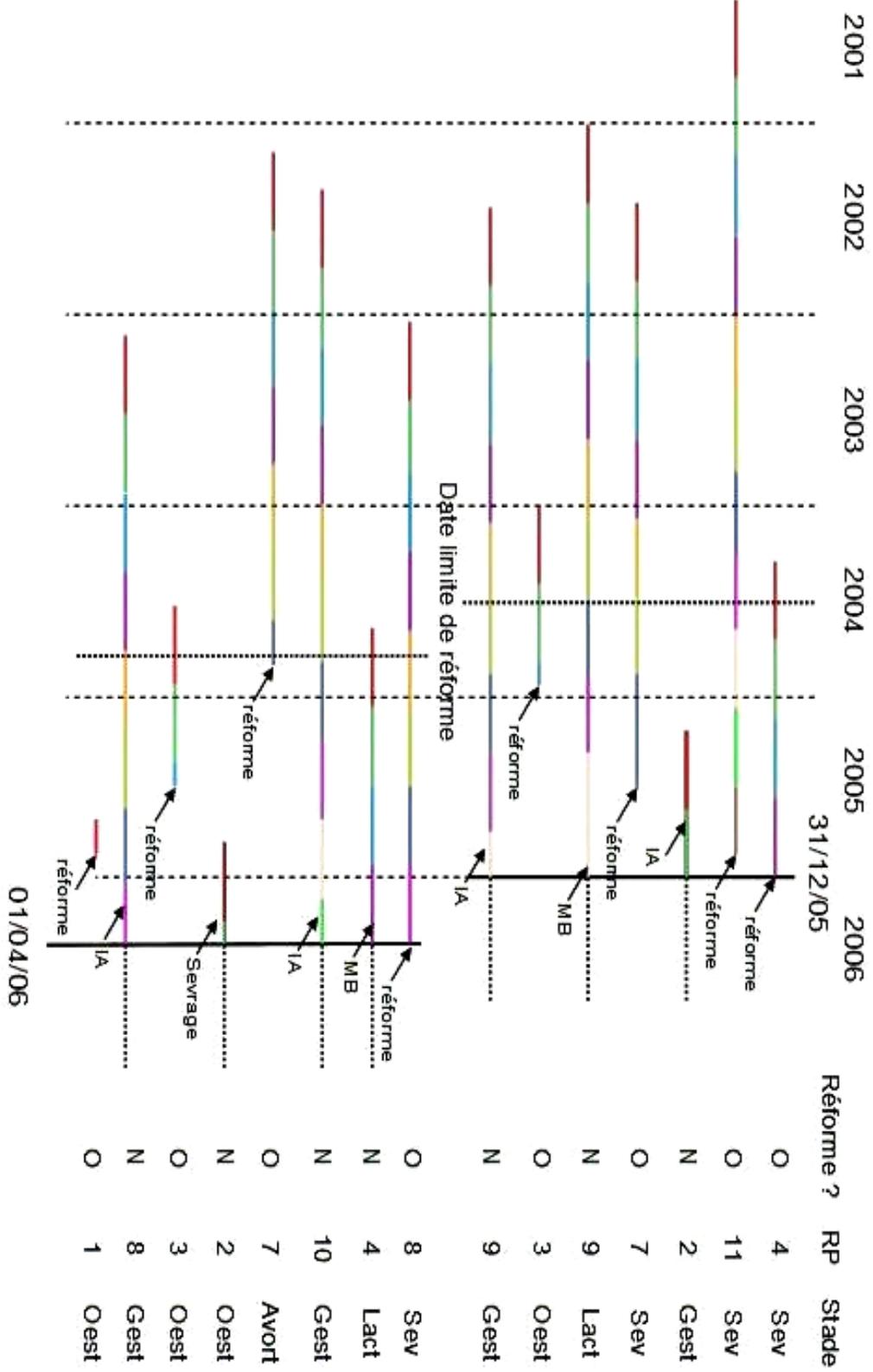


Figure IV.3 : Dernières données enregistrées au moment du dernier envoi d'information. La truie peut être réformée (oui ou non), son rang de portée est variable et son stade dans le cycle aussi (sevrage, gestation, lactation, avortement, œstrus).

Environ 70% des élevages sont conservés selon ces critères (2531 élevages). En prenant en compte simultanément les critères de conduite et de qualité de renseignement, l'étude conserve 57% des élevages (2071/3618).

2.2.3. Le nombre de truies productives par élevage

Le nombre de truies productives au sein de l'élevage au moment de la fin d'enregistrement des données est facilement accessible : ce sont toutes les truies qui n'ont pas encore été réformées. En effet, dès qu'une truie est réformée, la date de réforme est notée dans la base et correspond donc à la dernière date disponible pour cette truie (Figure IV.3). Les autres truies sont à des stades plus ou moins avancés du cycle productif (œstrus, gestation, lactation). Mais cette méthode permet seulement d'obtenir un nombre « instantané » de truies et intègre les cochettes présentes en quarantaine. Afin d'obtenir un nombre moyen de truies productives par élevage nous utilisons donc une autre méthode se basant sur le nombre de mises bas observées au cours d'une période de référence. Nous calculons ainsi le nombre de mises bas et l'intervalle de temps entre le 01 janvier 2004 et la dernière mise bas enregistrée. Le nombre cumulé de mises bas sur la période est ramené à une période d'un an en le divisant par la durée d'observation. Le nombre de mises bas par an représente le nombre de truies productives dans l'élevage multiplié par le nombre de mises bas par truie et par an. Nous obtenons donc le nombre de truies productives par élevage en divisant le nombre de mises bas par an par le nombre de mises bas par truie et par an. Enfin, le nombre de truies par bandes est obtenu en divisant le nombre de truies productives dans l'élevage par le nombre de bandes précédemment identifié. Seuls les élevages avec au moins 5 truies par bande sont conservés. Après cette étape il reste 2041 élevages dans la base.

2.2.4. La sélection des données au niveau de chaque truie

Les sélections précédentes ont permis de conserver des élevages avec plus de 5 truies par bande, une bonne qualité de renseignement et une conduite stable, mais cela ne veut pas dire que ces élevages donnent des renseignements parfaits à 100%. Il subsiste notamment des ISO et ISSF anormalement longs (respectivement de plus de 31 jours et de plus de 60 jours) ou courts (ISO ou ISSF inférieur à 0)

Ainsi, les données pour lesquelles l'ISO est inférieur à 0 ou supérieur à 31 (1,05% des données) ou l'ISSF est inférieur à 0 ou supérieur à 60 (1,45% des données) sont supprimées, de même que toutes les données pour les rangs de portée (RP) supérieurs à 9 (1,4% des données réparties sur les RP de 10 à 20) pour des raisons de simplification.

Après toutes ces phases de sélection, la base finalement utilisée pour les analyses contient 2 394 356 portées, représentant 622 396 truies dans 2 041 élevages.

2.3. Analyses statistiques

2.3.1. *Influence de la conduite (nombre de bandes, durée de lactation) sur les performances zootechniques.*

Différentes analyses sont réalisées selon que les performances concernent les truies, le troupeau ou la démographie du troupeau. Les performances zootechniques des truies (ISO, taux de fertilité, ISSF, effectifs de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés par portée, durée de lactation et durée du cycle de production) sont analysées par analyse de variance (SAS Institute, v8.01, 2000) en prenant comme facteurs explicatifs le nombre de bandes (B: 4, 5, 7, 10, 20 et 21), la durée de lactation (L: 21 ou 28 jours) et l'élevage d'origine (E: 2041 élevages) intra nombre de bandes x durée de lactation. Les effets du nombre de bandes, de la durée de lactation et de leur interaction sont testés par rapport à la variabilité inter élevage. Le modèle utilisé est :

$$Y_{i,j,k} = \alpha + B_i + L_j + (BL)_{ij} + E_k(BL) + \varepsilon_{i,j,k} \quad (1)$$

où Y correspond aux différentes performances zootechniques, B_i correspond à l'effet du nombre de bandes, L_j concerne l'effet de la durée de lactation, $(BL)_{ij}$ correspond à l'interaction entre le nombre de bandes et la durée de lactation, $E_k(BL)$ modélise l'effet de l'élevage intra nombre de bandes x durée de lactation et enfin $\varepsilon_{i,j,k}$ est l'erreur résiduelle du modèle.

Les résultats zootechniques du troupeau sont déterminés au niveau de l'élevage en tenant compte de l'intervalle entre l'entrée dans l'élevage et la première insémination et de l'intervalle entre le dernier sevrage et la réforme afin de calculer le critère de productivité numérique par truie productive et par truie présente (cf. chapitre I). Le modèle d'analyse de variance prend en compte les effets du nombre de bandes de la durée de lactation et leur interaction.

$$Y_{i,j} = \alpha + B_i + L_j + (BL)_{ij} + \varepsilon_i \quad (2)$$

où Y correspond aux productivités numériques annuelles par truie présente et par truie productive, les facteurs étant les mêmes que dans le modèle (1) sans effet élevage puisque

dans ce cas il n'y a qu'une donnée par élevage. Ce même modèle est utilisé pour analyser l'effet de la conduite sur le rang de portée moyen des truies à la mise bas et à la réforme.

Enfin, le taux de survie du troupeau selon la conduite est analysé par un test de Khi-deux portant sur la répartition des truies entre les rangs de portée en prenant comme base 100 le nombre de mises bas en rang de portée 1. Mais le test du Khi-deux étant dépendant du nombre d'observations, nous analyserons en même temps le coefficient V de Cramér (Cramér, 1999). Ce coefficient permet d'estimer la « force » de la relation entre les lignes et les colonnes. Il varie de 0 pour une absence de lien entre les deux facteurs à 1 pour des facteurs totalement corrélés.

2.3.2. Analyse de l'effet du rang de portée sur les performances des truies

Les seuls critères pouvant être analysés par rang de portée sont ceux relatifs aux résultats zootechniques des truies. En effet, les autres critères sont calculés au niveau du troupeau, incluent la dynamique démographique et sont donc dénués de sens s'ils sont calculés par rang de portée. Pour analyser l'effet du rang de portée (RP : de 2 à 9 pour l'ISO et l'ISSF, de 1 à 9 pour les autres paramètres), cette variable est rajoutée au modèle général défini dans l'équation (1).

$$Y_{i,j,k,l} = \alpha + B_i + L_j + (BL)_{ij} + RP_l + E_k(BL) + \varepsilon_{i,j,k,l} \quad (3)$$

où Y correspond à l'ISO, à l'ISSF, aux nombres de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés par portée, les facteurs sont ceux décrits dans le modèle (1) avec en plus le facteur RP_l qui correspond à l'effet du rang de portée l.

2.3.3. Analyse des interactions entre critères de productivité

L'histoire productive proche (prolificité au rang de portée précédent, durée de lactation précédente) ainsi que les intervalles entre le sevrage et l'œstrus (ISO) ou la saillie fécondante (ISSF) peuvent aussi influencer les résultats techniques des truies. Cette influence est étudiée en utilisant un modèle prenant en compte comme effets principaux le nombre de bandes (B : 4, 5, 7, 10, 20 et 21), la durée de lactation (L : 21 ou 28), le rang de portée (RP : de 2 à 9), le nombre de porcelets nés totaux (NTp : de 2 à 23), nés vivants (NVp : de 0 à 22) et sevrés (SEp : de 4 à 22) au cours de la portée précédente, la durée de la lactation précédente (Dlactp : de 7 à 35 jours) et enfin l'ISO (ISO : de 0 à 21) et l'ISSF (ISSF : de 0 à 60) précédant la mise bas :

$$Y_{ijklmnopqr} = \alpha + B_i + L_j + (BL)_{ij} + E_k(BL) + RP_l + NTp_m + NVp_n + SEp_o + DLactp_p + ISO_q + ISSF_r + \varepsilon_{ijklmnopqr} \quad (4)$$

où Y correspond aux nombres de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés. Les facteurs sont ceux décrits ci-dessus.

De la même manière l'ISO, l'ISSF et le taux de fertilité peuvent aussi être influencés par cette histoire productive proche et nous regarderons donc l'effet de la prolificité (c'est-à-dire les nombres de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés) et de la durée de lactation précédente sur l'ISO (5) et l'effet de la prolificité, de la durée de lactation et de l'ISO sur l'ISSF et le taux de fertilité (6),

$$Y_{ijklmnop} = \alpha + B_i + L_j + (BL)_{ij} + E_k(BL) + R_l + NTp_m + NVp_n + SEp_o + DLactp_p + \varepsilon_{ijklmnop} \quad (5)$$

avec Y correspondant à l'ISO et

$$Y_{ijklmnopq} = \alpha + B_i + L_j + (BL)_{ij} + E_k(BL) + R_l + NTp_m + NVp_n + SEp_o + DLactp_p + ISO_q + \varepsilon_{ijklmnopq} \quad (6)$$

où Y correspond à l'ISSF et au taux de fertilité en 1^{ère} insémination.

2.3.4. Analyse de l'effet des jours calendaires sur les critères de productivité

a. Répartition des événements selon le jour de la semaine

Une date étant associée à chaque événement entré dans la base de données de la GTTT, nous disposons donc des dates de mise bas, de sevrage et d'insémination pour plus de 2 millions de portées. A partir de ces dates, nous pouvons retrouver le jour calendaire de chaque événement et ainsi analyser leur distribution au cours de la semaine. La comparaison des répartitions de ces trois événements selon la conduite et selon le rang de portée sera effectuée grâce à un test de Khi-deux et au coefficient V de Cramér.

b. Effet du jour d'insémination sur la fertilité et la prolificité

Cette analyse est réalisée pour évaluer l'hypothèse supposant que les inséminations ayant lieu le week-end ou en fin de semaine seraient moins efficaces que celles réalisées en début de semaine. Pour évaluer l'effet du jour d'insémination sur la prolificité, le jour d'insémination est ajouté au modèle général (4) et son effet sur la fertilité est évalué en l'ajoutant au modèle (6).

c. Effet du jour de mise bas sur le taux de mort-nés

Cette analyse correspond à la vérification de l'hypothèse supposant que les mises bas ayant lieu le week-end seraient moins bien surveillées et de ce fait présenteraient un taux de mort-nés plus important. Pour évaluer cet effet, le jour de mise bas est ajouté comme effet fixe au modèle (4) d'analyse du nombre de mort-nés.

d. Effet du jour de sevrage sur le jour de l'insémination, sur la durée de l'ISO et sur la prolificité

Un test du Khi-deux permet de comparer les distributions des jours d'insémination selon le jour du sevrage qui précède. De la même façon, le coefficient V de Cramér est ensuite utilisé pour tester la force de cette relation. L'effet du jour de sevrage sur la prolificité et l'ISO est testé en utilisant respectivement les modèles (4) et (5) auxquels le jour du sevrage est ajouté comme facteur explicatif.

3. Résultats

3.1. Références zootechniques des différentes conduites en bandes

3.1.1. Description des données selon la conduite en bandes

Le Tableau IV.2 présente le nombre d'élevages dans chaque conduite ainsi que le nombre de mises bas observées par élevage et par bande. Certaines associations nombre de bandes - durée de lactation représentent seulement 1% des élevages et moins de 1% des truies (4 bandes - 28 jours ; 5 bandes - 28 jours ; 10 bandes - 28 jours), d'autres sont d'importance intermédiaire avec 3 à 5% des élevages et des truies (4 bandes - 21 jours, 5 bandes - 21 jours, 7 bandes - 21 jours et 10 bandes - 21 jours). La conduite en 21 bandes avec 28 jours de lactation représente moins de 3% des élevages mais plus de 6% des truies et la conduite en 20 bandes avec 21 jours de lactation 6,7% des élevages et plus de 20% des truies. Les élevages en 7 bandes avec 28 jours de lactation sont les plus nombreux (plus de 70% des élevages) et représentent plus de 50% des truies. Pour la suite des analyses, seules les conduites représentant plus de 1% des truies (c'est-à-dire plus de 6000 truies environ) seront présentées dans les tableaux.

Le nombre de truies moyen par élevage est quasi identique entre les conduites en 4, 5 et 7 bandes, puis il augmente avec le nombre de bandes. Le nombre moyen de truies par bande est voisin pour les élevages en 7, 10, 20 et 21 bandes alors qu'il est plus élevé pour les conduites en 4 et 5 bandes.

3.1.2. Effet de la conduite

a. Sur la productivité des truies

L'ISO, le taux de fertilité, l'ISSF, les effectifs de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés par portée, sont peu influencés par les paramètres inclus dans le modèle (R^2 de 0,01). Malgré ce faible lien, certains effets significatifs sont observés, notamment un effet de l'élevage sur tous les critères (Tableau IV.3). La conduite par contre ne semble pas influencer la prolificité ni l'ISO des truies. Elle possède toutefois un effet sur la durée de la lactation des truies, la durée du cycle et sur les ISSF.

La durée de lactation moyenne des truies est logiquement influencée par la décision de durée de lactation prise par l'éleveur (R^2 de 0,54) ainsi que par le nombre de bandes. La durée du cycle s'expliquant principalement par la durée de lactation, il est normal de retrouver les mêmes effets sur ce critère. L'ISSF est plus court dans les élevages conduits en 4 et 5 bandes que dans les autres.

b. Sur la productivité du troupeau

La conduite, et notamment la durée de la lactation, joue de façon plus nette sur la productivité du troupeau que ce soit la productivité par truie productive ou la productivité par truie présente. Par contre, ce ne sont pas les mêmes critères qui interviennent selon que l'on considère les truies productives ou les truies présentes (Tableau IV.3). Ainsi, les résultats techniques exprimés par truie productive sont influencés par la durée de lactation de l'élevage : les élevages pratiquant le sevrage à 21 jours ont plus de porcelets nés totaux (34,75 vs. 33,46), nés vivants (32,35 vs. 30,97) et sevrés (27,70 vs. 26,18) par truie et par an que les élevages pratiquant le sevrage à 28 jours. Ainsi que nous l'avons décrit précédemment, les résultats par truie présente intègrent les temps improductifs entre l'entrée dans l'élevage et la première insémination (quarantaine) ainsi que le temps entre le dernier sevrage et la réforme (ISR). Or ces deux intervalles sont influencés par le nombre de bandes. La durée de la quarantaine est diminuée dans les élevages avec au moins 10 bandes (61 jours de moyenne contre 67 pour les conduites en moins de 10 bandes) alors que l'ISR diminue de façon régulière avec le nombre de bandes.

Globalement, la productivité par truie présente augmente donc avec le nombre de bandes et diminue lorsque la durée de lactation augmente, ces deux paramètres étant en partie liés.

c. Sur la démographie du troupeau

Le rang de portée moyen à la mise bas et à la réforme diffère sensiblement selon la conduite (Tableau IV.3). Ainsi le rang de portée moyen à la mise bas est plus élevé dans les conduites en 10 et 20 bandes que dans les autres conduites. Concernant le rang de portée à la réforme, la conduite en 4 bandes réforme les truies plus tôt que les conduites en 5, 7 et 21 bandes alors que les conduites en 10 et 20 bandes réforment plus tard. Si l'on observe l'évolution du nombre de mises bas en fonction du rang de portée des truies en prenant pour base 100 le nombre de truies ayant mis bas une fois (Figure IV.4), aucun effet de la conduite n'est observable ($K\chi^2 = 6.7$, $ddl=54$, $p=1$).

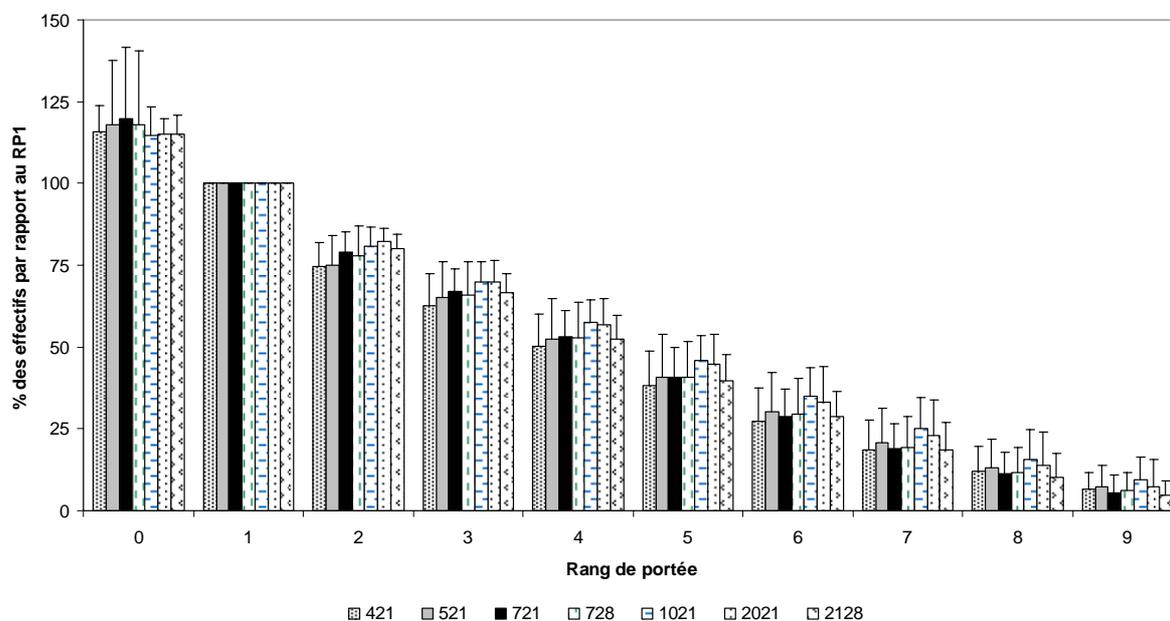


Figure IV.4 : Evolution du nombre de truies présentes dans l'élevage en fonction du rang de portée et de la conduite. Les effectifs de truies ayant mis bas une fois servent de référence pour les effectifs aux autres rangs de portée.

3.2. Effet du rang de portée

Le rang de portée influence tous les critères analysés sur les truies (Tableau IV.4) et son effet reste identique quelle que soit la conduite en bandes et la durée de lactation. C'est souvent le deuxième facteur le plus important d'explication de la variabilité après l'effet de l'élevage.

Tableau IV.4 : Résultats techniques selon le rang de portée

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	issd	RP1	RP1*	RP1*	RP1*
												NBB2	Dlacc3	NBB2*
														Dlacc3
Nombre de portées (en milliers)	535	422	356	286	220	160	107	63	32					
Intervalles														
ISO (j)	-	6.03	5.50	5.42	5.35	5.27	5.25	5.20	5.18	3.41	***			
ISSF (j)	-	8.60	7.06	6.77	6.54	6.29	6.15	5.97	5.84	7.64	***			
Durée de gestation (j)	114.14	114.08	114.07	114.08	114.10	114.11	114.15	114.20	114.23	2.73	***			
Durée de lactation (j)	24.82	25.10	25.15	25.12	25.02	24.89	24.64	24.44	24.27	2.99	***			
Durée du cycle (j)	-	147.8	146.3	146.0	145.7	145.3	145.0	144.6	144.4	1.08	***			
Fertilité (%)	87.3	91.1	94.5	95.2	95.7	96.2	96.7	97.1	97.5	25.7	***			
Porcelets														
Nés totaux	12.82	12.96	14.00	14.34	14.37	14.25	14.00	13.73	13.39	3.27	***			
Nés vivants	12.08	12.28	13.12	13.27	13.15	12.89	12.58	12.28	11.93	3.10	***			
Sevrés	10.85	10.95	10.90	10.75	10.58	10.40	10.23	10.08	9.94	1.75	***			

1 Rang de portée

2 Nombre de bandes

3 Durée de lactation de l'élevage

L'ISO et l'ISSF diminuent avec le rang de portée (de 6,03 à 5,18 pour l'ISO et de 8,60 à 5,82 pour l'ISSF). La durée de la gestation augmente de façon assez limitée avec le numéro de portée, passant de 114,07 jours à la deuxième gestation à 114,23 jours à la neuvième, et la première gestation est plus longue que la seconde. Cette durée est à mettre en relation avec la durée de lactation qui diminue quand la durée de gestation augmente, le sevrage ayant lieu à une date fixe. La durée du cycle étant la résultante de ces critères, elle est aussi significativement différente entre les rangs de portée.

La fertilité augmente avec le rang de portée passant de 87% chez les truies nullipares à 97 % chez les truies en 8^{ème} portée.

Le nombre de porcelets nés totaux suit une courbe en cloche avec un maximum de nés totaux pour les portées 4 et 5 (14,34 et 14,37 porcelets). Les deux premières portées sont beaucoup moins prolifiques que les suivantes (environ 1 porcelet en moins). Le nombre de porcelets nés vivants atteint son maximum à la quatrième portée (13,27 porcelets) et le nombre de porcelets sevrés à la seconde portée (10,95 porcelets).

3.3. Interaction entre critères de performances

3.3.1. Les paramètres influençant la prolificité

Les figures IV.5 et IV.6 présentent respectivement l'évolution du nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés en fonction de l'ISO et de l'ISSF.

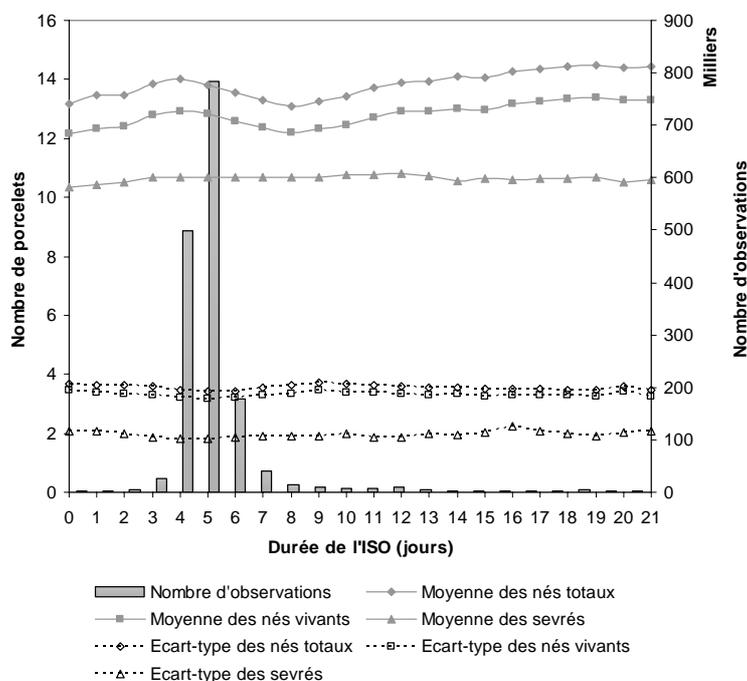


Figure IV.5 : Moyennes et écarts-types du nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés par truie en fonction de la durée de l'ISO

Les truies qui viennent en œstrus dans les 2 premiers jours après le sevrage ont significativement moins de porcelets nés totaux et nés vivants lors de la mise bas suivante. De même, une baisse de la prolificité est observée pour les truies inséminées environ 1 semaine après le sevrage (baisse significative entre le 6^{ème} et le 11^{ème} jour après le sevrage, minimum après 8 jours). Il n'y a par contre qu'un effet réduit sur le nombre de porcelets sevrés. La moyenne du nombre de porcelets sevrés évolue peu en fonction de la durée de l'ISO et sa variabilité est aussi plus faible.

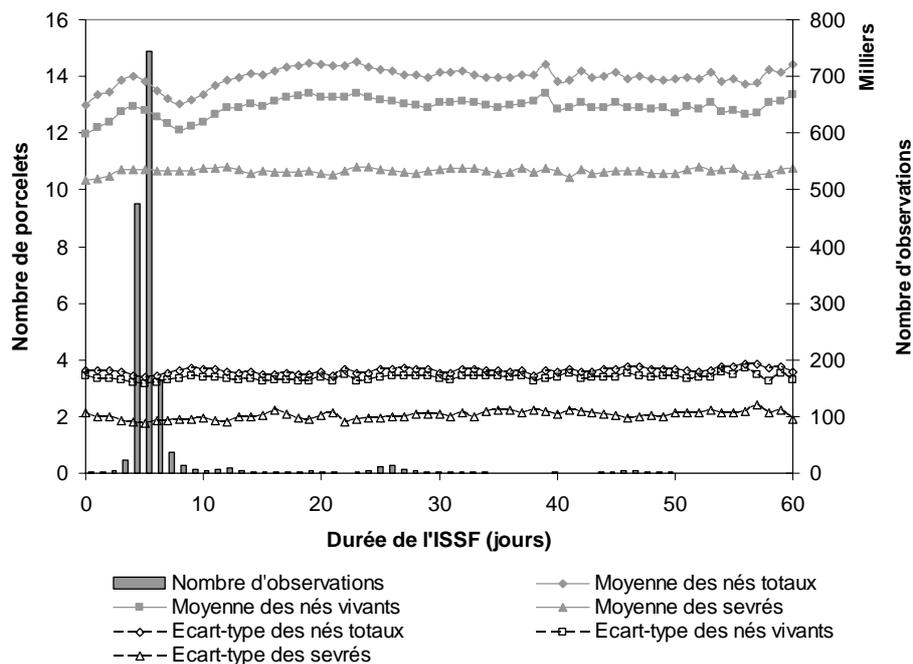


Figure IV.6 : Moyennes et écarts-types du nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés par truie en fonction de la durée de l'ISSF

Les figures IV.7, IV.8, IV.9 et IV.10 représentent le nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés en fonction respectivement du nombre de nés totaux, nés vivants, sevrés et de la durée de lactation à la portée précédente. Statistiquement, tous ces paramètres ont un effet sur les critères de productivité de la truie, mais le R^2 est parfois très faible indiquant que l'effet est principalement lié au nombre important de données. Plus précisément, les effectifs de porcelets nés totaux et nés vivants sont indépendants du nombre de nés totaux au rang de portée précédent si celui-ci est compris entre 1 et 10. Au dessus de 10, le nombre de porcelets nés totaux augmente avec le nombre de nés totaux au rang de portée précédent d'environ 0,38 porcelet par porcelet supplémentaire à la mise bas précédente. Sur l'ensemble des données, le modèle incluant l'effet de la prolificité au rang de portée précédent explique 8,5% de la variance du nombre de nés totaux (R^2 de 0,085; $P < 0,0001$) et 5,3% de celle du nombre de nés

vivants ($P < 0,0001$). Le nombre de porcelets sevrés est aussi dépendant ($P < 0,0001$) du nombre de porcelets nés totaux au rang de portée précédent mais avec un R^2 de seulement 0,0008 indiquant une contribution quasi nulle traduite sur la Figure IV.7 par une constante.

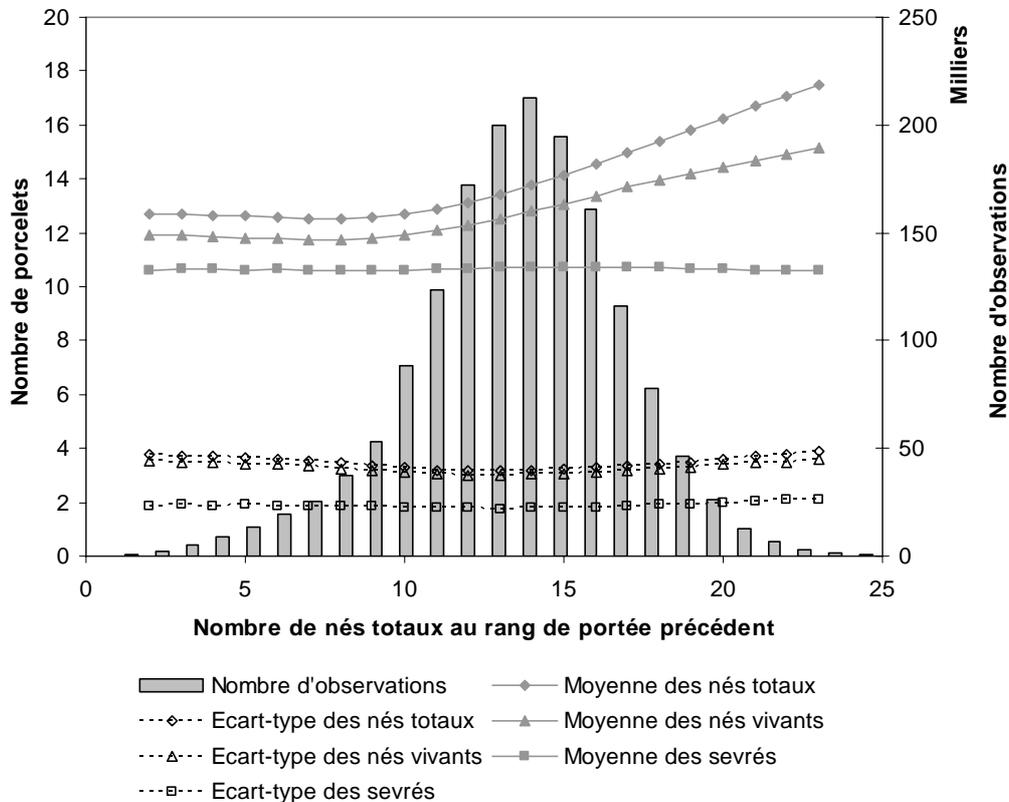


Figure IV.7 : Moyenne et écart-type du nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés en fonction du nombre de porcelets nés totaux au rang de portée précédent.

Les mêmes observations peuvent être faites concernant l'effet, sur le nombre de porcelets sevrés, du nombre de nés vivants au rang de portée précédent. Le nombre de porcelets sevrés à la portée précédente a un effet beaucoup moins net sur la taille de la portée suivante (R^2 de 0,003 et 0,006 respectivement pour le nombre de nés totaux et de nés vivants, $P < 0,0001$) avec toutefois une légère augmentation jusqu'au seuil de 17 porcelets. Par contre, le nombre de porcelets sevrés à la portée précédente influence le nombre de porcelets sevrés sur la portée en cours (R^2 de 0,05, $P < 0,0001$). Les truies sevrant entre 2 et 8 porcelets, entre 9 et 14 et plus de 14 porcelets en sèvent en moyenne respectivement 10,0, 11,5 et 11,7 à la portée suivante.

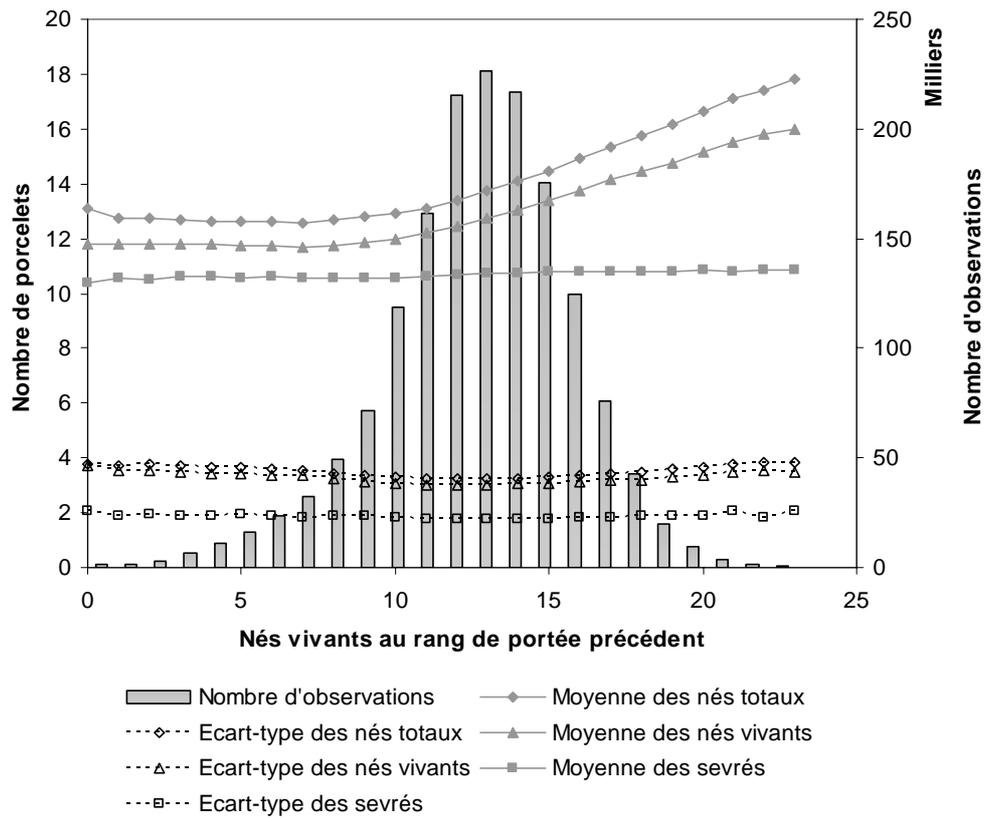


Figure IV.8 : Moyenne et écart-type du nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés en fonction du nombre de porcelets vivants au rang de portée précédent.

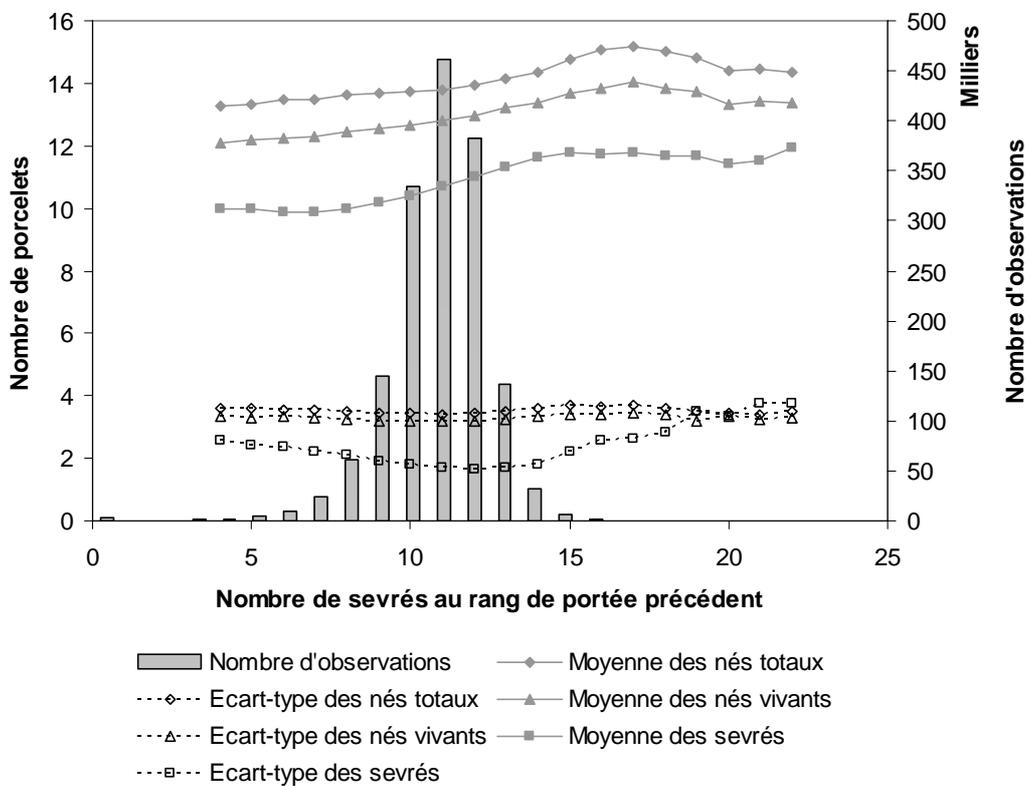


Figure IV.9 : Moyenne et écart-type du nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés en fonction du nombre de porcelets sevrés au rang de portée précédent.

La prolificité des truies est aussi liée à la durée de la lactation précédente mais de façon limitée (R^2 de 0,007, 0,004 et 0,0001 respectivement pour le nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés, $P < 0,0001$). La prolificité maximale est obtenue pour des durées de lactation comprises entre 29 et 31 jours.

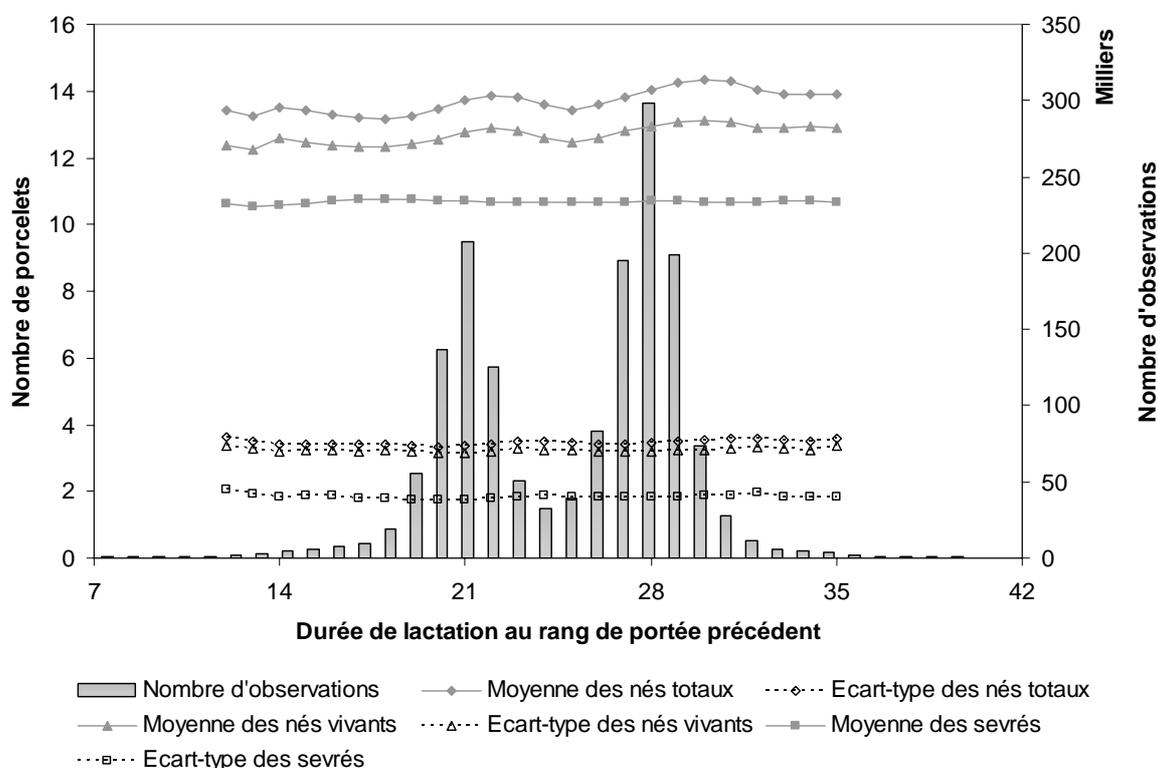


Figure IV.10 : Moyenne et écart-type du nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés en fonction de la durée de lactation au rang de portée précédent.

3.3.2. Les paramètres influençant l'ISO, l'ISSF et le taux de fertilité

La durée de lactation modifie la moyenne et l'écart-type de l'ISO qui augmentent pour les durées de lactation inférieures à 20 jours sans toutefois que l'effet ne soit statistiquement significatif (Figure IV.11). Les nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés n'influencent pas plus la durée de l'ISO (Figures IV.12, IV.13 et IV.14). Par contre, toutes les variables incluses dans le modèle (6) ont un effet sur l'ISSF. Ainsi, l'ISSF tend à diminuer avec l'augmentation du nombre de porcelets nés totaux et nés vivants à la portée précédente (respectivement de 0,05 et 0,06 jour par porcelet supplémentaire ; Figures IV.12 et IV.13).

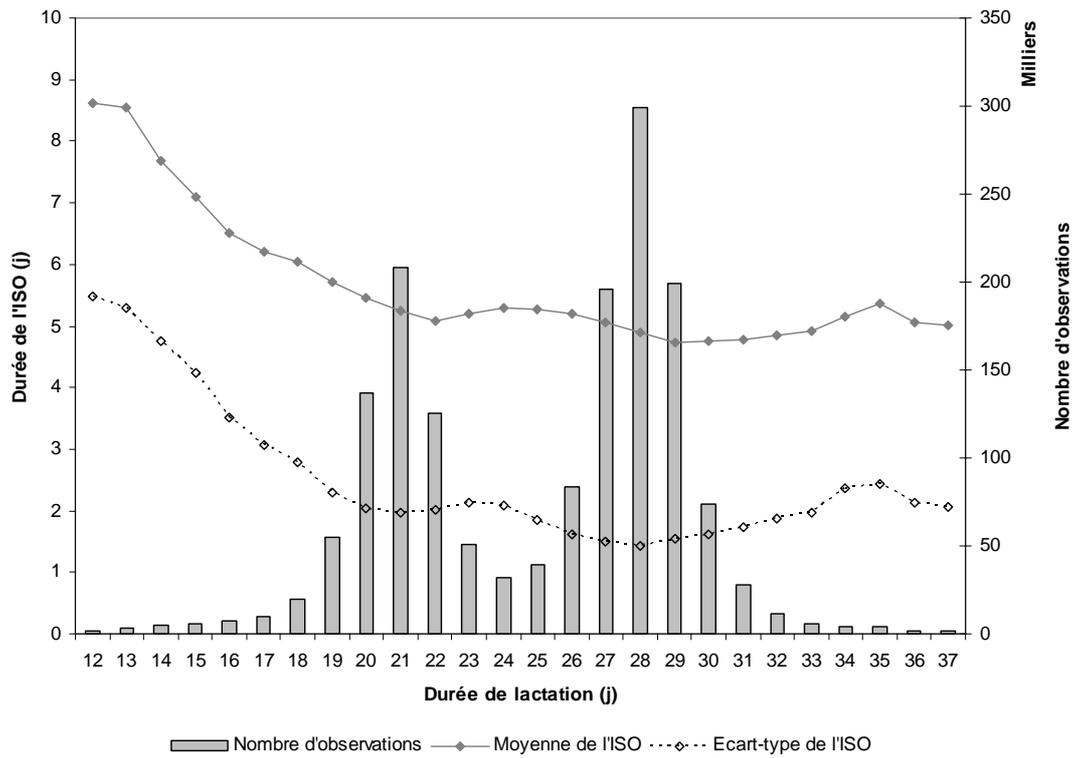


Figure IV.11 : Moyenne et écart-type de l'intervalle Sevrage (ISO) en fonction de la durée de lactation.

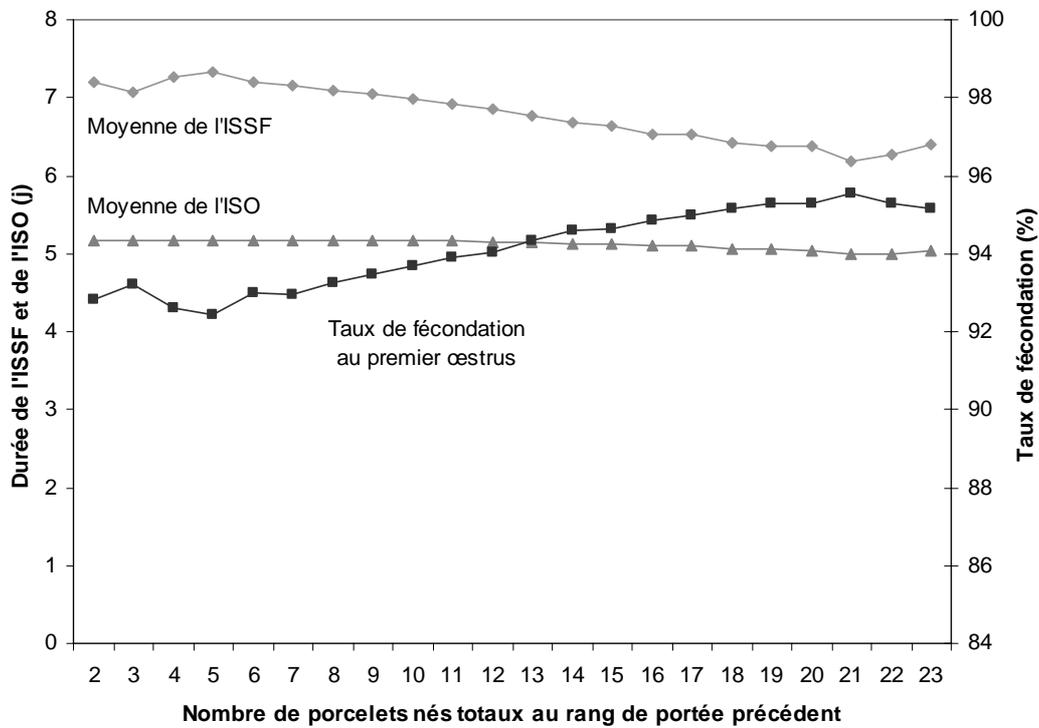


Figure IV.12 : Durée moyenne de l'ISSF, de l'ISO et taux de fécondation moyen au premier œstrus selon le nombre de porcelets nés totaux au rang de portée précédent

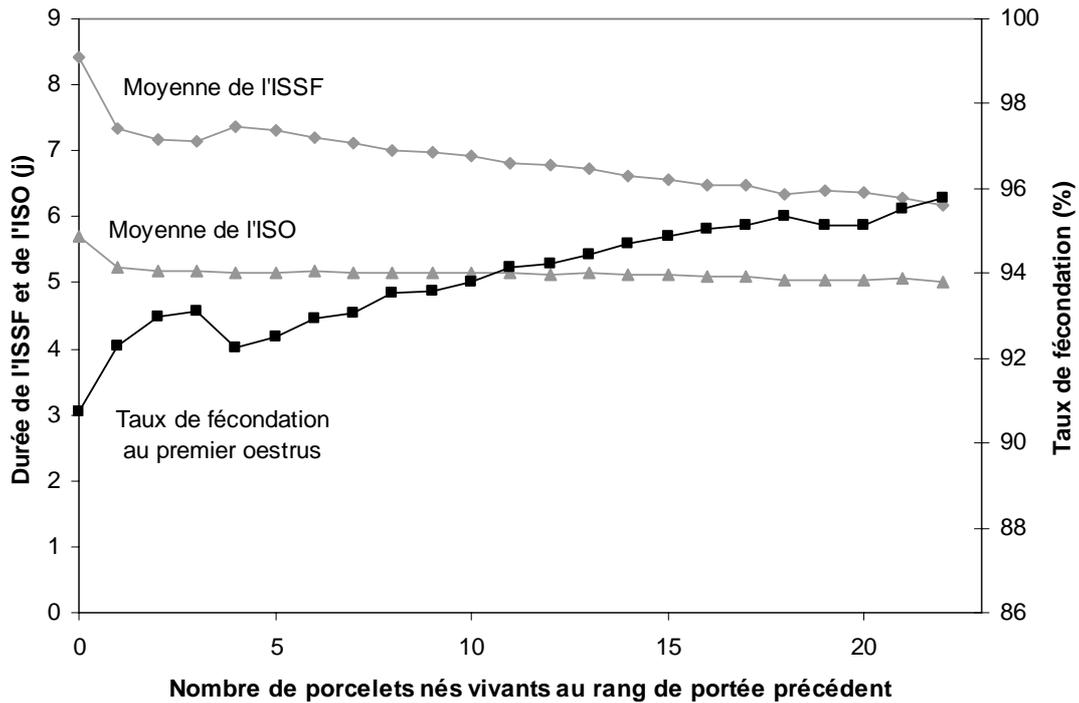


Figure IV.13 : Durée moyenne de l'ISSF, de l'ISO et taux de fécondation moyen au premier œstrus selon le nombre de porcelets nés vivants au rang de portée précédent

L'effet du nombre de porcelets sevrés au rang de portée précédent est plus important, principalement entre 3 et 8 porcelets sevrés avec une diminution de l'ISSF moyen de 0,32 jour par porcelet sevré supplémentaire (Figure IV.14). Cette durée reste stable pour les truies qui sevrant plus de 8 porcelets.

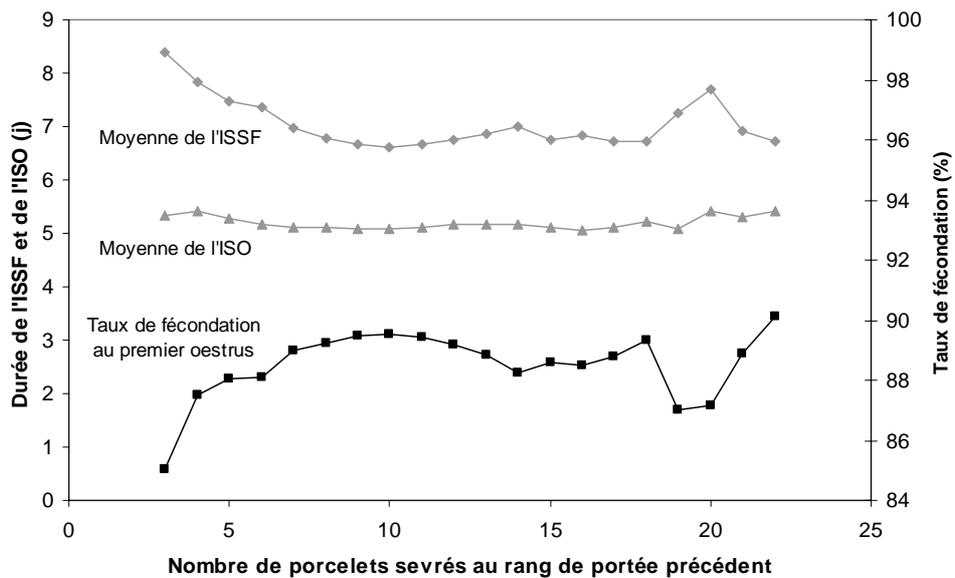


Figure IV.14 : Durée moyenne de l'ISSF, de l'ISO et taux de fécondation moyen au premier œstrus selon le nombre de porcelets sevrés au rang de portée précédent

La durée de lactation au rang de portée précédent a un effet significatif sur l'ISSF mais aucune différence deux à deux n'est significative (Figure IV.15). L'analyse du graphique montre un effet dommageable des lactations courtes (moins de 18 jours), ainsi que des lactations longues (plus de 30 jours) qui s'accompagnent d'un taux de fertilité de 90 à 92% alors que ce taux dépasse 95% pour les lactations de 21 ou 28 jours. On note également une dégradation de la fertilité pour des durées de lactation comprises entre 23 et 26 jours (93% de fertilité environ).

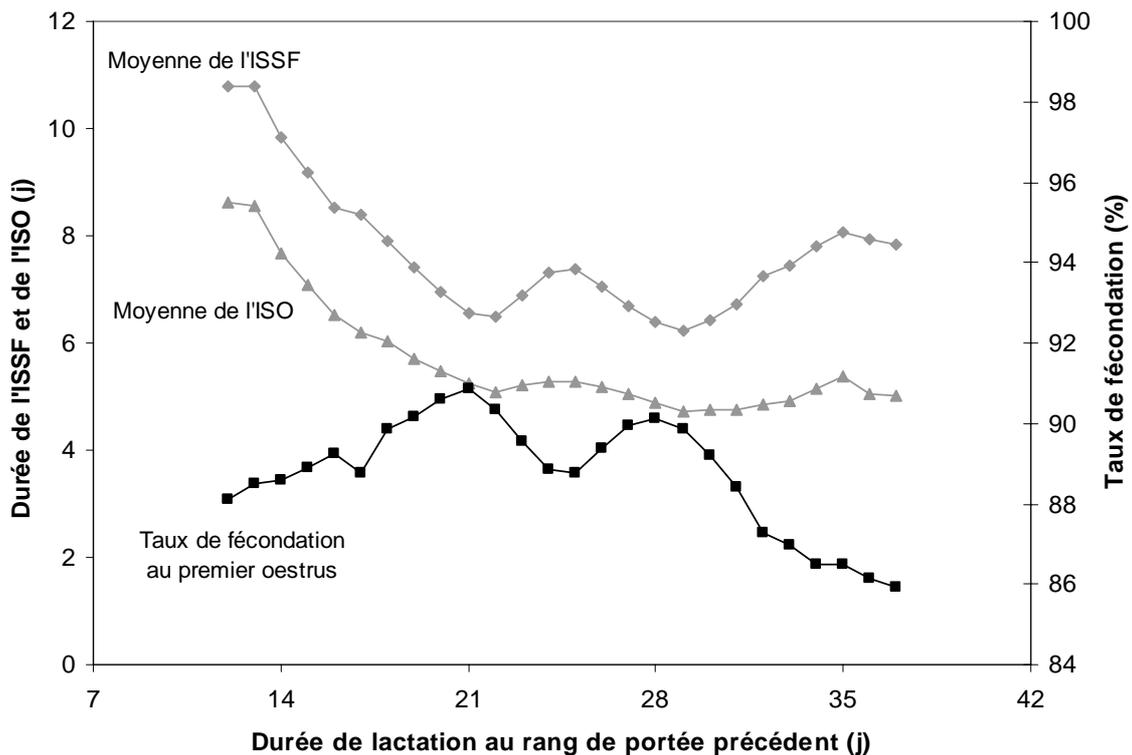


Figure IV.15 : Durée moyenne de l'ISSF, de l'ISO et taux de fécondation moyen au premier œstrus selon la durée de lactation au rang de portée précédent

L'évolution du taux de fertilité selon l'ISO (Figure IV.16) montre qu'il est maximal pour des durées d'ISO de 3 à 5 jours, qu'il diminue fortement pour des ISO de 7 à 9 jours avant d'augmenter régulièrement au dessus de 9 jours. Le taux de fertilité est minimal pour les truies observées en œstrus dans les 2 premiers jours après le sevrage.

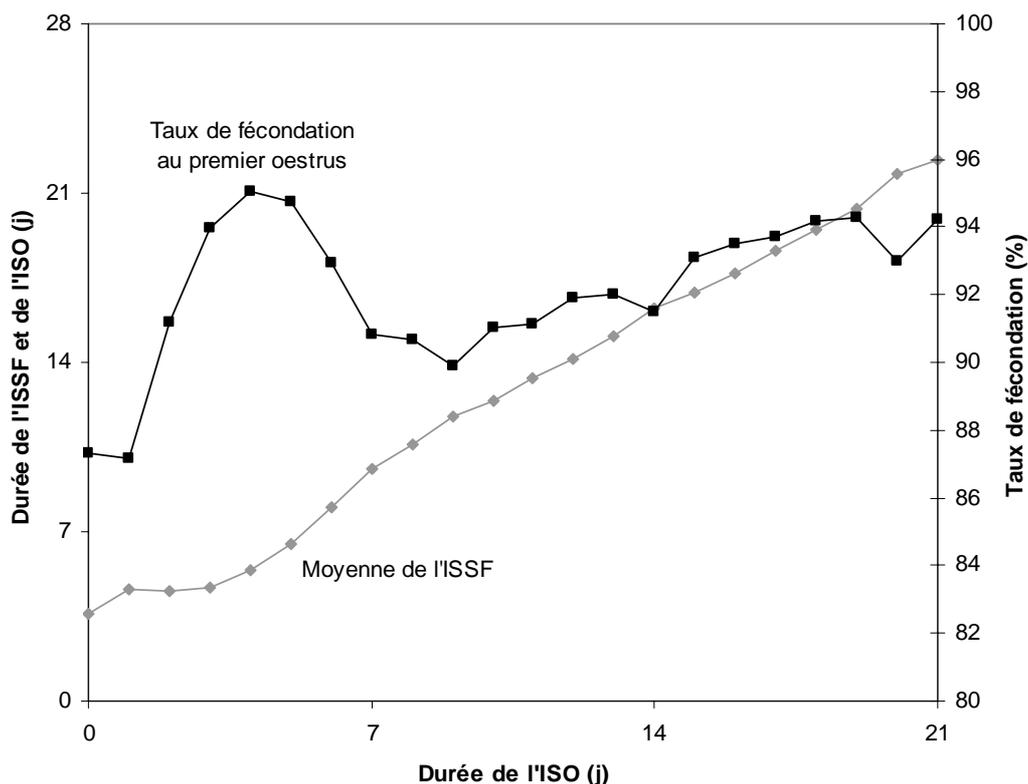


Figure IV.16 : Durée moyenne de l'ISSF et taux de fécondation moyen au premier œstrus selon la durée de l'ISO au rang de portée considéré.

3.4. Effets des jours calendaires sur les performances des truies

3.4.1. Répartition des événements selon le jour de la semaine

La répartition des œstrus, mises bas et sevrages selon les conduites est présentée dans les figures IV.17, IV.18 et IV.19. De façon globale, les œstrus apparaissent principalement le lundi (48%) et le mardi (30%), les jours les moins fréquents étant du jeudi au samedi. Les mises bas sont plus dispersées au cours de la semaine avec tout de même 27 et 30% des mises bas ayant lieu les mercredis et jeudis et 10% le week-end. Enfin, le sevrage est l'activité la plus concentrée, avec deux jours regroupant plus de 95% des sevrages (58% le jeudi et 37% le mercredi).

Le test de Khi-deux révèle un effet significatif de la conduite sur toutes les distributions. Par contre, la force de cet effet, mesuré avec le coefficient V de Cramér, est faible pour ce qui concerne la relation entre la conduite et le jour d'œstrus (0,06) ou le jour de mise bas (0,04). La relation est un peu plus forte entre le jour du sevrage et la conduite (0,16). Certaines conduites sont plus fréquemment associées à un sevrage le mercredi (20 bandes notamment) alors que pour d'autres il est réalisé en majorité le jeudi (7 bandes notamment) (Figure IV.19).

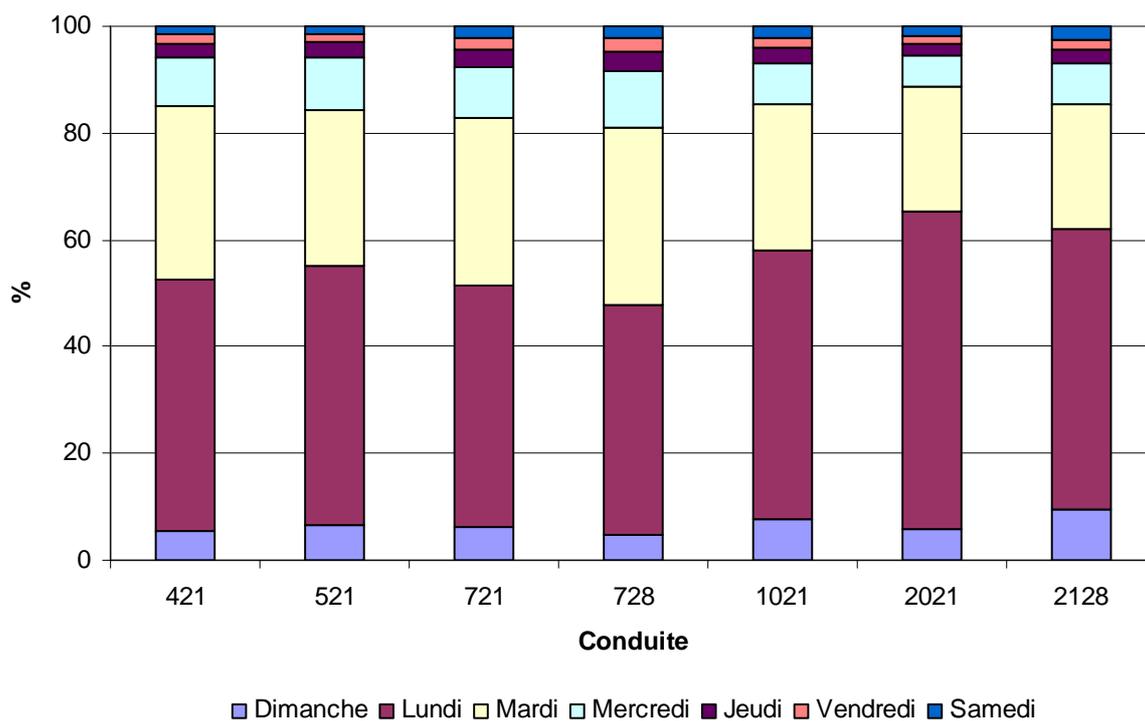


Figure IV.17 : Répartition des jours d'œstrus selon la conduite

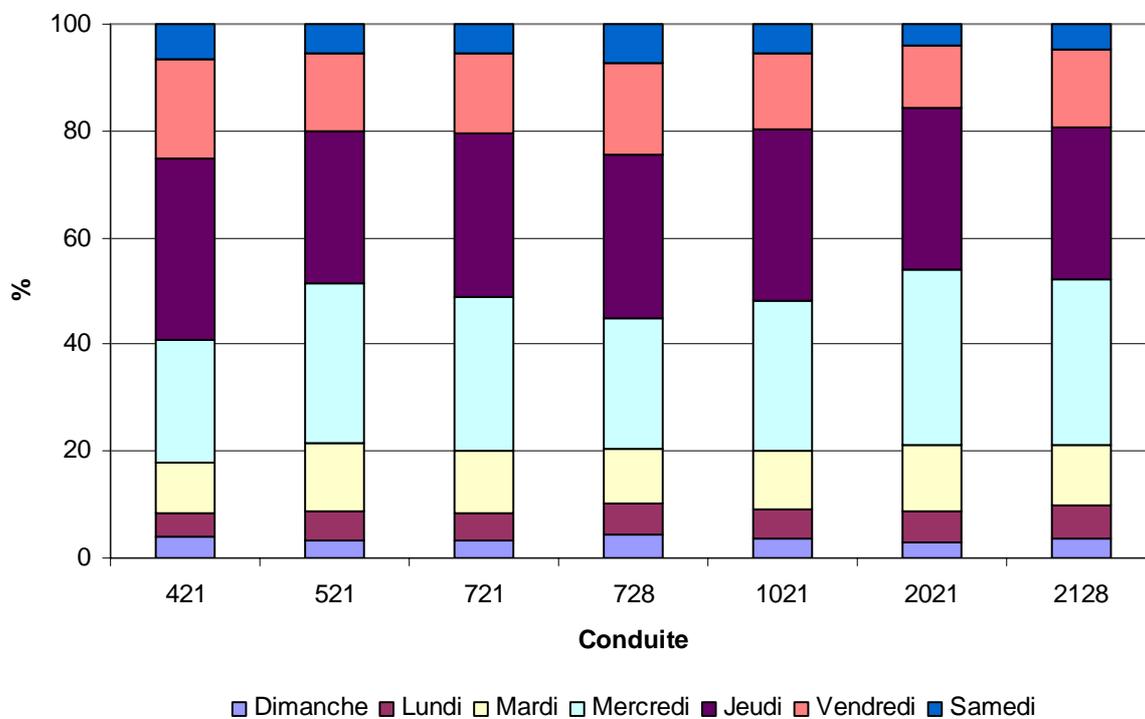


Figure IV.18 : Répartition des jours de mise bas selon la conduite

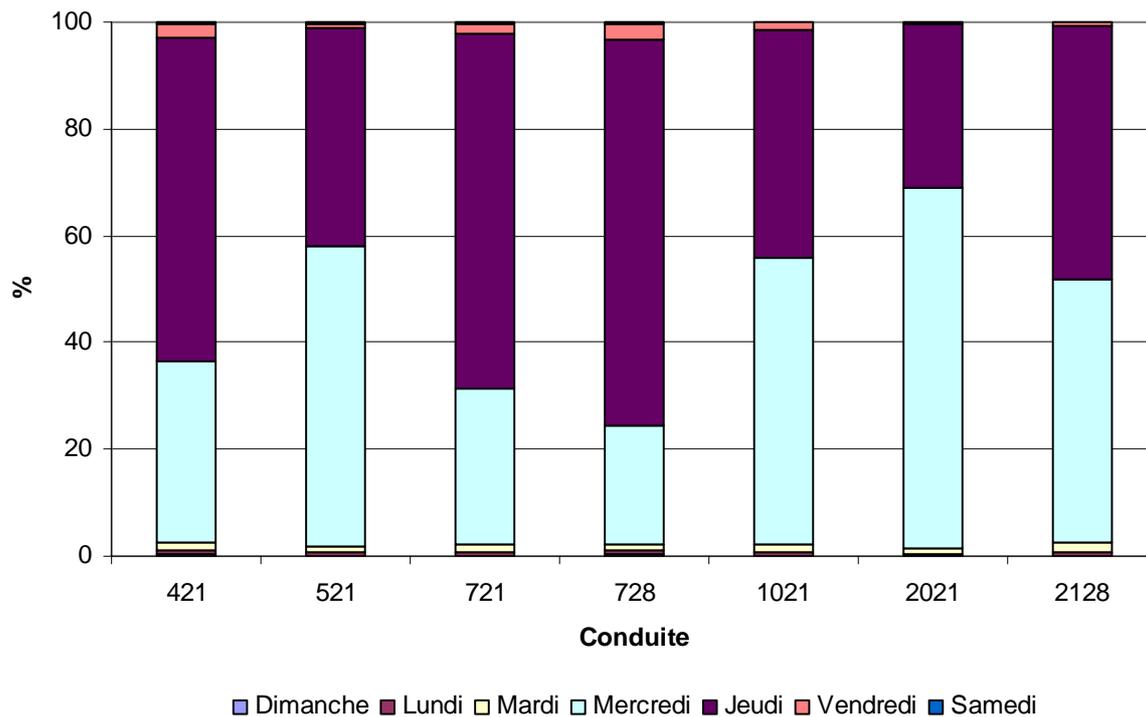


Figure IV.19 : Répartition des jours de sevrage selon la conduite

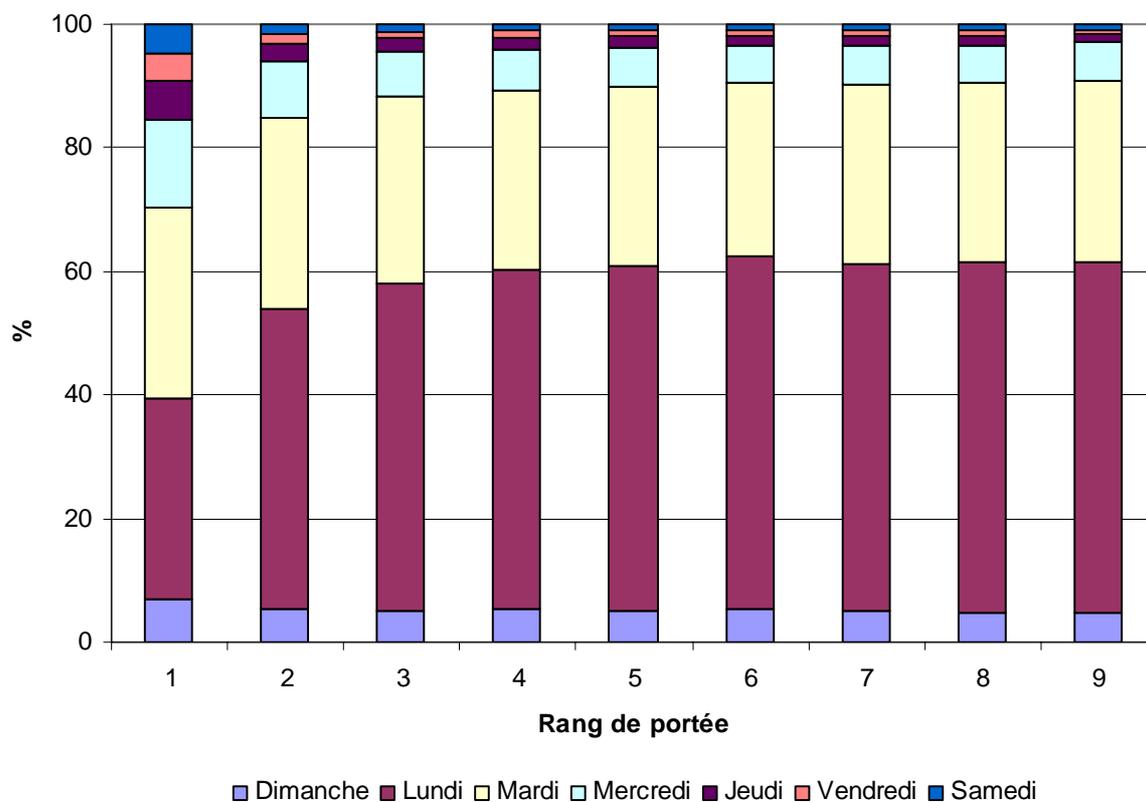


Figure IV.20 : Répartition des jours d'œstrus selon le rang de portée

De même, on peut remarquer que les élevages avec des durées de lactation de 21 jours pratiquent plus fréquemment le sevrage le mercredi que les élevages avec 28 jours de lactation.

Les répartitions selon les rangs de portée sont présentées sur les figures IV.20, IV.21 et IV.22. Le test du Khi-deux indique un effet du rang de portée sur chacune des répartitions. Le coefficient V de Cramér par contre est faible entre le jour du sevrage et le rang de portée (0,02) ainsi que pour le jour de mise bas (0,06). Le jour d'œstrus est un peu plus dépendant du rang de portée, le coefficient étant de 0,10. Ceci est principalement dû à la répartition observée chez les truies nullipares (Figure IV.20) pour lesquelles les œstrus sont moins regroupés sur le lundi et le mardi que lors des rangs de portée suivants.

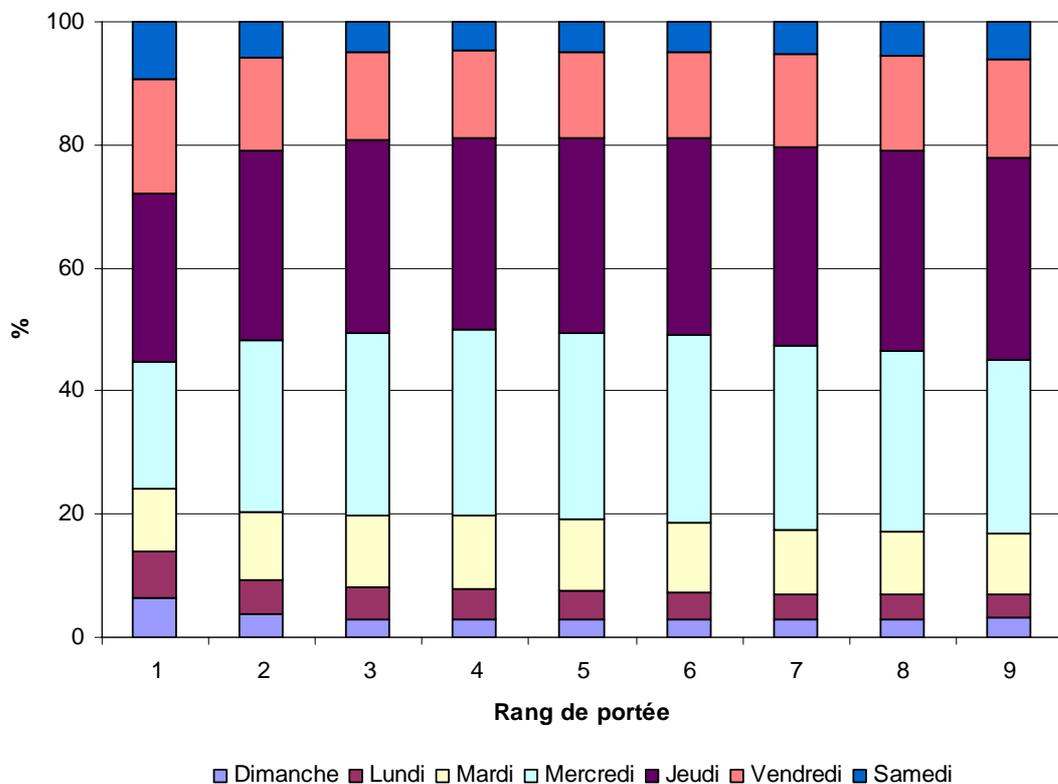


Figure IV.21 : Répartition des jours de mise bas selon le rang de portée

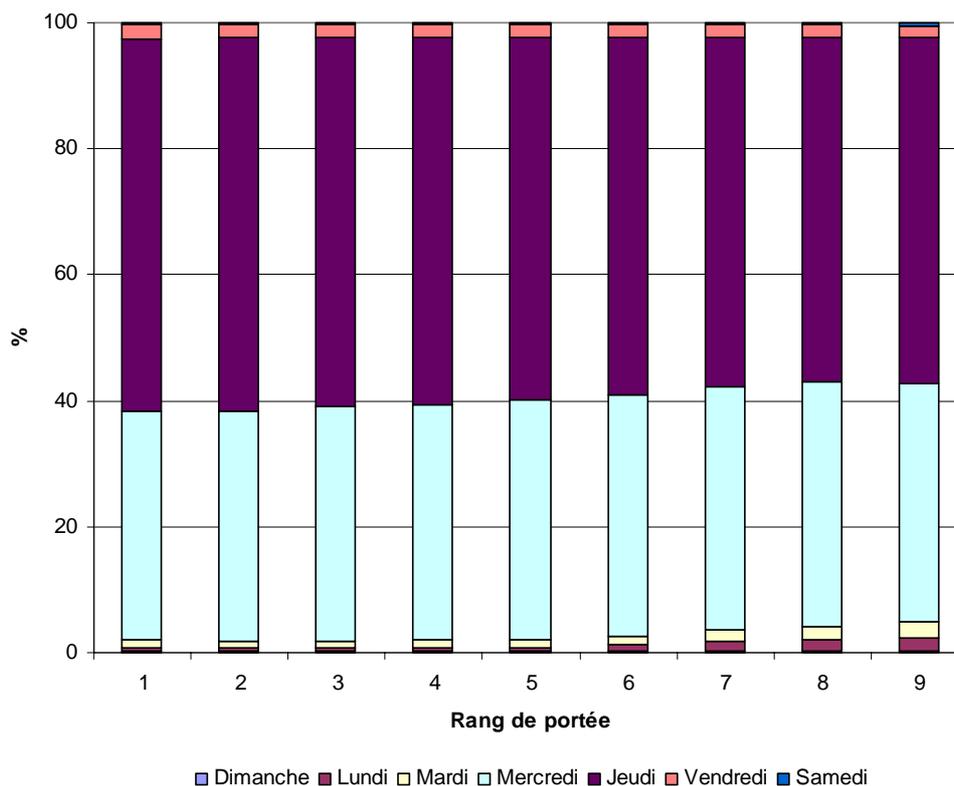


Figure IV.22 : Jour du sevrage selon le rang de portée

3.4.2. Effet du jour d'insémination

Bien que le modèle n'explique que 1% de la variabilité du taux de fertilité, l'effet du jour d'insémination est significatif et correspond au deuxième critère explicatif après le rang de portée. Une insémination réalisée le jeudi a environ 90% de chance d'être fertile alors que le lundi ce taux atteint presque 95%. Les taux observés le vendredi et le samedi sont intermédiaires. En considérant les jours de saillie fécondante et le taux de fertilité à la première saillie, nous pouvons étudier les jours préférentiels de retour en chaleur après une insémination infertile (Figure IV.23). On constate ainsi que 97% des truies ayant leur saillie fécondante un lundi sont des truies inséminées pour la première fois après le sevrage. Ce taux n'est que de 95% lorsque l'on considère le jour d'œstrus. On peut donc estimer qu'en moyenne 2% des truies qui reviennent en chaleur après une première insémination le lundi, reviennent en chaleur un autre jour de la semaine. Ce décalage peut expliquer pourquoi les saillies fécondantes du vendredi et du samedi sont réalisées à 35% sur des truies en situation de retour en œstrus après une première insémination. L'analyse des intervalles entre deux inséminations successives montre que 63,2% des truies sont réinséminées entre 16 et 26 jours après la première insémination, 2,0% le sont avant 16 jours et 34,8% le sont après 26 jours.

Parmi les truies réinséminées entre 16 et 26 jours, 35,4% sont réinséminées entre 16 et 20 jours, 27,9% après 21 jours et 36,7% entre 22 et 26 jours.

Le jour de la saillie fécondante a aussi un effet sur le nombre de porcelets nés totaux et nés vivants ($P < 0,001$), mais limité puisque ce critère n'explique que 1,1% de la variabilité. Les prolificités les plus faibles sont tout de même associées aux inséminations ayant eu lieu les jeudis et vendredis (avec environ 0,5 porcelets de moins si la saillie fécondante a lieu le jeudi comparativement au lundi).

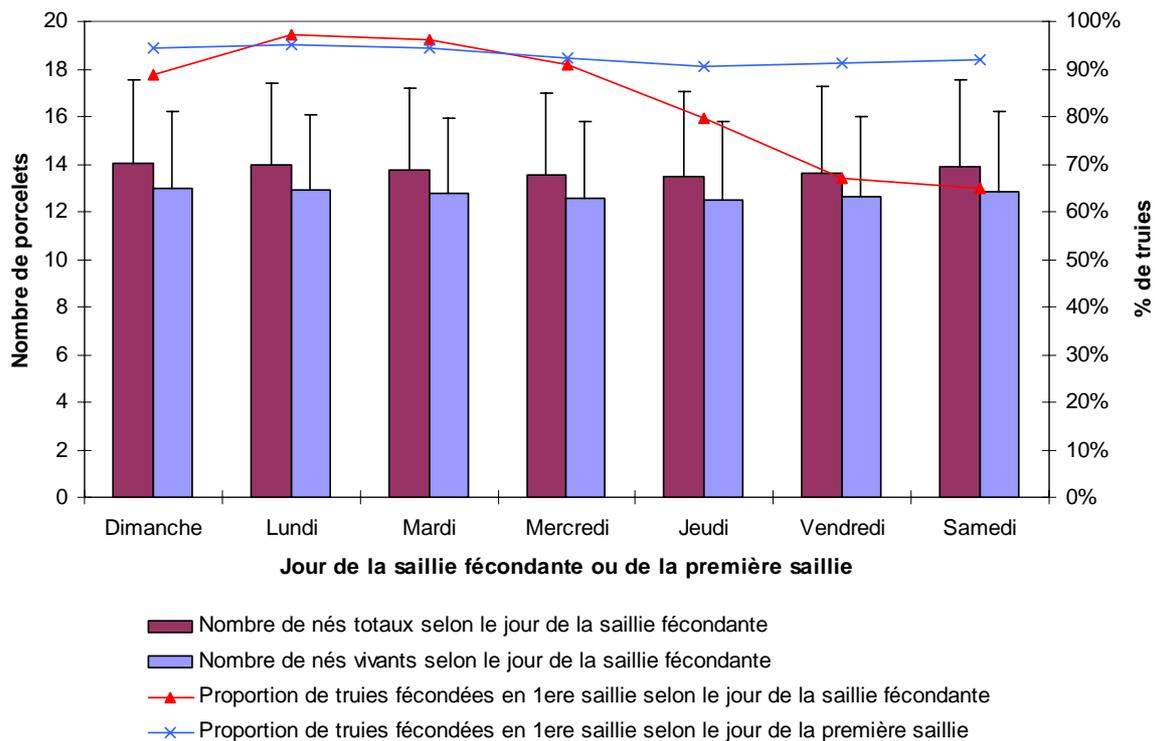


Figure IV.23 : Nombre de nés totaux et de nés vivants selon le jour de la saillie fécondante. Pourcentage de truies fécondées à la première saillie selon le jour de la première saillie et selon le jour de la saillie fécondante

3.4.3. Effet du jour de mise bas

Le jour de mise bas a un effet significatif sur le nombre de porcelets nés totaux, nés vivants et le taux de mort-nés ($P < 0,001$). Le nombre de nés totaux est inférieur lors des mises bas de fin de semaine par rapport à celles du lundi au mercredi (14,19 vs 13,56). Le même effet est retrouvé sur le nombre de nés vivants (13,12 vs 12,57). L'analyse de l'effet du jour de mise bas sur le taux de mort-nés indique une augmentation de ce taux le week-end et en début de semaine (7,7% de mort-nés en moyenne du samedi au mardi) par rapport au milieu de semaine (6,6% de mort-nés en moyenne du mercredi au vendredi) (Figure IV.24).

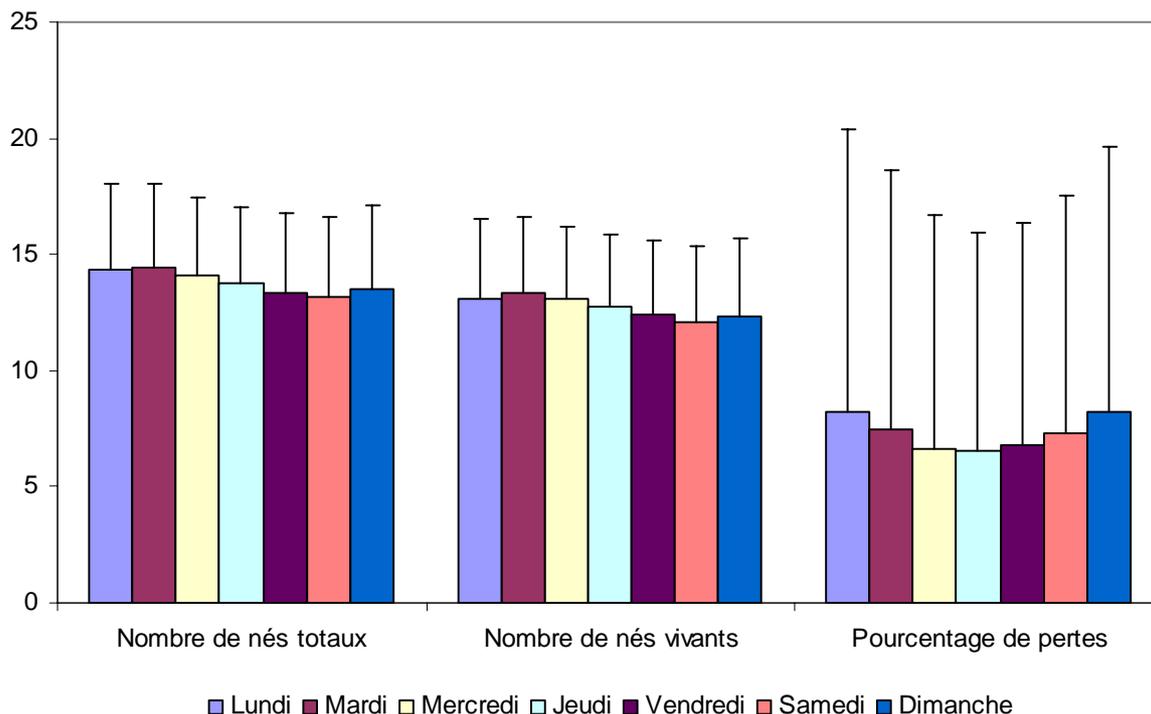


Figure IV.24 : Nombre de nés totaux, nés vivants et pourcentage de pertes en fonction du jour de la mise bas.

3.4.4. Effet du jour de sevrage

Le jour de sevrage influence le jour d'insémination de façon significative selon le test de Khi-deux. Le coefficient V de Cramér indique une relation de 0,12 entre les deux critères. Les deux jours principaux de sevrage étant le mercredi et le jeudi, nous nous y intéresserons de façon plus particulière. Que le sevrage ait eu lieu le mercredi ou le jeudi, environ 79% des truies sont inséminées le lundi ou le mardi. Par contre, la répartition des inséminations entre ces deux jours diffère, 61% des truies sevrées le mercredi étant inséminées le lundi contre 42% pour les truies sevrées le jeudi. Le mardi ce sont 18% des truies sevrées le mercredi et 37% des truies sevrées le jeudi qui sont inséminées. Le nombre de truies inséminées le dimanche augmente lorsque les truies sont sevrées le mercredi (9% contre 3% pour celles sevrées le jeudi).

Le jour de sevrage influence également la durée entre le sevrage et l'insémination, celle-ci augmentant si le sevrage est effectué le mercredi (5,8 jours contre 5,3 jours pour le sevrage le jeudi) bien que la proportion de truies inséminées le dimanche augmente fortement (Figure IV.25).

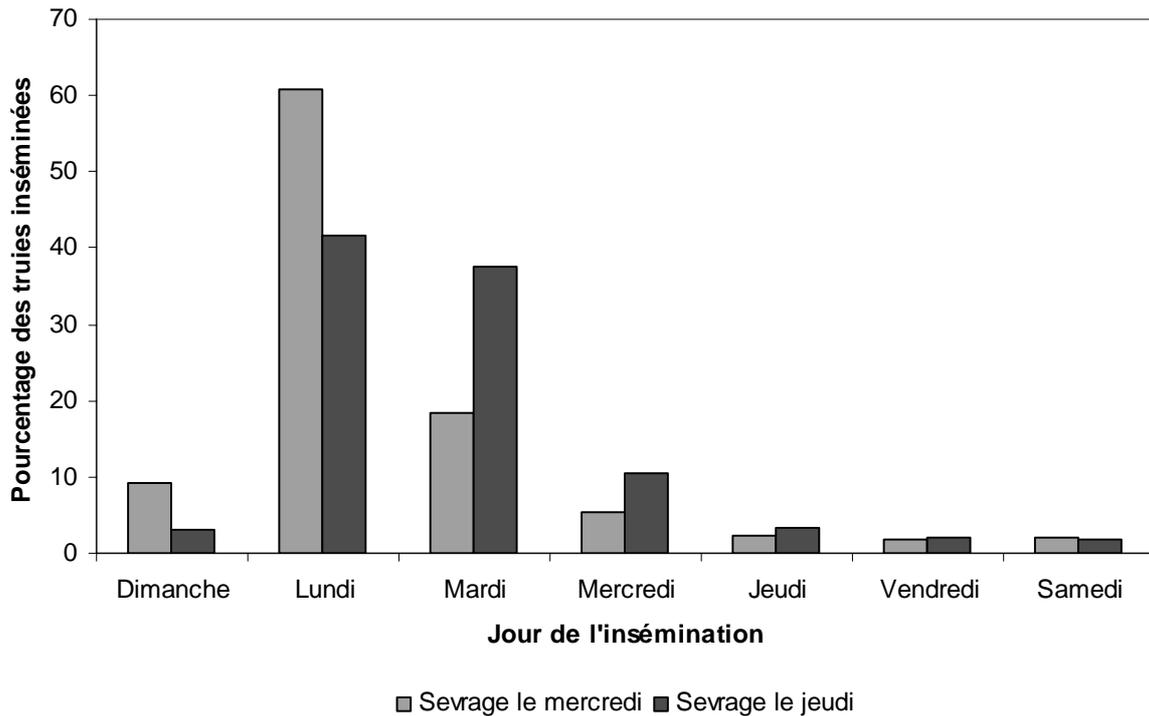


Figure IV.25 : Distribution des jours de première insémination selon le jour du sevrage (mercredi ou jeudi uniquement).

4. Discussion

4.1. Analyse de la diversité des conduites à partir de bases de données zootechniques : des bases de comparaison limitées

A notre connaissance, seuls Le Denmat *et al.* (1984) ont analysé les performances des élevages en tenant compte du nombre de bandes et de la durée de lactation. Ceci est vraisemblablement lié à l'absence de renseignements concernant le type de conduite dans les bases de données. En utilisant les données de la GTTT, Le Denmat *et al.* (1984) s'étaient intéressés à la qualité de la mise en œuvre de la conduite en bandes, mais il s'agissait alors uniquement de la conduite en « 7 bandes » avec un sevrage à 4 semaines. En préalable à notre étude, il nous a donc fallu généraliser la technique de repérage de la conduite utilisée par Le Denmat *et al.* (1984) afin de pouvoir identifier les différentes conduites et la rendre moins sensible aux sevrages anticipés qui se sont développés depuis. En effet ces auteurs utilisaient comme critère de détection d'un « sevrage principal » un seuil fixe de 3 truies. La taille des bandes ayant augmenté depuis 1984 (le nombre de truies par élevage est passé de 78 dans leur étude à 153 actuellement) il est vraisemblablement plus fréquent que 3 truies d'une même bande soient sevrées précocement. Nous validons en partie notre méthode de sélection par les jours de sevrage identifiés : plus de 95% des sevrages ont lieu le mercredi ou le jeudi ce qui

correspond aux jours « normaux » de sevrage, les sevrages anticipés ayant généralement lieu en début de semaine.

4.2. Diversification des modèles de conduite des troupeaux porcins

En 1984, le nombre d'élevages conduisant leur troupeau avec une autre conduite que celle en 7 bandes avec 28 jours de lactation était très faible et ne justifiait donc pas d'étude comparative. Il s'agissait d'ailleurs le plus souvent d'élevages n'ayant pas de conduite bien stabilisée. Depuis, les conduites se sont diversifiées (Tableau IV.2) pour plusieurs raisons que nous avons évoquées dans la partie bibliographique (augmentation de la taille des élevages, gestion du temps, salariat, spécialisation des tâches, ...). Ainsi, la conduite en 7 bandes avec 28 jours de lactation ne représente plus « que » 72% des élevages suivis en GTTT et 56% des truies. Cette évolution peut s'expliquer par l'évolution du contexte de l'élevage porcin. D'une part, les éleveurs cherchent à améliorer la productivité du travail, notamment par la spécialisation des travailleurs et l'augmentation de la taille des bandes (chapitre III), et d'autre part ils ont des souhaits plus marqués vis-à-vis du rythme de travail. La conduite en 5 bandes permet ainsi d'augmenter la taille des bandes pour une même taille d'élevage (Tableau IV.2) et libère 2 semaines de toute tâche périodique (Chapitre I), ce qui permet donc de répondre à ces deux attentes. Il en va de même avec les conduites en 20 bandes qui permettent de spécialiser le personnel sur un poste de reproduction tout en évitant les surcharges de travail et en conservant un nombre de truies par bande voisin de celui observé dans les élevages conduits en 7 bandes, malgré une augmentation importante de la taille du troupeau.

La répartition des élevages selon la conduite, ainsi que l'effet statistique du nombre de bandes sur la durée de lactation (Tableau IV.3), indiquent que le choix du nombre de bandes influence le choix de la durée de lactation. Ceci est en relation avec l'intervalle entre deux sevrages, la plupart des éleveurs cherchant à éviter des intervalles irréguliers, source de complication au niveau de l'organisation et de l'occupation des bâtiments (Caugant, 2002). Pour que cet intervalle soit régulier il faut que la division de la durée du cycle par le nombre de bandes soit un entier. Or la durée d'un cycle est de 20 semaines dans le cas d'une conduite avec 3 semaines de lactation et de 21 semaines dans le cas d'une conduite avec 4 semaines de lactation. Ainsi, logiquement, la majorité des élevages conduits en 4, 5, 10 et 20 bandes ont une durée de lactation de 3 semaines, alors que les élevages conduits en 7 et 21 bandes ont le plus souvent une lactation de 4 semaines. Malgré tout, 6% des élevages dérogent à cette règle (dont 5% rien que pour la conduite en 7 bandes avec 21 jours de lactation) et présentent donc

des conduites irrégulières. Ce choix peut s'expliquer par l'intérêt productif d'une diminution de la durée de la lactation (7 jours en moins par cycle de reproduction permettent de réaliser 0,12 cycle en plus par an, soit un cycle supplémentaire en 8 ans environ). Dans les autres cas, le choix a pu être réalisé pour des raisons techniques (bâtiments adaptés pour un sevrage à 28 jours, gestion difficile des porcelets de moins de 21 jours) ou pour des raisons concernant le bien-être (le sevrage à 21 jours est en effet seulement toléré).

4.3. Effet de la conduite sur la répartition des événements périodiques

Par rapport à l'étude de Le Denmat *et al.* (1984), nous notons que dans la conduite en 7 bandes avec 28 jours de lactation, le sevrage se fait plus précocement actuellement avec 22% des sevrages qui ont lieu le mercredi contre 14% en 1984, 72% le jeudi contre 70% et 3% le vendredi contre 13%. Cette tendance est encore accentuée si l'on prend en compte toutes les conduites (respectivement 37%, 58% et 2% des truies sevrées le mercredi, le jeudi et le vendredi), les conduites avec 21 jours de lactation (notamment les conduites en 5 et 20 bandes) étant plus fréquemment associées à un sevrage le mercredi. Nous proposons trois hypothèses pour expliquer cette préférence. La première hypothèse est que la diminution de la durée de lactation peut augmenter la durée de l'ISO et les éleveurs anticipent donc cette augmentation en sevrant un jour plus tôt. La seconde hypothèse concerne la conduite en 5 bandes où il n'y a généralement qu'une seule maternité dans laquelle les bandes se succèdent, ce qui limite le temps disponible pour le nettoyage et la désinfection complète. Le fait de sevrer le mercredi au lieu du jeudi permet donc d'avoir 2 jours avant l'entrée de la nouvelle bande dans la maternité au lieu de 1 avec le sevrage le jeudi. Ceci peut également être le cas dans la conduite en 20 bandes (s'il n'y a que 4 salles de maternité sur l'élevage), mais nous pouvons aussi supposer que ces élevages de taille importante (476 truies en moyenne) cherchent à grouper les œstrus le plus tôt possible dans la semaine, ce que permet le sevrage le mercredi. De plus, il est vraisemblable qu'il y ait dans ces élevages plus fréquemment du personnel de garde durant le week-end pour détecter les œstrus, dont la probabilité d'occurrence est plus élevée avec un sevrage le mercredi. Le décalage du sevrage, quelle que soit la conduite, est sûrement à l'origine du décalage que nous observons dans les jours d'occurrence des saillies (43% le lundi et 33% le mardi aujourd'hui contre 18 et 29% en 1984 pour la conduite en 7 bandes avec un sevrage à 28 jours) et des mises bas (respectivement 25 vs 14% le mercredi, 30 vs 18% le jeudi, 17 vs 20% le vendredi et 10 vs 30% sur le week-end

en 2006 et 1984). D'autres facteurs peuvent expliquer ces résultats comme par exemple, pour le décalage des jours d'œstrus, l'utilisation plus fréquente d'hormones synchronisant la venue en chaleur des cochettes ou, pour le décalage des jours de mises bas, l'utilisation de produits pharmaceutiques permettant de déclencher les mises bas avant le terme.

4.4. Effets de la conduite sur les critères de construction de la productivité

Les résultats des analyses indiquent que le nombre de bandes affecte les différentes durées improductives des truies (ISSF, intervalle entrée dans l'élevage – première insémination, intervalle dernier sevrage – réforme) sans modifier la productivité par portée des truies. Le choix de la durée de lactation modifie la durée du cycle de reproduction et permet d'améliorer les résultats par truie productive et par an.

La diminution de la durée de l'ISSF dans les conduites en 4 et 5 bandes avec 21 jours de lactation (Tableau IV.3) pourrait s'expliquer par une gestion différente des truies infertiles. En effet, Caugant (2002) explique que dans ces conduites, il est plus difficile de gérer les truies qui présentent un retour en œstrus après insémination puisque, les bandes étant espacées de 4 ou 5 semaines, ces retours ne sont pas synchrones avec une autre bande. Avec ces conduites, les truies infertiles seraient donc « intercalaires » (entre deux bandes) si elles prolongeaient leur carrière dans le troupeau : la majorité des éleveurs conduisant leur troupeau en 4 et 5 bandes préfèrent donc réformer ces truies infertiles qui ne sont donc plus prises en compte dans le calcul de l'ISSF.

L'intervalle entre l'entrée dans l'élevage des cochettes et la première insémination diminue avec l'augmentation du nombre de bandes. Ceci peut provenir de la diminution de l'intervalle séparant deux bandes qui facilite l'introduction des jeunes truies dans ces conduites. Toutefois, une organisation différente au niveau du rythme d'approvisionnement ou de la conduite des jeunes reproducteurs en lien avec la conduite et/ou de la taille des élevages peut également être à l'origine de cet effet, mais la base de GTTT ne fournit pas d'information à ce sujet.

L'intervalle entre le dernier sevrage et la réforme est diminué lorsque le nombre de bandes s'accroît. Nous avons évoqué plus haut l'hypothèse d'un passage plus fréquent du camion de ramassage des truies réformées en relation avec l'augmentation du nombre de truies à réformer, les troupeaux étant plus grands quand le nombre de bandes est élevé. Une autre explication aurait pu être que les élevages en 20 bandes réforment principalement leurs truies

au moment du sevrage, alors que les élevages en 4 et 5 bandes conserveraient plus de truies afin d'être certains d'atteindre l'objectif de truies à la mise bas, quitte à réformer des truies confirmées pleines. Mais nous avons vu avec les enquêtes en élevage que les éleveurs conduisant leur troupeau en 5 bandes réforment principalement au sevrage (Chapitre III) ce qui invalide cette hypothèse.

En résumé, une durée de lactation de 21 jours améliore les performances des truies productives (via le raccourcissement du cycle) alors que l'augmentation du nombre de bandes diminue la durée des temps improductifs. La durée du cycle et la durée des temps improductifs interviennent pour le calcul de la productivité par truie présente qui est donc dépendante du nombre de bandes et de la durée de la lactation.

L'absence d'effet du nombre de bandes et de la durée de lactation sur les critères de productivité des truies par portée (Tableau IV.3) indique qu'il n'est pas nécessaire de distinguer les conduites dans nos analyses des effets des facteurs individuels sur ces critères.

4.5. L'effet des facteurs individuels sur les critères de productivité des truies

4.5.1. La prolificité

Les résultats de l'analyse de la base de donnée de GTTT indiquent que la prolificité des truies est principalement influencée par leur rang de portée, leur prolificité antérieure, la durée de l'ISSF, le jour de la mise bas et dans une moindre mesure la durée de la lactation.

L'effet observé du rang de portée sur la prolificité des truies est en accord avec les résultats d'études antérieures (Clark et Leman, 1986), le nombre de porcelets nés totaux étant maximum autour de la 4^{ème} portée. Le décalage qui existe entre le maximum de porcelets nés totaux, nés vivants et sevrés est par contre rarement discuté dans la bibliographie. Leenhouders *et al.* (1999) ont montré que le nombre de porcelets mort-nés est minimal à la seconde portée. Il est donc logique au vu de l'évolution du nombre de nés totaux et du nombre de mort-nés que le maximum de porcelets nés vivants soit atteint à la quatrième portée puis qu'il diminue au delà. Le nombre de porcelets sevrés dépend de la mortalité des porcelets pendant la lactation mais aussi des pratiques des éleveurs, qui transfèrent généralement des porcelets entre portées afin d'adapter l'effectif à la capacité d'allaitement de la truie (nombre de tétines fonctionnelles par exemple). Ces principes d'adoption ont été décrits par English

(1984) (Chapitre I) et ont été retrouvés par Zilbermann et van der Lende (2002) lors de l'analyse d'une base de données d'environ 39000 portées. Sans pouvoir être aussi précis que ces derniers auteurs, nos résultats tendent à confirmer les leurs : le nombre de porcelets sevrés par truie est maximal à la seconde portée et la variabilité du nombre de porcelets sevrés est deux fois moindre que celles du nombre de nés totaux et du nombre de nés vivants (1,75 vs 3,27 et 3,10).

Concernant l'effet de la prolificité antérieure sur la taille de la portée, la relation entre les nombres de nés totaux de deux portées successives ainsi que celle entre les nombres de nés vivants ont déjà été mises en évidence par Hughes (1998). Cet auteur trouvait une corrélation de 0,40 et de 0,37 pour les relations entre nés totaux et entre nés vivants, ce qui correspond à des R^2 de 0,16 et 0,14 environ. Le Cozler *et al.* (1997) ont calculé pour leur part un indice de répétabilité pour chaque critère de prolificité. Cette répétabilité s'élevait à 0,20 pour le nombre de nés totaux et le nombre de nés vivants contre 0,10 pour le nombre de porcelets sevrés. Les valeurs que nous obtenons (R^2 de 0,08 pour les nés totaux et nés vivants, 0,05 pour les sevrés) sont donc plus faibles que celles rapportées dans ces deux études. Cette différence peut s'expliquer par l'augmentation de la prolificité qui s'est accompagnée d'une augmentation de la variabilité des résultats ($13,6 \pm 3,45$ porcelets nés totaux dans notre étude, contre $11,7 \pm 1,14$ dans l'étude de Le Cozler *et al.* (1997)), mais aussi par la prise en compte dans les études précédentes de l'origine génétique des animaux, ce qui n'était pas possible dans notre étude. L'absence de relation entre le nombre de porcelets sevrés et le nombre de porcelets nés totaux ou nés vivants au rang de portée précédent, semble logique si l'on considère que les éleveurs ont tendance, via les pratiques d'adoption, à égaliser la taille des portées, ce critère n'étant donc pas seulement lié à la truie. La relation statistiquement significative qui existe entre le nombre de porcelets sevrés à une portée donnée et le nombre de porcelets sevrés aux portées précédentes peut être interprétée de deux façons. Une première hypothèse pourrait être liée à un effet « truie », certaines truies ayant de moins bonnes capacités maternelles ou laitières que d'autres et sevrant donc toujours moins de porcelets que la moyenne. Une seconde hypothèse serait celle d'un effet « éleveur », celui-ci pouvant adapter lui-même le nombre de porcelets aux capacités d'allaitement de chaque truie en se basant par exemple sur le nombre de tétines ou le nombre de porcelets sevrés lors de la portée précédente. Tester ces hypothèses nécessiterait de disposer d'informations sur le nombre de porcelets sous chaque truie à la fin des adoptions, ce que la base de données de la GTTT ne renseigne pas.

Parmi les autres facteurs liés à l'animal et qui jouent sur la prolificité, l'effet de la durée de lactation est sûrement celui qui est le mieux référencé (Xue *et al.*, 1993 ; Dewey *et al.*, 1994 ;

Le Cozler *et al.*, 1997 ; Koketsu et Dial, 1998 ; Costa *et al.*, 2004). Tous ces auteurs trouvent un effet significatif de la durée de la lactation précédente sur la taille de la portée suivante : plus elle augmente, plus la taille de la portée suivante augmente. Ce même effet est observé dans notre étude mais la relation n'est pas linéaire. En effet, nous observons une baisse de la prolificité entre 24 et 26 jours de lactation ce que les autres études ne mentionnent pas. Ces durées sont intermédiaires et peuvent ainsi être observées dans tous les élevages indépendamment de leur choix de durée de lactation. Ces durées peuvent donc correspondre à des truies présentant des problèmes en fin de lactation ou que l'éleveur cherche à préserver d'une lactation trop longue dans le cas des élevages réalisant le sevrage à 28 jours. Dans ce cas, ces truies seraient plus vraisemblablement des primipares ou des truies âgées qui présentent des prolificités moindres. Cette hypothèse se vérifie en partie pour les primipares des élevages avec une durée de lactation de 28 jours, qui ont en moyenne une durée de lactation de 27,1 jours contre 27,6 jours pour les truies de deuxième portée (résultats non présentés). Une diminution de la durée de lactation est aussi observée pour les truies les plus âgées dans les deux types d'élevage mais d'une façon beaucoup plus limitée (20,8 et 27,3 jours pour les truies en neuvième portée dans les élevages conduits respectivement en 21 et 28 jours de lactation).

La durée de lactation est souvent liée à la durée de l'ISO (Clark et Leman, 1987 ; Xue *et al.*, 1993 ; Koketsu et Dial, 1997) ou de l'ISSF (Koketsu et Dial 1997 ; Le Cozler *et al.*, 1997), ce qui a conduit plusieurs auteurs à s'intéresser à la relation entre l'ISSF et la prolificité des truies. Ainsi, Le Cozler *et al.* (1997) trouvent un effet significatif de l'ISSF et notamment un minimum de prolificité pour les ISSF de 7 à 9 jours, Vesseur *et al.* (1994a) et Steverink *et al.* (1999) trouvant le même type de relation entre l'ISO et la prolificité. Nos résultats confirment ces études pour les ISO et ISSF de plus de 3 jours, mais font apparaître une particularité pour les ISO et ISSF très courts. Dans les autres études, vraisemblablement de part le faible nombre de cas, les ISSF et ISO très courts étaient regroupés ou exclus de l'analyse. Ainsi, dans l'étude de Le Cozler *et al.* (1997), les ISSF de moins de 4 jours étaient regroupés ensemble, alors que l'étude de Steverink *et al.* (1999) ne prenait en compte que les ISO supérieurs à 2 jours et regroupait les ISO de 2 et 3 jours. De même, dans l'analyse effectuée par Vesseur *et al.* (1994a), les ISO de 0 à 3 jours étaient regroupés. Ces trois études ne permettaient donc pas de mettre en évidence la diminution de prolificité que nous observons pour les ISO et ISSF de 0 à 2 jours. Steverink *et al.* (1999) suggèrent que l'augmentation de la durée de l'ISO s'accompagnerait d'une diminution du nombre d'ovocytes libérés et

interférerait avec les protocoles d'inséminations qui ne seraient pas réalisées au meilleur moment du fait de l'allongement de l'ISO.

Le jour de la mise bas influence la productivité, les pertes étant plus importantes du samedi au mardi que les jours plus habituels de mises bas : mercredi, jeudi et vendredi. On peut penser que cette différence est liée à la surveillance des truies puisque, contrairement aux sevrages et aux inséminations, les mises bas peuvent se dérouler sans surveillance. La surveillance permettrait donc de diminuer de 15% environ la mortalité (de 7,7% en début de semaine à moins de 6,6% le jeudi). L'information sur l'heure de mise bas n'est pas donnée et nous ne pouvons donc pas distinguer les mises bas qui se déroulent durant la journée de celles qui se déroulent durant la nuit. De même nous ne pouvons pas distinguer à partir de la GTTT, les différentes adaptations au niveau des horaires de surveillance des mises bas observées chez les éleveurs que nous avons enquêtés (surveillance sur des plages horaires étendues / présence de 8h à 18h uniquement). Des études sur l'effet de la surveillance de la mise bas sur la prolificité ont été réalisées par Holyoake *et al.* (1995), White *et al.* (1996) et par Le Cozler *et al.* (2002). Ces auteurs montrent que la surveillance des mises bas permet de réduire le nombre de mort-nés de 50% (Holyoake *et al.*, 1995) et 30% (White *et al.*, 1996). Notre estimation est donc plus faible que ces résultats, vraisemblablement en raison de l'impossibilité d'identifier clairement les mises bas surveillées des mises bas non surveillées.

4.5.2. Les intervalles productifs (ISO, ISSF, durée du cycle sexuel) et la fertilité

a. L'ISSF et la fertilité

Dans cette étude, l'ISSF et donc la fertilité sont principalement influencés par le rang de portée, l'ISO, la durée de lactation et le nombre de porcelets sevrés au rang de portée précédent, alors que le jour du sevrage n'influence pas ces paramètres.

Comme pour la prolificité, le rang de portée semble être le paramètre qui affecte le plus la fertilité. Koketsu *et al.* (1997) et Tummaruk *et al.* (2000a) observent également un effet du numéro de portée sur le taux de mise bas, celui-ci étant le plus faible chez les cochettes et, pour Tummaruk *et al.* (2000a), pour les truies ayant produit plus de 6 portées. Le taux de fertilité calculé dans notre étude diffère du taux de mise bas, souvent utilisé ailleurs, par la non prise en compte des avortements et par l'impossibilité de définir un statut (fertile ou infertile) pour les truies réformées après une insémination (alors que dans les études précédentes, ces truies « ne mettent pas bas »). Nous retrouvons une baisse de fertilité chez les cochettes et les primipares, mais pas chez les truies ayant fait plus de 6 portées. Koketsu *et al.*

(1997) expliquent que cette diminution du taux de mise bas chez les jeunes truies serait due à l'immaturité du système endocrinien. Les effets sur le taux de fertilité peuvent être expliqués de la même manière, avec en outre un effet possible des pratiques d'élevage. En effet, les jeunes truies présentant un problème de fertilité sont réformées dès les premières portées (Lucia *et al.*, 2000) et nous ne retrouvons donc dans les rangs de portée suivants que les truies les plus fertiles. De plus, nous pouvons émettre l'hypothèse d'un traitement différentiel d'un épisode d'infertilité chez une truie selon qu'elle soit « jeune » ou « vieille ». En effet, la baisse de la fertilité chez les jeunes truies peut s'expliquer par le fait que l'éleveur conserve la truie pour l'inséminer une nouvelle fois, ce qui permet de caractériser comme « infertile » la première insémination qu'elle a reçue (ce qui diminue le taux de fertilité). Pour une truie plus âgée, l'éleveur réforme la truie dès la confirmation de son infertilité, mais, nous l'avons vu plus haut, nous ne pouvons alors pas, avec la GTTT, classer comme fertile ou comme infertile cette insémination et l'information est donc retirée du calcul, ce qui augmente virtuellement le taux de fertilité. Ces pratiques de réforme peuvent donc expliquer l'augmentation du taux de fertilité observé dans la GTTT avec le rang de portée, et par ce biais la diminution de l'ISSF.

Parmi les autres facteurs étudiés, le taux de fertilité est principalement influencé par la durée de l'ISO; les truies avec un ISO de 4 à 5 jours sont les plus fertiles et celles avec un ISO de 8 à 9 jours sont les moins fertiles. Ces résultats corroborent ceux de Koketsu *et al.* (1997), Steverink *et al.* (1999) et Corrêa *et al.* (2002). Ces auteurs expliquent la diminution de la fertilité chez les truies présentant un ISO d'environ 8 jours, par une diminution de la durée de l'œstrus et de l'intervalle entre le début de l'œstrus et l'ovulation, laissant ainsi moins de temps pour réaliser une insémination au moment optimum. Nous avons également recherché s'il existait un effet « jour de la semaine » sur la fertilité au premier œstrus. Cet effet est significatif quand le jour de la semaine est pris tout seul mais disparaît si la durée de l'ISO est incluse dans le modèle, les deux variables étant corrélées.

Nous observons également une diminution de la fertilité pour les truies avec des durées de lactation autour de 24 jours et un maximum de fertilité autour de 21 et de 28 jours. Ces résultats ne correspondent pas aux résultats trouvés dans des études portant sur le taux de mise bas en fonction de la durée de lactation. En effet, Tummaruk *et al.* (2000b) ne trouvent pas d'effet de la durée de lactation sur ce paramètre ; Corrêa *et al.* (2002) observent un taux de mise bas maximal pour les truies sevrées à 14 ou 15 jours de lactation, mais beaucoup plus faible pour les autres durées (13 jours et moins, 16 et 17 jours, 18 jours et plus), alors que le

taux de mise bas augmente de façon continue avec la durée de la lactation dans l'étude de Koketsu *et al.* (1997). Comme pour l'analyse de l'effet de la durée de lactation sur la prolificité, nous pouvons émettre l'hypothèse que la baisse de fertilité observée entre 22 et 25 jours de lactation est due à la plus forte proportion de truies primipares dans cet intervalle.

Seuls Koketsu *et al.* (1997) se sont intéressés à la relation entre taille de portée précédente et taux de mise bas et ils n'observent aucune relation que ce soit avec le nombre de porcelets sevrés ou le nombre de nés totaux. Ceci est concordant avec l'absence de relation entre la taille de portée et la durée de l'ISSF (Koketsu et Dial, 1997). Nous trouvons pour notre part une relation entre la prolificité, d'une part, et la fertilité et l'ISSF, d'autre part. Plus le nombre de porcelets nés totaux ou nés vivants au rang de portée précédent est élevé, plus la fertilité s'améliore, mais cet effet est très faible. L'effet du nombre de porcelets sevrés est par contre plus sensible, avec une baisse de la fertilité lorsque la truie a sevré moins de 7 porcelets et de façon plus limitée lorsque la truie sèvre plus de 13 porcelets. La diminution observée chez les truies sevrant moins de 7 porcelets peut être due à une demande moindre des porcelets, ce qui pourrait lever l'œstrus de lactation (Quesnel et Prunier, 1995), la truie venant en chaleur avant que l'éleveur ne commence les détectations. La fertilité moindre des truies sevrant plus de 13 porcelets pourrait résulter de l'épuisement de leurs réserves corporelles durant la lactation (Dourmad *et al.*, 1994).

b. L'ISO

Dans cette étude, l'ISO est principalement influencé par le rang de portée, la durée de lactation et le jour du sevrage.

La diminution de l'ISO observée quand le rang de portée augmente peut en partie s'expliquer par les pratiques de réforme et les capacités de détection des chaleurs. En effet, une truie jeune est plus difficile à détecter en chaleur (les signes extérieurs étant moins prononcés ; Karlberg, 1980). Elle sera cependant conservée pour être inséminée même si elle n'est pas observée en œstrus dans la semaine qui suit l'arrêt du traitement de synchronisation ou le sevrage, alors que les truies plus âgées sont plus facilement détectées et plus rapidement réformées si elles tardent à revenir en chaleur.

Concernant l'effet de la durée de la lactation sur l'ISO, Clark et Lemman (1987) ainsi que Koketsu et Dial (1997) ont estimé que la durée de l'ISO diminue d'un jour pour 10 jours de lactation supplémentaire. Comme ces auteurs, nous retrouvons dans notre étude une augmentation de l'ISO dans le cas d'une durée de lactation courte ainsi que dans le cas d'une durée de lactation supérieure à 32 jours.

Le jour du sevrage influence la durée de l'ISO, les élevages pratiquant le sevrage principalement le mercredi ayant en moyenne un ISO plus long. Cet allongement de l'ISO provient vraisemblablement des pratiques de détection d'œstrus, en particulier la non détection des œstrus le dimanche comme c'est le cas pour une partie des éleveurs (Chapitre III).

c. La durée du cycle sexuel

Nous mettons en évidence une variabilité importante de la durée du cycle sexuel de la truie. Seulement 63% des truies reviennent en œstrus entre 16 et 26 jours après une première insémination et la majorité des truies restantes ont un cycle plus long encore. Selon Dziuk (1977), la durée normale d'un cycle est entre 18 et 24 jours (ce qui représente dans notre analyse 55,5% des cas) et selon Ashworth (2005), la durée normale oscille entre 19 et 23 jours (ce qui correspond à 48,9% des cas dans notre analyse). Nos résultats tendent donc à montrer une variabilité plus importante que celle décrite par ces auteurs. Ceci peut s'expliquer par des délais plus longs résultant d'un non maintien de la gestation en raison d'un nombre d'embryons insuffisant, par la mise en place de traitements hormonaux pour resynchroniser les truies (pratique décrite par certains des éleveurs enquêtés) ou, pour les cycles de plus de 38 jours, par un œstrus intercalaire non détecté par l'éleveur.

5. Conclusion

La conduite en bandes n'apparaît pas, dans notre étude, comme ayant un effet significatif sur les performances des truies (fertilité, prolificité, mortalité des porcelets, ISO), à l'exception notable de l'ISSF, du fait des possibilités différenciées de gestion des truies infertiles selon le nombre de bandes. Par contre, le choix d'une conduite de lactation à 21 ou 28 jours joue de façon plus nette sur la prolificité et la fertilité à la mise bas suivante. Nos analyses précisent, vis-à-vis de la bibliographie, l'effet de facteurs liés à la trajectoire productive sur la fertilité, la prolificité et l'ISO : rang de portée, effet des performances précédentes (nombre de nés ou de sevrés, durée de la lactation) et des intervalles (ISO ou ISSF). Nous disposons ainsi au terme de ce travail d'une base affinée pour le paramétrage du fonctionnement biologique de la truie dans notre simulateur de fonctionnement de troupeau.

La durée d'un cycle productif d'une truie relève bien de l'interaction entre biologie et conduite : l'ISSF dépend de la conduite en bandes et le choix de la durée de lactation est également en relation avec le nombre de bandes. Par ailleurs, les données de la GTTT et nos enquêtes ne le prouvent pas directement, mais suggèrent une variabilité des durées de la quarantaine et de l'intervalle entre la décision de réforme et la sortie de l'élevage, qui vont

jouer sur la durée de la carrière d'une truie. Tout cela induit une sensibilité des performances de troupeau (c'est-à-dire les productivités numériques ramenées à la truie présente ou à la truie productive) au choix de conduite puisque les nombres de truies présentes et productives sont sensibles à la fois à la durée de la carrière de la truie et à la durée de ses périodes improductives.

L'étude de l'effet des jours sur les différents paramètres de performances est assez originale. Elle souligne bien qu'une base de données techniques implémentée par les éleveurs inclut une forme d'interaction entre phénomènes biologiques stricts, repérages (œstrus) ou accompagnement (mise bas) dans la valeur même des informations consignées. Par ailleurs, elle confirme notre hypothèse et nos observations d'enquêtes selon lesquelles tous les jours ne sont pas les mêmes aux yeux des éleveurs (et de bien d'autres catégories socio-professionnelles) et que le travail qui est associé aux événements de reproduction n'est pas effectué de la même façon tous les jours, même si son contenu est a priori le même. Ces résultats ne sont pas nouveaux mais confirment la nécessité d'en tenir compte dans la gestion du temps dans le simulateur, où une vision strictement temporelle (du jour 1 au jour x) ne suffit pas pour traiter des interactions biologiques – décisions et pratiques. La vision calendaire s'impose (lundi, mardi, etc.). Nous avons déjà introduit cette représentation dans MaProSH, ces analyses confirment l'intérêt de cette formalisation du temps.

Chapitre V
La maquette du modèle conceptuel SHOP
Sow Herd Operation and Performances model

1. Introduction

A cette étape de la thèse nous disposons d'un simulateur (MaProSH) capable de représenter le fonctionnement d'un troupeau selon différentes conduites en bandes, première étape de la construction d'un simulateur intégrant des choix techniques ayant une signification sur la répartition du travail à faire. Il prend en compte diverses pratiques des éleveurs telles que les jours et la fréquence de détections des œstrus, le jour du sevrage, la période de surveillance des mises bas ou encore l'échographie. Dans cette version du simulateur, ces pratiques influencent le nombre d'événements périodiques que les travailleurs doivent gérer chaque jour et chaque conduite en bandes génère un fonctionnement de troupeau particulier (flux d'animaux entre bandes, nombre de truies réformées). Par contre ces pratiques n'ont pas d'influence directe sur la productivité des truies. Enfin le simulateur ne propose pas d'autres cohérences de pratiques que celles relevant d'un objectif technique (atteindre un objectif constant de nombre de truies par bande à la mise bas) et celles relevant d'un objectif de répartition inter hebdomadaire des tâches dites périodiques, via le nombre de bandes.

C'est pourquoi, partant de cette première formalisation, nous avons l'objectif de construire un nouveau modèle (dénommé SHOP pour Sow Herd Operation and Performances model) qui puisse rendre compte de deux familles d'attentes des éleveurs : les attentes de productivité du troupeau et les attentes vis-à-vis du rythme de travail (rythme inter et intra hebdomadaire). Nous avons exploré dans le chapitre III une autre dimension de la compétitivité des élevages : la productivité du travail. Mais nos résultats ne suggèrent pas de pratiques spécifiquement mises en œuvre dans les situations à haut niveau de productivité du travail et les attentes relatives à la productivité du travail ne seront donc pas directement prises en compte. Nous les intégrerons indirectement via le choix des conduites en bandes. En effet, nous avons évoqué dans les chapitres I et IV l'idée d'une diversification croissante des conduites en bandes, liée notamment à l'agrandissement des troupeaux et aux mutations de la main-d'œuvre (salarier).

Pour rendre compte de ces attentes il est nécessaire de formaliser d'une part des pratiques et d'autre part certains enchaînements (cohérences) de ces pratiques qui matérialisent les stratégies mises en œuvre pour satisfaire les attentes. Dans un simulateur de fonctionnement de troupeau tel que le notre, la formalisation des pratiques correspond à une modélisation de leurs impacts sur la production du troupeau au travers de la prise en compte de leurs effets sur les performances des truies à court et à long terme et sur les flux de truies entre bandes et les mouvements d'entrées - sorties sur la dynamique de la composition du troupeau. Enfin il doit représenter le nombre et la répartition calendaire des actes techniques associés aux pratiques.

En intégrant la représentation des attentes des éleveurs et donc de leurs pratiques avec leurs effets sur la productivité des truies et la composition du troupeau, le modèle SHOP a l'ambition de rendre compte du fonctionnement dynamique du troupeau et d'explorer la sensibilité des performances à :

- des ajustements des pratiques touchant à la fois des pratiques qui s'inscrivent dans une cohérence spécifique (par exemple la modification du protocole d'insémination) et des pratiques qui demeurent apparemment indépendantes de ces stratégies (par exemple l'âge butoir à la réforme).
- des modifications des paramètres biologiques portant par exemple sur la fertilité et la prolificité moyenne de l'élevage ou encore sur la mortalité des porcelets.

La sensibilité des performances ne sera pas seulement étudiée du point de vue de l'efficacité du système simulé (nombre de porcelets sevrés par truie par portée ou par an), mais s'intéressera aussi, de par l'intégration d'attentes portant sur des critères non productifs, à des indicateurs de l'efficience du système tel que la répartition des événements générant du travail périodique aux différentes échelles de temps concernées (journées, semaines) ou sur le nombre de ces événements survenant durant le week-end.

Les attentes relatives à la répartition du travail inter hebdomadaire mettent en jeu le choix du nombre de bandes, auquel sont liées, d'après nos résultats d'enquêtes, des pratiques particulières de gestion de renouvellement – réforme et des mouvements d'animaux entre bandes (notamment via la gestion des truies infertiles). Les attentes de répartition du travail intra hebdomadaire renvoient aux quatre types de rapports au travail identifiés dans l'enquête. Elles marquent les pratiques de sevrage, les protocoles de détection des œstrus et les protocoles d'insémination. Le principal paramètre biologique en relation avec ces pratiques et dont il faudra améliorer la représentation dans le modèle est la fertilité.

Les attentes différenciées de productivité du troupeau se manifestent au travers d'une part de l'ensemble des pratiques mises en place au moment de la mise bas (surveillance, aide aux porcelets, adoptions) via des effets sur la mortalité des porcelets et d'autre part, au travers de la durée de lactation via un effet sur la durée de l'intervalle entre deux mises bas. Deux principaux paramètres biologiques ressortent donc comme liés à ces pratiques : la prolificité des truies et la survie des porcelets. Ces deux paramètres seront donc affinés dans SHOP par rapport à MaProSH.

Tableau V.1a : Représentation dans SHOP des pratiques d'insémination et de leurs modalités en liaison avec le projet d'élevage : un X indique que, pour cette pratique, la modalité utilisée sera dépendante du projet d'élevage correspondant.

Élément de la conduite	Modalités							Projets d'élevage		
	4	5	7	10	20	21	Productivité des truies	Répartition inter hebdomadaire du travail	Répartition intra hebdomadaire du travail	
Options stratégiques										
Nombre de bandes	4	5	7	10	20	21		X		
Durée de la lactation (jours)	21	28					X	X		
Autour des inséminations										
Jour du sevrage	Mercredi	Jeudi							X	
Heure du sevrage			Libre						X	
Période de détection des œstrus	Semaine et week-end	Semaine et dimanche soir	Semaine uniquement						X	
Nombre de détections des œstrus par jour	1	2	3						X	
Horaires des détections des œstrus			Libre							
Délai entre la détection et la première insémination (h)	0	12	24						X	
Nombre d'inséminations par truie par jour	1	2							X	
Nombre d'inséminations au total	1	2	3	Sans limite						
Critère d'adaptation des protocoles d'insémination	Aucun	Rang de portée	ISO						X	
Détection des retours en œstrus après insémination	3 semaines après les inséminations selon les mêmes modalités que la détection des œstrus									
Echographie	4 semaines après les inséminations, jour et heure libre									

Tableau V.1b : Représentation dans SHOP des pratiques autour des mises bas et de leurs modalités en liaison avec le projet d'élevage : un X indique que, pour cette pratique, la modalité utilisée sera dépendante du projet d'élevage correspondant.

Élément de la conduite	Modalités				Projets d'élevage		
	Non défini	Mardi	Mercredi	Jeudi	Productivité des truies	Répartition inter hebdomadaire du travail	Répartition intra hebdomadaire du travail
Autour des mises bas							
Début des déclenchements (jour de la semaine)	Non défini	Mardi	Mercredi	Jeudi			X
Fin des déclenchements (jour de la semaine)	Jeudi						
Début des déclenchements (durée de la gestation, jours)	Non défini	112	113	114	X		
Déclenchement des cochettes	Oui	Non					
Période de surveillance des mises bas	Semaine et week-end	Semaine uniquement			X		X
Horaires de surveillance des mises bas	Horaires habituels	Horaires habituels + 3 heures	Horaires habituels + 6 heures	24 heures	X		X
Aide des truies à la mise bas	Oui	Non			X		
Aide des porcelets à la mise bas	Oui	Non			X		
Période d'adoption	Semaine des mises bas	Semaine des mises bas et lundi qui suit					
Fréquence des adoptions par jour	1	2					
Règle d'adoption : tétine libre	Oui	Non					
Règle d'adoption : utilisation d'une truie de réforme d'une autre bande	Oui	Non					X

Tableau V.1c : Représentation dans SHOP des pratiques de renouvellement-réforme et de leurs modalités en liaison avec le projet d'élevage : un X indique que, pour cette pratique, la modalité utilisée sera dépendante du projet d'élevage correspondant.

Elément de la conduite	Modalités		Projets d'élevage	
	Productivité des truies	Répartition hebdomadaire du travail	Répartition hebdomadaire du travail	Répartition intra hebdomadaire du travail
Renouvellement				
Rythme de livraison des cochettes	A la bande	Toutes les 3 semaines	Toutes les 6 semaines	X
Délai minimal entre arrivée et première insémination	Libre entre 6 et 12 semaines			
Jour de la livraison	Lundi			
Variabilité du nombre de cochettes livrées	Oui	Non		X
Traitement hormonal de synchronisation des œstrus	Oui			
Jour d'arrêt du traitement	Veille du sevrage			
Réforme				
Moment(s) de prise de décision de réforme	Après l'échographie	Après l'échographie et après le sevrage	Après chaque événement du cycle	X
Gestion des truies infertiles	Réformées	Conservées		X
Critère de réforme (index de réformabilité)	Toutes les truies avec un index au-dessus d'un seuil	Les n truies avec l'index le plus élevé		X
Intervalle entre deux enlèvements de truies (sem)	De 1 à 6			X
Jour du passage	Lendemain de l'échographie	Vendredi suivant le sevrage	Vendredi de la semaine suivant le sevrage	

L'objectif de ce chapitre est de présenter la maquette du modèle conceptuel de SHOP, c'est-à-dire la formalisation du système biodécisionnel qu'il s'agira, dans une étape ultérieure, d'implémenter informatiquement. Nous présenterons initialement les pratiques qui seront représentées dans SHOP et leur association lors de la mise en œuvre d'une stratégie. Nous présenterons ensuite le travail de modélisation effectué i) sur les paramètres biologiques et les pratiques ayant traits aux inséminations, ii) sur les paramètres biologiques et les pratiques ayant traits aux mises bas et iii) sur les pratiques de gestion des effectifs. Nous concluons cette partie sur un comparatif théorique entre les modèles MaProSH et SHOP, ce dernier n'étant pas encore implémenté.

2. Représentation des pratiques et des stratégies

Le sous-système décisionnel de SHOP se compose de trois niveaux d'abstraction :

- le projet d'élevage, exprimé sous forme d'attentes relatives à la productivité et à la répartition inter et intra hebdomadaire du travail,
- les options stratégiques de conduite, représentées par le choix de la conduite en bandes, la durée de lactation et les cohérences de pratiques
- Les pratiques et leurs modalités au niveau du protocole utilisé et du positionnement dans le calendrier (jours et heures d'exécution).

Nous détaillons dans les Tableaux V.1a, V.1b et V.1c, les pratiques et leurs modalités qui seront intégrées dans SHOP. Ces pratiques seront décrites dans la suite de ce chapitre. Ces tableaux présentent aussi le lien entre les pratiques décrites et le projet d'élevage. Ce lien est précisé en présentant, pour chaque type de projet d'élevage, les différentes attentes possibles et les cohérences pratiques associées à ces attentes. Nous distinguons ainsi 3 attentes vis-à-vis de la répartition inter hebdomadaire du travail (semaines libres, une semaine par tâche périodique, travail identique toutes les semaines ; Tableau V.2), 4 attentes vis-à-vis de la répartition intra hebdomadaire du travail (limiter le nombre de séance par jour, pas de présence le week-end, suivre les truies, pas de contraintes ; Tableau V.3) et 2 attentes vis-à-vis de la productivité des truies (productivité par portée maximale et minimisation des temps improductifs et de la durée du cycle de reproduction ; Tableau V.4).

Tableau V.2 : Le projet d'élevage vis-à-vis de la répartition inter hebdomadaire du travail : 3 attentes de rythme de travail et leur cohérence de pratiques associée dans le modèle SHOP. Les modalités en italique sont les modalités par défaut et peuvent être changées au sein de la même cohérence. Les modalités en gras sont celles qui définissent la cohérence.

	Semaines libres de tâches périodiques	Une semaine par tâche périodique	Travail identique toutes les semaines
Nombre de bandes	4 ou 5	7	20 ou 21
Durée de la lactation (jours)	21	28	21 ou 28
Rythme de livraison des cochettes	A la bande	<i>Toutes les 6 semaines</i>	<i>Toutes les 3 semaines</i>
Variabilité du nombre de cochettes livrées	Oui	Non	<i>Non</i>
Moment de prise de décision de réforme	Après l'échographie et après le sevrage	Après l'échographie	<i>Après chaque événement du cycle productif</i>
Critère de réforme (index de réformabilité)	<i>Toutes les truies avec un index au-dessus d'un seuil</i>	Les n truies avec l'index le plus élevé	<i>Les n truies avec l'index le plus élevé</i>
Intervalle entre deux enlèvements de truies de réforme	1 fois par bande (4 à 5 semaines d'intervalle)	<i>3 ou 6 semaines</i>	<i>1 ou 2 semaines</i>

Tableau V.3 : Le projet d'élevage vis-à-vis de la répartition intra hebdomadaire du travail : 4 attentes de rythme de travail (issues du chapitre III) et leur cohérence de pratiques associée dans le modèle SHOP. Les modalités en italique sont les modalités par défaut et peuvent être changées au sein de la même cohérence. Les modalités en gras sont celles qui définissent la cohérence.

	Limiter le nombre de séances par jour	Pas de présence le week-end	Suivre les truies	Pas de contraintes
Période de surveillance des mises bas	<i>Semaine et week-end</i>	Semaine uniquement	Semaine et week-end	<i>Semaine et week-end</i>
Horaires de surveillance des mises bas	Horaires habituels	<i>Horaires habituels + 3 h</i>	24 heures	<i>Horaires habituels + 3 h</i>
Nombre de détections des œstrus par jour	1	2	3	2
Période de détection des œstrus	<i>Semaine et dimanche soir</i>	Semaine uniquement	Semaine et dimanche soir	Semaine et week-end
Nombre d'inséminations par truie par jour	1	2	2	2
Critère d'adaptation des protocoles d'IA*	<i>ISO</i>	ISO	ISO	Rang de portée
Jour du sevrage	<i>Jeudi</i>	Jeudi	<i>Jeudi</i>	Mercredi
Début des déclenchements (jour de la semaine)	<i>Mardi</i>	Jeudi	Non défini	<i>Mercredi</i>
Début des déclenchements (durée de la gestation)	<i>113 jours</i>	Non défini	Non défini	<i>114 jours</i>

* L'adaptation des protocoles d'IA porte sur le délai entre la détection de l'œstrus et la première insémination.

Tableau V.4 : Le projet d'élevage vis-à-vis de productivité des truies : 2 attentes vis-à-vis de la productivité des truies et leur cohérence de pratiques associée dans le modèle SHOP. Les modalités en italique sont les modalités par défaut et peuvent être changées au sein de la même cohérence. Les modalités en gras sont celles qui définissent la cohérence.

	Productivité par portée	Temps improductifs et durée du cycle minimisés
Durée de la lactation (jours)	28	21
Début des déclenchements (durée de la gestation)	113 ou 114	<i>Non défini</i>
Période de surveillance des mises bas	Semaine et week-end	<i>Semaine uniquement</i>
Horaires de surveillance des mises bas	24 heures	<i>Horaires habituels + 3 h</i>
Aide des truies à la mise bas	Oui	<i>Oui</i>
Aide des porcelets à la mise bas	Oui	<i>Non</i>
Règle d'adoption : utilisation d'une truie d'une autre bande	Oui	<i>Non</i>
Moment de prise de décision de réforme	<i>Après l'échographie et après le sevrage</i>	Après chaque événement du cycle reproductif
Gestion des truies infertiles	<i>Conservée</i>	Réformée
Intervalle entre deux enlèvements de truies de réforme (semaines)	<i>1 fois par bande</i>	Une semaine

3. La représentation des pratiques, des lois biologiques et de leurs interactions au moment des inséminations

Dans le modèle MaProSH la phase située autour des inséminations était gérée en tenant compte du jour de sevrage et de la fréquence des détections d'œstrus, la fertilité étant basée sur la fertilité moyenne de l'élevage. Tous ces critères étaient donnés comme paramètres d'entrée. La fréquence de détection n'avait pas d'impact sur la fertilité, les inséminations avaient toujours lieu 1 heure après la détection, la durée des œstrus était identique pour toutes les truies (24 heures) et le taux de fertilité par insémination était calculé pour correspondre au % de fertilité global observé sur l'élevage. Ainsi dans un élevage où l'éleveur effectuait 2 détections d'œstrus par jour et où la fertilité globale était de 90%, chaque insémination avait environ 68% de chance d'être fertile puisque toutes les truies étaient inséminées deux fois (68% d'insémination fertiles à la 1^{ère} insémination, puis, pour les 32% restant, à nouveau 68% d'insémination fertiles, soit au final 90% de fertilité).

Dans SHOP nous devons toujours pouvoir représenter la variabilité liée au jour du sevrage ainsi que le nombre et la période des détections d'œstrus. De plus nous devons être en mesure de représenter diverses pratiques d'insémination. Concernant la représentation de la biologie, la fertilité ne sera plus identique pour toutes les truies car nous prendrons en compte l'effet de l'histoire productive. De plus la fertilité n'est pas constante tout au long de l'œstrus et nous représenterons donc cette dynamique. Enfin la durée des œstrus ne sera plus identique pour toutes les truies mais prendra en compte l'effet de la durée de l'ISO. Ceci nécessitera de modifier la représentation de l'ISO puisque dans MaProSH, l'ISO variait entre 2,5 et 6,5 jours alors que l'amplitude est plus importante dans la GTTT.

Nous proposons de présenter initialement les modifications apportées dans la représentation des phénomènes biologiques avant d'aborder la représentation des pratiques. Nous proposerons ensuite une mise en œuvre sous Excel® de ces représentations.

3.1. La fertilité « biologique »

La fertilité dans SHOP dépendra de la fertilité moyenne de l'élevage simulé (paramètre d'entrée du modèle), de l'histoire productive des truies et du moment de l'ovulation. L'histoire productive sera synthétisée par 5 paramètres issus à la fois de l'analyse de la GTTT (Chapitre IV) et de la bibliographie (Soede et Kemp, 1995 ; Nissen *et al.*, 1997 ; Steverink *et al.*, 1999) : le rang de portée (RP), la durée de la lactation précédente (Dlac_prec), le nombre de porcelets sevrés à la lactation précédente (NS_prec), l'intervalle sevrage-œstrus (ISO) et l'intervalle entre l'insémination et l'ovulation (IIAO). Les informations concernant la durée de la lactation précédente, le nombre de porcelets sevrés à la lactation précédente et l'intervalle sevrage – œstrus ne sont pas disponibles pour les cochettes ce qui nous amène à les distinguer des truies dans notre modélisation de la fertilité biologique. Ces trois éléments (Dlac_prec, NS_prec et ISO) associés au rang de portée, nous permettront d'évaluer la fertilité d'une truie par rapport à la fertilité moyenne de l'élevage simulé, la fertilité « biologique » (Figure V.1). Le dernier paramètre (l'intervalle entre l'insémination et l'ovulation) intervient pour toutes les truies et exprime la dynamique d'évolution de la fertilité au cours de la période d'œstrus.

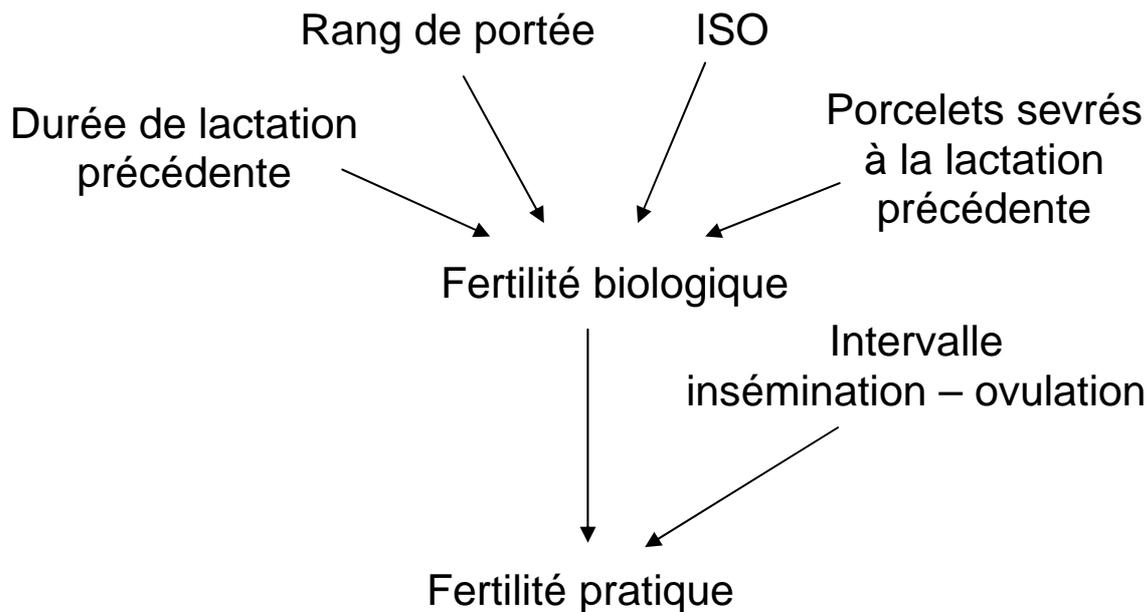


Figure V.1 : Paramètres utilisés pour estimer la fertilité théorique et la fertilité observée.
ISO : Intervalle Sevrage Œstrus

3.1.1. Les cochettes

La fertilité biologique des cochettes se définit uniquement par rapport à la fertilité moyenne observée dans l'élevage. Nous avons pu calculer, grâce à la GTTT, que la fertilité des cochettes correspond en moyenne à 94,3% de la fertilité moyenne du troupeau. Ainsi un élevage dont la fertilité moyenne est de 90%, verra ses cochettes attribuées d'une fertilité de 84,9%.

3.1.2. Les truies

Nous présentons dans cette partie les modèles adoptés, en accord avec les résultats du chapitre IV, pour chacun des 4 paramètres : rang de portée, durée de la lactation précédente, nombre de porcelets sevrés à la lactation précédente et durée de l'ISO.

Le rang de portée

Le rang de portée est considéré dans notre modèle comme une donnée discrète et son effet sera donc spécifié pour chaque rang de portée (RP_i).

La durée de lactation précédente

Lorsque la durée de lactation est comprise entre 12 et 30 jours, la fertilité suit une courbe de type exponentielle négative de type « $a e^{(-b/Dlac_prec)}$ ». La fertilité augmente avec la durée de lactation avant d'atteindre un seuil correspondant à 100% de fertilité. Le paramètre a ne doit donc pas dépasser un certain seuil afin de ne pas simuler une fertilité supérieure à 100%.

Tableau V.5 : Valeurs des coefficients du modèle utilisé pour calculer la fertilité en fonction du rang de portée (RP), du nombre de porcelets sevrés au rang de portée précédent (NS_prec), de la durée de la lactation précédente (Dlac_prec) et de la durée de l'intervalle entre le sevrage et l'oestrus (ISO).

Facteurs	Rang de portée (RP)									
	coefficient	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	94,3									
RP _i	-	0.00	3.63	4.28	4.77	5.22	5.60	5.99	6.33	
NS_prec	-									
a										2.3035
b										-0.2058
c										0.00538
Dlac_prec										
d										108
e										-0.2687
ISO										
f										6.2627
g										-0.6998
h										0.3123

Le modèle utilisé pour estimer le taux de fertilité théorique en valeur relative par rapport à la moyenne de l'élevage fixée à 100 selon le rang de portée est :

Pour le premier rang de portée, une valeur constante de 94,3%

Pour les rangs de portée suivants, si l'ISO est inférieur à 8 jours :

$$TF1_rel = x + RP_i + a NS_prec + b NS_prec^2 + c NS_prec^3 + d e^{(-eDlac_prec)} + f ISO + g ISO^2$$

et si l'ISO est de 8 jours ou plus :

$$TF1_rel = x + RP_i + a NS_prec + b NS_prec^2 + c NS_prec^3 + d e^{(-eDlac_prec)} + f x + g x^2 + h (ISO-7)$$

L'analyse de la GTTT indique que la moyenne de fertilité des élevages enregistrés est de 92,5%. Ainsi le coefficient a ne doit pas dépasser la valeur de 1,08 ($1,08 \times 0,925 = 0,999$)

Le nombre de porcelets sevrés au rang de portée précédent

Quand il est compris entre 3 et 20 porcelets sevrés, l'effet sur la fertilité est du type polynomial d'ordre 3 (« $a + b \text{ NS_prec} - c \text{ NS_prec}^2 + d \text{ NS_prec}^3$ »). La fertilité sera plus faible pour les truies avec de petites et de grandes portées sevrées

La durée de l'ISO

La représentation de l'effet de l'ISO est découpée en deux parties : pour un ISO de 1 à 7 jours, l'effet est polynomial d'ordre 2 puis entre 7 et 21 jours il est linéaire.

Nous avons ainsi deux modèles globaux pour estimer la fertilité de chaque truie en fonction de son histoire productive proche. Le premier quand l'ISO est compris entre 0 et 7 jours :

$$TF1_rel = x + RP_i + a \text{ NS_prec} + b \text{ NS_prec}^2 + c \text{ NS_prec}^3 + d e^{(-e/Dlac_prec)} + f \text{ ISO} + g \text{ ISO}^2 \quad (1)$$

et le second quand l'ISO est compris entre 8 et 21 jours :

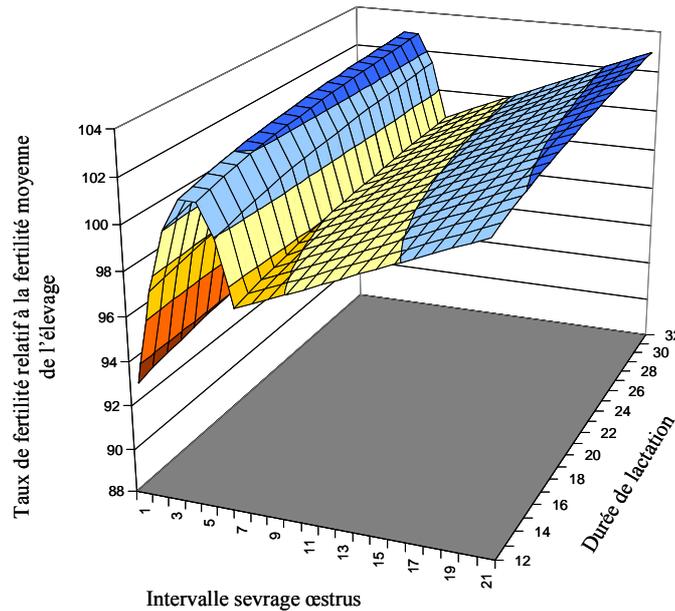
$$TF1_rel = x + RP_i + a \text{ NS_prec} + b \text{ NS_prec}^2 + c \text{ NS_prec}^3 + d e^{(-e/Dlac_prec)} + f x 7 + g x 7^2 + h (\text{ISO}-7) \quad (2)$$

où $TF1_rel$ correspond au taux de fertilité à la première insémination relativement à la fertilité moyenne de l'élevage, x correspond à l'ordonnée à l'origine, RP_i donne l'effet du rang de portée, a , b et c sont les paramètres décrivant l'effet du nombre de porcelets sevrés à la portée précédente, d et e ceux concernant l'effet de la durée de la lactation précédente, f et g les paramètres décrivant l'effet de la durée de l'ISO sur des durées de 0 à 7 jours, en considérant l'effet d'un ISO de 0 jour identique à l'effet d'un ISO de 1 jour et enfin le paramètre h correspond à l'effet de l'ISO après 7 jours.

Afin que les deux modèles soient continus le second modèle intègre un effet fixe correspondant à l'effet d'un l'ISO de 7 jours ($f x 7 + g x 7^2$).

Chaque modèle a ensuite été paramétré avec la procédure NLIN du logiciel SAS à partir des 1576987 données de fertilité récupérées dans la GTTT. Les résultats sont présentés dans le Tableau V.5. Avec ces paramètres nous pouvons par exemple calculer la fertilité biologique relative d'une truie venant de sevrer 12 porcelets lors de sa 3^{ème} lactation qui a duré 27 jours et dont l'ISO a été de 5 jours : 103,08% de la moyenne de l'élevage. Dans un élevage où le taux moyen de fertilité est de 90% cette fertilité correspond donc à 92,77%. Les figures V.2 à V.5 montrent l'évolution du taux de fertilité biologique relativement à la moyenne de l'élevage en fonction de l'ISO et de la durée de lactation (Figure V.2), de l'ISO et du nombre

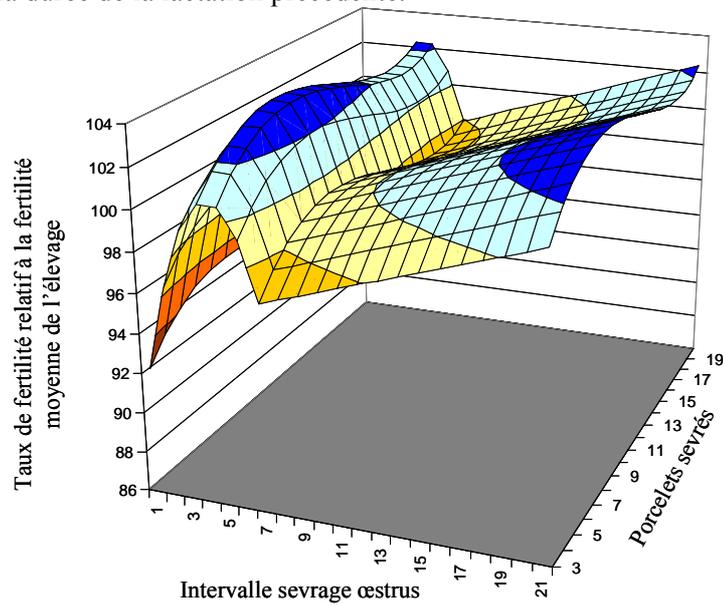
de porcelets sevrés (Figure V.3), de la durée de lactation et du nombre de porcelets sevrés (Figure V.4) et enfin l'effet du rang de portée (Figure V.5).



Taux de fertilité relatif à la fertilité moyenne de l'élevage

88-90	92-94	96-98	100-102
90-92	94-96	98-100	102-104

Figure V.2 : Taux de fertilité relatif à la fertilité moyenne de l'élevage en fonction de l'intervalle sevrage – œstrus et de la durée de la lactation précédente.



Taux de fertilité relatif à la fertilité moyenne de l'élevage

86-88	90-92	94-96	98-100	102-104
88-90	92-94	96-98	100-102	

Figure V.3 : Taux de fertilité relatif à la fertilité moyenne de l'élevage en fonction de l'intervalle sevrage – œstrus et du nombre de porcelets sevrés à la lactation précédente

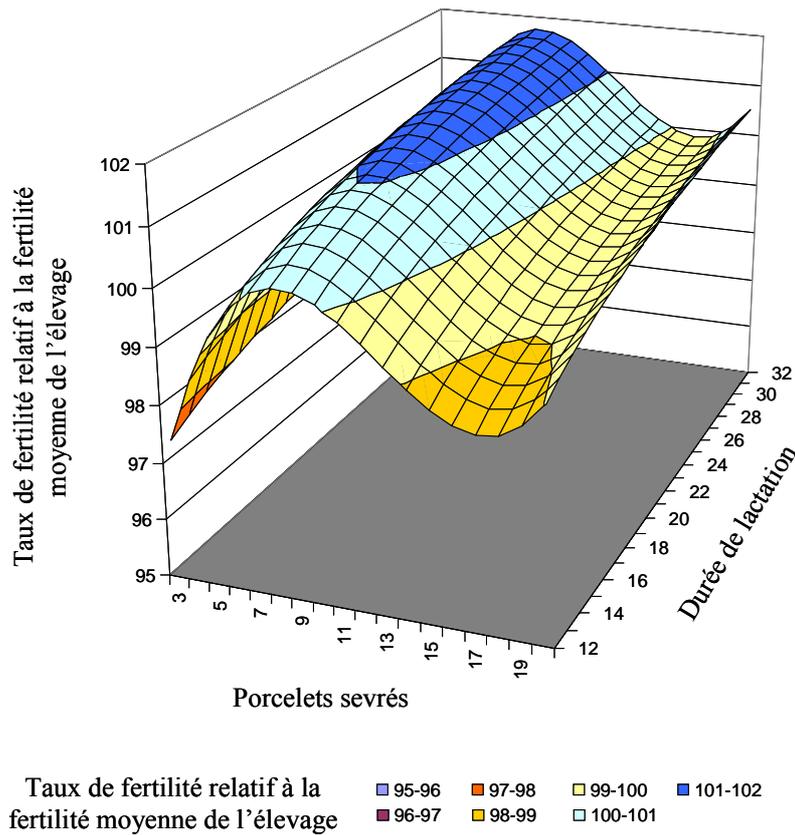


Figure V.4 : Taux de fertilité relatif à la fertilité moyenne de l'élevage en fonction du nombre de porcelets sevrés à la lactation précédente et de la durée de la lactation

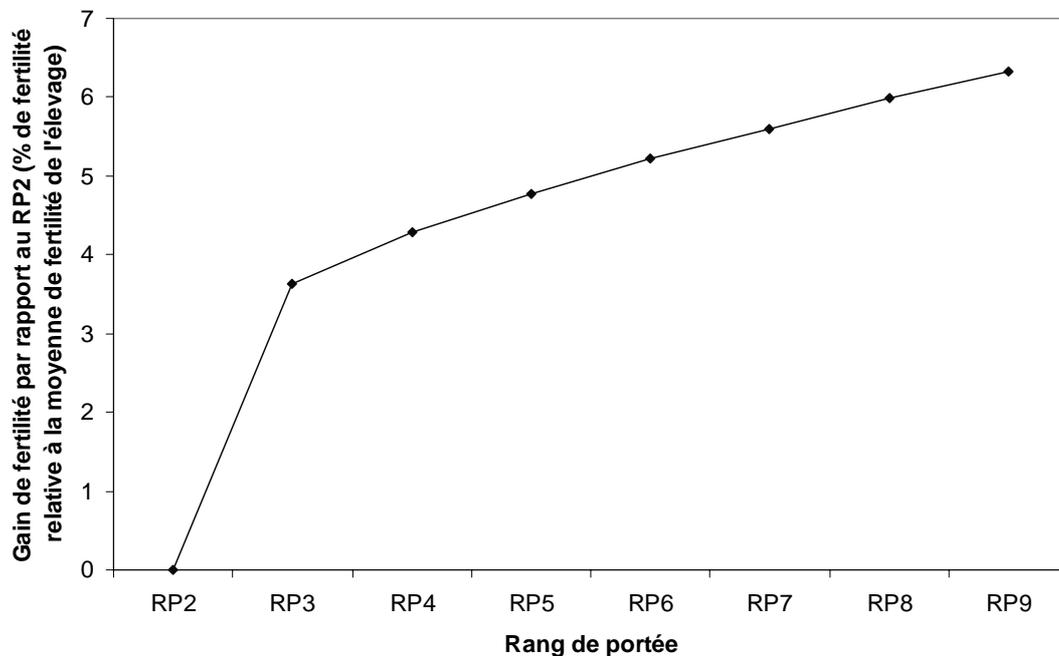


Figure V.5 : Gain de fertilité relative par rapport à la fertilité moyenne de l'élevage en fonction du rang de portée (base = second rang de portée).

3.1.3. La dynamique de la fertilité biologique au cours de l'œstrus

La fertilité biologique évolue au cours du temps comme le montre les études sur le taux de fertilité en fonction de l'intervalle de temps séparant l'insémination de l'ovulation (Weitze *et al.*, 1994 ; Soede *et al.*, 1995 ; Soede et Kemp, 1995 ; Weitze, 1995 ; Kemp et Soede, 1996 ; Nissen *et al.*, 1997 ; Steverink *et al.*, 1999 ; Steverink, 1999). La période optimale pour réaliser l'insémination varie selon les auteurs entre -28 (Nissen *et al.*, 1997) et +8 heures (Soede *et al.*, 1995) par rapport à l'ovulation. La période commune à toutes les études correspond aux 12 heures précédant l'ovulation et la période la plus fréquente aux 24 heures précédant l'ovulation (Kemp et Soede, 1997). Parmi toutes les études citées, il est rare d'avoir des données concernant des inséminations réalisées plus de 48 heures avant l'ovulation et plus de 24 heures après (Kemp et Soede, 1997). Aussi, dans SHOP, pour simplifier, nous considérons que le taux de fertilité est nul pour des inséminations intervenant 48 h avant et 24 h après l'ovulation et qu'il est maximal pour les inséminations survenant dans les 24 heures précédant l'ovulation. Les inséminations survenant en dehors de ces périodes auront des taux de fertilité intermédiaires. Cette représentation diffère de celle utilisée par Lamberson et Safranski (2000), la fertilité dans leur modèle augmentant jusqu'à l'ovulation avant de décroître par la suite mais sans jamais atteindre une fertilité nulle (Figure V.6). L'élément clé pour représenter la dynamique de la fertilité biologique concerne donc la détermination du moment de l'ovulation et nous verrons dans la section suivante comment le modéliser.

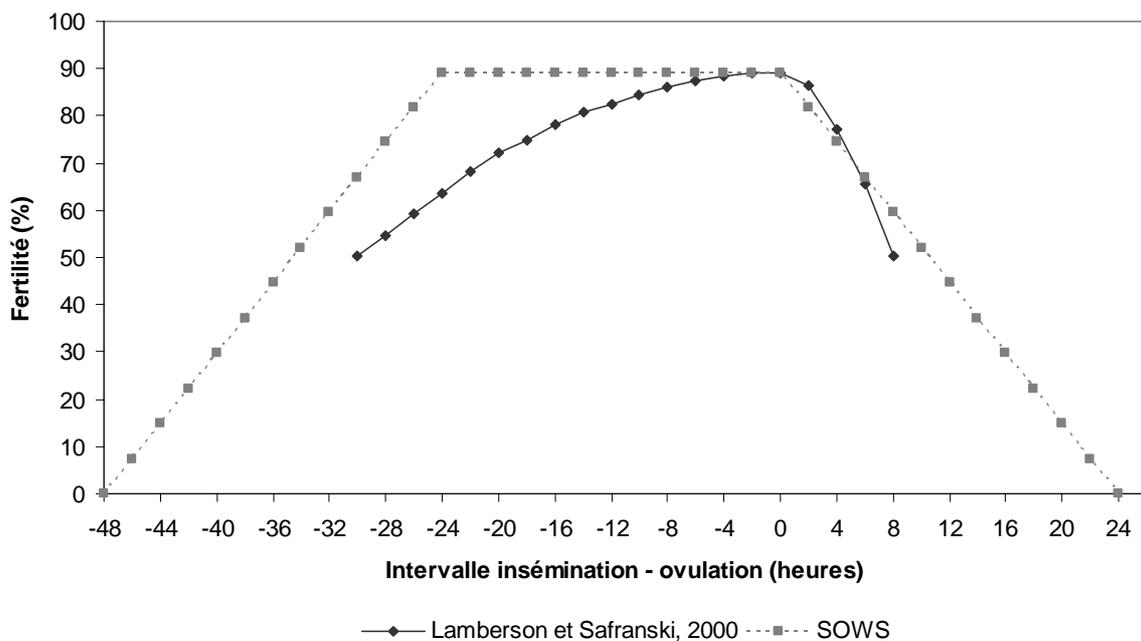


Figure V.6 : Fertilité en fonction de l'intervalle entre l'insémination et l'ovulation dans le modèle de Lamberson et Safranski (2000) et dans le modèle SHOP.

Mais avant nous devons prendre en compte le fait que la représentation de la dynamique de la fertilité biologique proposée ici tend à sous-évaluer la fertilité réelle des truies. En effet la fertilité biologique telle qu'elle est calculée correspond à une fertilité moyenne compte tenu de la variabilité des intervalles entre l'insémination et l'ovulation. Or dans notre approche dynamique, la fertilité biologique dans les 24 heures précédant l'ovulation, constitue le maximum de fertilité. Ainsi, la moyenne de fertilité simulée sera donc au mieux égale à la fertilité biologique (lorsque toutes les inséminations ont lieu dans la plage de fertilité maximale) mais plus généralement inférieure puisque les inséminations n'ont pas toutes eu lieu au moment optimum. Il est donc nécessaire de surévaluer la valeur de la fertilité biologique par le biais d'un coefficient correcteur afin d'obtenir la valeur fertilité durant la période optimale. Cette nouvelle valeur de fertilité est dénommée fertilité « maximale » des truies. Mais comme nous ne connaissons pas la proportion d'inséminations ayant lieu en dehors de la période optimale nous ne pouvons pas calculer le coefficient correcteur. Nous connaissons juste, à dire d'experts et selon les données de notre enquête (chapitre III), les pratiques d'insémination les plus fréquemment utilisées par les éleveurs. Cette connaissance nous permet de mettre en place une procédure pour estimer ce coefficient. En effet si nous parvenons à simuler, pour chacune de ces pratiques, la fertilité d'un nombre important de truies possédant une histoire productive similaire à celle observée en GTTT, nous obtiendrons théoriquement la valeur moyenne de fertilité de cette base minorée d'un facteur correspondant aux inséminations ayant lieu hors de la période optimale. Cette estimation fait donc intervenir les pratiques d'insémination des éleveurs, c'est pourquoi nous préférons décrire la représentation des pratiques dans le modèle (section 2) avant de présenter l'estimation de ce coefficient (section 3).

3.1.4. *Durée de l'œstrus et moment de l'ovulation*

Le modèle de Lamberson et Safranski (2000) estime initialement la durée de l'intervalle entre le sevrage et l'ovulation puis situent le début de l'œstrus en moyenne 40 heures avant l'ovulation. Nous n'utiliserons pas cette représentation dans SHOP, l'intervalle entre le début de l'œstrus et l'ovulation ne pouvant pas à notre avis être considéré constant. En effet, Soede et Kemp (1997) ont montré que l'ovulation intervenait à environ 70% de l'œstrus et plusieurs auteurs ont observé que chez les truies l'ISO et la durée de l'œstrus étaient liés (Kemp et Soede, 1996 ; Nissen *et al.*, 1997). Aussi, dans SHOP, nous modéliserons en premier lieu la durée de l'œstrus ce qui permettra ensuite de déterminer le moment de l'ovulation. Pour les cochettes, pour lesquelles les relations trouvées par Kemp et Soede (1996) et par Nissen *et al.*

(1997) ne peuvent s'appliquer puisqu'elles n'ont pas d'ISO, nous calculerons la durée de l'œstrus selon une loi normale $N(40,8 ; 1.1)$ estimée d'après Steverink *et al.* (1999). Pour les truies nous calculerons la durée théorique de l'œstrus en fonction de l'ISO selon les équations fournies par Kemp et Soede (1996) et par Nissen *et al.* (1997) puis prenons la moyenne de ces deux durées comme valeur moyenne de la durée d'œstrus avec une durée minimale de 24 heures. Nous ajouterons ensuite de la variabilité en ajoutant un terme d'erreur qui suit une loi normale $N(0 ; 4)$ (Figure V.7). Une fois la durée de l'œstrus déterminée, nous considérons que l'ovulation a lieu à 70% de l'œstrus.

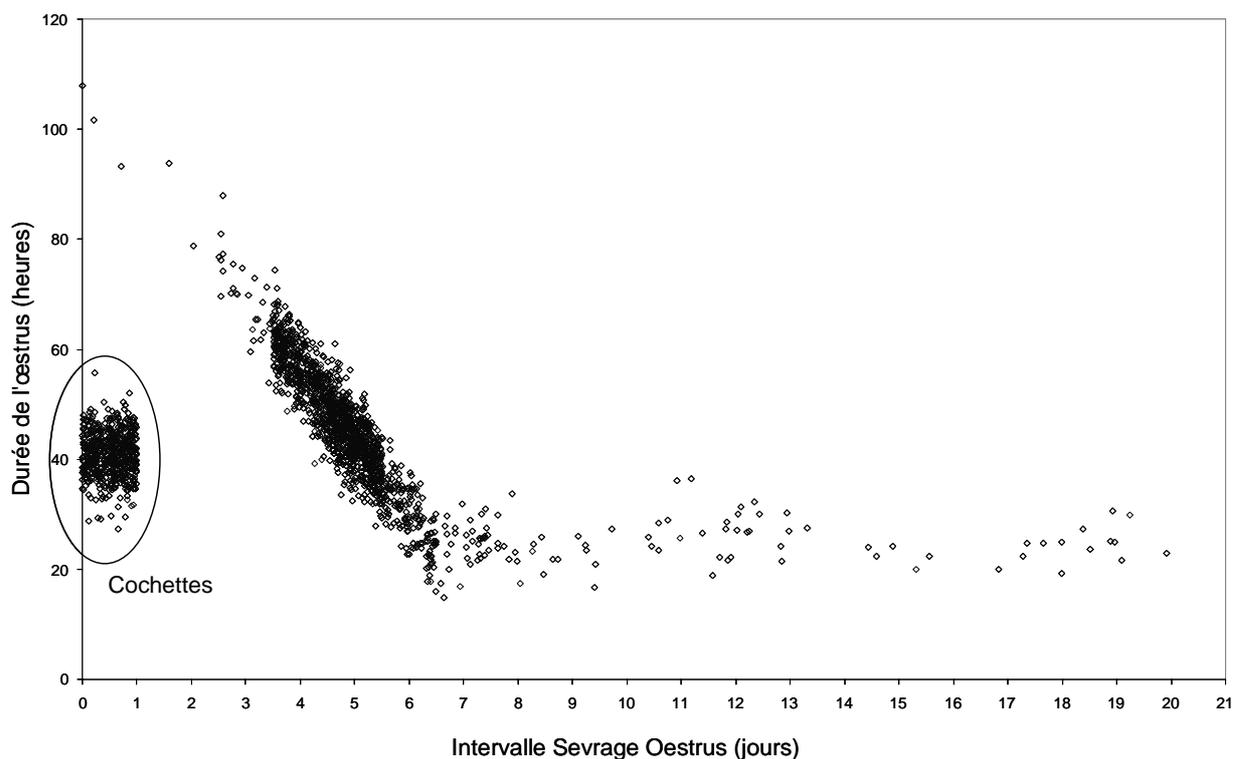


Figure V.7 : Simulation de la durée de l'œstrus en fonction de la durée de l'intervalle sevrage – œstrus (ISO) pour une population de 2000 truies représentative de la distribution retrouvée dans la GTTT. Les cochettes n'ont pas d'ISO mais une heure de début d'œstrus positionnée aléatoirement au cours de la journée. La durée de l'œstrus n'est pas liée au moment de la journée ou du début l'œstrus.

3.1.5. L'intervalle sevrage – œstrus

Pour représenter la durée de l'œstrus et donc le moment de l'ovulation, nous avons besoin d'une représentation de l'ISO.

Dans MaProSH, l'ISO est modélisé selon une loi normale avec une moyenne de 4,5 jours et un écart-type de 0,9 jours ce qui ne permet pas de représenter l'étalement des ISO entre 0 et 21 jours comme nous l'observons dans l'analyse de la GTTT (chapitre IV).

Dans SHOP, la répartition des ISO étant difficilement modélisable, nous proposons d'utiliser la répartition des ISO observée dans la GTTT pour chaque rang de portée (Tableau V.6).

Ainsi, pour chaque truie un tirage aléatoire détermine la durée de son ISO en jours. La durée réelle sera tirée aléatoirement dans les 24 heures qui entourent cette durée moyenne. Par exemple pour une durée moyenne de l'ISO de 3 jours, l'ISO réel sera tiré aléatoirement entre 2 jours et 12 heures et 3 jours et 12 heures.

Tableau V.6 : Répartition des durées d'ISO observées dans la GTTT en % des ISO observés par rang de portée.

Répartition des ISO (en %)	Rang de portée								
	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0,11	0,11	0,11	0,09	0,10	0,09	0,13	0,08	
1	0,12	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,16	0,10	
2	0,28	0,25	0,25	0,24	0,27	0,27	0,26	0,29	
3	1,60	1,57	1,61	1,62	1,68	1,51	1,50	1,48	
4	28,61	30,99	32,08	32,12	32,93	31,81	31,61	31,80	
5	46,16	48,88	49,10	49,85	49,93	50,79	51,37	51,67	
6	13,14	11,18	10,35	9,95	9,64	10,10	9,82	9,97	
7	3,43	2,51	2,20	2,15	1,82	2,01	2,02	1,89	
8	1,41	0,95	0,82	0,74	0,65	0,69	0,73	0,59	
9	0,82	0,51	0,45	0,41	0,33	0,34	0,36	0,34	
10	0,60	0,36	0,32	0,32	0,26	0,26	0,26	0,22	
11	0,76	0,45	0,41	0,37	0,33	0,31	0,26	0,24	
12	0,90	0,54	0,54	0,52	0,45	0,41	0,39	0,33	
13	0,43	0,26	0,25	0,25	0,23	0,19	0,17	0,18	
14	0,27	0,20	0,20	0,20	0,21	0,16	0,18	0,12	
15	0,20	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14	0,10	0,11	
16	0,17	0,13	0,13	0,12	0,12	0,09	0,10	0,07	
17	0,17	0,12	0,13	0,11	0,12	0,09	0,07	0,07	
18	0,26	0,22	0,22	0,18	0,18	0,17	0,14	0,14	
19	0,31	0,28	0,30	0,27	0,25	0,23	0,22	0,19	
20	0,15	0,13	0,15	0,14	0,14	0,13	0,08	0,09	
21	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,05	0,04	

3.2. La fertilité « pratique »

La fertilité réelle sera la résultante de la fertilité biologique et des pratiques de détection et d'insémination. Trois critères sont importants pour la représentation de ces pratiques : l'heure du sevrage, le nombre de séances de détection des œstrus par jour (ainsi que leurs horaires) et le protocole d'insémination utilisé. Le moment où l'œstrus commence sera abordé différemment selon que l'animal soit une cochette ou une truie.

Nous proposons dans les paragraphes suivants de décrire en premier lieu la représentation dans SHOP des ISO puis la représentation des pratiques.

3.2.1. *Le moment où débute l'œstrus*

Ce moment est défini par l'interaction entre le moment du sevrage et la durée de l'ISO pour les truies, par la durée du cycle sexuel pour les cochettes qui ne sont pas synchronisées et par

l'intervalle entre l'arrêt du traitement hormonal et le début de l'œstrus pour les autres. Par simplification, le modèle SHOP considère que toutes les cochettes sont synchronisées.

Nous avons vu précédemment la représentation de l'ISO dans le modèle et nous détaillerons ci-dessous le moment du sevrage. Le moment où débute l'œstrus est donc la résultante de ces deux paramètres (un sevrage réalisé à 10h le jeudi et un ISO de 4 jours et 10 heures font que l'œstrus débutera le lundi à 20 heures).

Dans MaProSH les cochettes étaient modélisées de la même façon que les truies primipares. Dans SHOP, les cochettes viennent en œstrus après l'arrêt du traitement hormonal selon la distribution décrite par Martinat-Botté *et al.* (1990) et présentée dans le Tableau V.7. Afin que ces cochettes soient en chaleur en même temps que leur bande d'insertion, le traitement sera arrêté la veille du sevrage de cette bande.

Tableau V.7 : Répartition des intervalles entre l'arrêt du traitement hormonal de synchronisation des œstrus (IATO) et la venue en œstrus des cochettes traitées (d'après Martinat-Botté et al. 1990)

IATO (jours)	Pourcentage des cochettes
4	1,93
5	40,87
6	44,59
7	10,43
8	0,49
9	1,69

3.2.2. Le sevrage et la détection des œstrus

La représentation du sevrage ne sera pas modifiée entre MaProSH et SHOP et il sera donc défini par un jour et une heure d'occurrence. La pratique de détection des œstrus sera aussi conservée à l'identique pour ce qui concerne sa définition temporelle (période de détection et nombre de détections par jour). Par contre la représentation de l'efficacité de la détection est modifiée. Dans MaProSH, la détection de l'œstrus était plus ou moins efficace en fonction du rang de portée et la qualité de détection était estimée par différence entre l'ISO théorique et l'ISO observé en GTTT. Ainsi dans le cas d'un ISO moyen observé de 7 jours et avec un ISO théorique de 4,5 jours (cf. ci-dessus), le taux de détection du 1^{er} œstrus était de 88% environ car il y a alors 88% des truies avec un ISO de 4,5 jours et 12% avec un ISO de 25,5 jours (un œstrus non détecté survient après 4,5 jours puis le second à lieu 21 jours plus tard). Dans SHOP, le pourcentage d'œstrus non détectés correspondra au pourcentage de truies qui ont dans la GTTT des ISO supérieurs à 21 jours (2%).

3.2.3. Les inséminations

Nous proposons de décrire les protocoles d'insémination sur la base de 3 critères : le nombre d'inséminations totales par truie (allant de une seule insémination à des inséminations répétées tant que la truie est en œstrus), le nombre d'inséminations par jour (1 ou 2) et le délai entre la détection d'œstrus et la 1^{ère} insémination (0, 12 ou 24 heures). Les protocoles d'inséminations les plus fréquents sont, à dire d'experts et selon les données de l'enquête (chapitre III), les protocoles avec deux inséminations par jour, 3 inséminations au total et une première insémination soit dès la détection de l'œstrus, soit environ 12h après. Les résultats de fertilité obtenus avec ces deux protocoles serviront à calculer la fertilité maximale (section 1.3). Avec cette représentation, chaque insémination surviendra ainsi à un moment différent de la dynamique de la fertilité biologique, associant une insémination à une fertilité. Seule l'insémination avec la fertilité la plus élevée sera retenue et sera dénommée fertilité « pratique ».

3.3. Mise en œuvre de ces représentations sous Excel®

Les représentations proposées dans les paragraphes précédents permettent d'établir un processus de calcul afin d'estimer la fertilité des truies (Figure V.8) que nous mettons en œuvre dans un tableur.

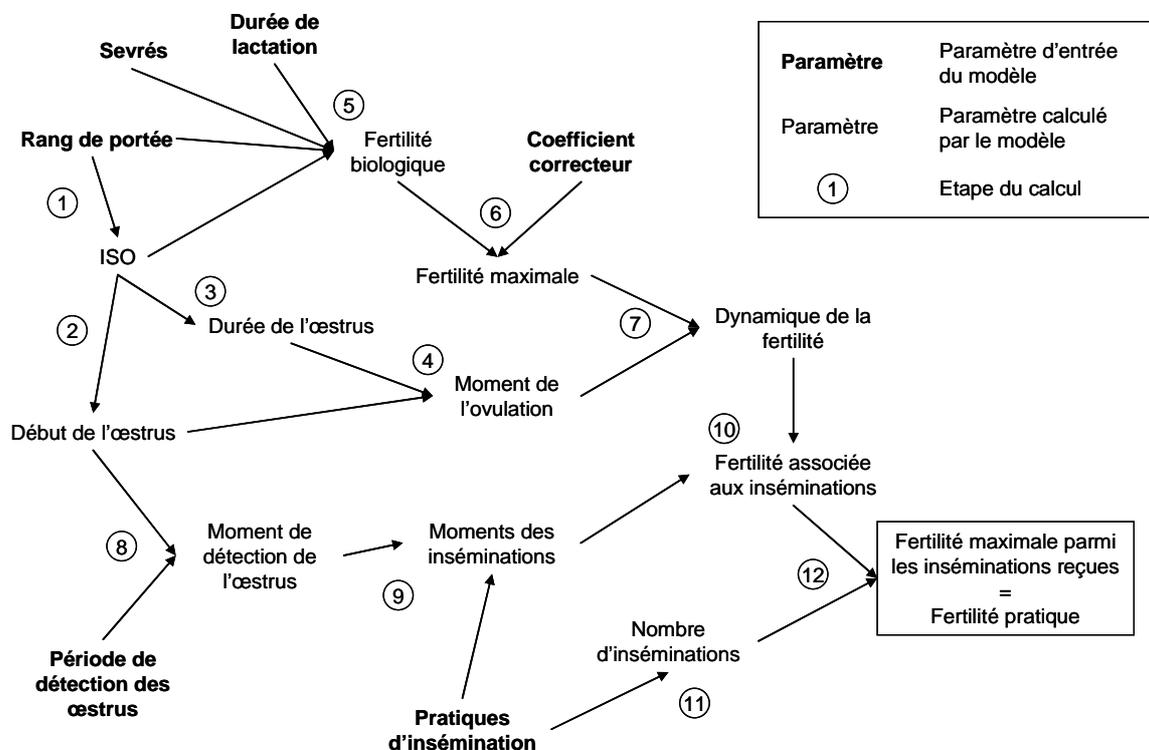


Figure V.8 : Le processus de calcul de la fertilité pratique mis en œuvre dans le modèle réalisé sous Excel© et reflétant le calcul proposé pour le modèle SHOP. Les seules différences entre ce processus et celui qui sera mis en œuvre dans SHOP concernent l'origine des paramètres « rang de portée », « sevrés », et « durée de lactation » qui seront des paramètres calculés dans SHOP.

3.3.1. Description du modèle

Nous avons généré aléatoirement 2000 femelles dont la structure démographique correspond à celle observée dans la GTTT (Tableau V.8).

Tableau V.8 : Répartition des truies en fonction de leur rang de portée* dans la base de données de la GTTT.

Rang de portée	Nombre de truies	Pourcentage	Pourcentage cumulé
1	611069	26,98	26,98
2	423396	18,69	45,67
3	357569	15,79	61,45
4	287340	12,68	74,14
5	221387	9,77	83,91
6	161118	7,11	91,02
7	107474	4,74	95,77
8	63263	2,79	98,56
9	32610	1,44	100

* Les cochettes ont un rang de portée de 1 puisque les informations recueillies correspondent à leur première gestation.

Initialement nous calculons la fertilité biologique pour chacune des truies générées. Puis, pour 12 protocoles d'inséminations et 2 protocoles de détection des œstrus (Tableau V.9), nous calculons pour chaque truie la fertilité pratique. Enfin nous calculons la moyenne de fertilité pour les 2000 truies pour chaque protocole testé permettant d'obtenir la fertilité du troupeau. L'encadré V.1 et la Figure V.9 décrivent et illustrent un exemple du fonctionnement du modèle pour 3 truies.

Encadré V.1 : Exemple de fonctionnement du modèle de fertilité pour 3 truies

Nous situons cet exemple dans le cadre d'un élevage avec deux détections des œstrus par jour à 8h et à 17h et pour trois truies (T1, T2 et T3) qui viennent en œstrus respectivement à 7h, 13h et 20h. Le délai entre le début de l'œstrus et sa détection sera dans ce cas de 1h, 4h et 12h pour les truies T1, T2 et T3 respectivement. Pour chaque truie la fertilité biologique est calculée ainsi que la durée de l'œstrus et le moment de l'ovulation. A partir de ces informations le modèle représente la dynamique de la fertilité biologique pour chacun des truies (Figure 9). Le modèle estime ensuite la fertilité biologique associée à chaque insémination réalisée tant que la truie est toujours en œstrus. Dans le cas d'un protocole d'insémination « 12-12-12 » (2 inséminations par jour, avec 3 inséminations maximum et la première est réalisée lors de la séance de détection des œstrus suivant celle qui a révélé la chaleur), les truies sont inséminées 10h, 25h et 34h après le début de l'œstrus pour la première ; 19h, 28h et 43h après le début de l'œstrus pour la seconde ; 21h après le début de l'œstrus pour la troisième qui n'est plus en œstrus pour les inséminations suivantes (Figure 9). La fertilité retenue pour chacune des truies correspond à la fertilité maximale pour les truies 1 et 2, et à une valeur inférieure pour la truie 3.

Tableau V.9 : Fertilités prédites en fonction du nombre de détection d'oestrus par jour et du protocole d'insémination utilisé.

N°	Protocole IA		2 détections à 8h et 17h			1 détection à 8h			Effet du nombre de détections sur la fertilité	
	Délai entre la détection et la 1ère IA	Nombre d'IA par jour	Nombre maximum d'IA par truie	Fertilité globale (%) ¹	Nombre d'IA en moyenne	% de truies non inséminées	Fertilité globale (%) ¹	Nombre d'IA en moyenne		% de truies non inséminées
1	0	2	Autant que possible	93,3 ^a	3,7	0,00	92,8 ^a	3,3	0,35	***
2	0	2	3	93,1 ^b	2,9	0,00	92,7 ^a	2,7	0,35	***
3	0	1	2	93,1 ^b	1,9	0,00	92,7 ^a	1,7	0,35	***
4	12	2	Autant que possible	91,9 ^c	2,7	0,95	88,2 ^b	2,3	3,79	***
5	12	2	2	91,8 ^c	1,9	0,95	88,1 ^b	1,7	3,79	***
6	12	2	3	91,9 ^c	2,5	0,95	88,2 ^b	2,2	3,79	***
7	12	-	1	89,5 ^d	1,0	0,95	85,9 ^c	1,0	3,79	***
8	24	-	1	77,9 ^e	0,9	10,47	58,1 ^d	0,7	28,29	***
9	24	1	Autant que possible	78,1 ^e	1,1	10,47	58,2 ^d	0,8	28,29	***
10 ²	Variable	Variable	2	93,3 ^a	2,0	0,00	92,2 ^e	1,9	0,39	***
11 ³	Variable	1	2	92,7 ^f	1,8	0,33	-	-	-	***
12 ⁴	Variable	2	3	92,5 ^g	2,7	0,48	90,4 ^f	2,4	2,07	***

¹ Les fertilités avec des lettres différentes au sein de la colonne sont statistiquement différentes.

² Ce protocole correspond à différents protocoles choisis en fonction de la durée de l'ISO : protocole n°8 (limité à 2 IA) pour des ISO de moins de 3,5 jours, protocole n°4 pour des ISO entre 3,5 et 5 jours et protocole n°2 (limité à 2 IA) pour les ISO plus longs que 5 jours

³ Ce protocole correspond à un protocole d'insémination où les truies sont inséminées uniquement le matin : les truies détectées le matin sont inséminées tout de suite, les truies détectées le soir sont inséminées environ 12h plus tard. Ce protocole correspond au protocole 3 dans le cas où il n'y a qu'une seule détection par jour.

⁴ Ce protocole correspond à la moyenne des protocoles n° 2 et 6

a. La fertilité biologique

Pour chaque truie, un intervalle sevrage œstrus a été simulé en respectant la proportion observée dans la GTTT pour chaque rang de portée (section 2.1, étape 1 sur la Figure V.8) ce qui permet en même temps de calculer le moment où débute l'œstrus (étape 2). L'ISO nous permet aussi de calculer la durée de l'œstrus (étape 3) et donc le moment de l'ovulation (étape 4). Nous calculons ensuite pour chaque truie la fertilité biologique relative à la fertilité moyenne de la GTTT (qui est de 92,6%) selon l'équation (1) ou (2) (en fonction de la durée de l'ISO) et le résultat varie donc en fonction du rang de portée et de l'ISO. Par souci de simplification, les autres paramètres intervenant dans ce calcul (nombre de porcelets sevrés à la lactation précédente et durée de la lactation précédente) sont fixés à la valeur moyenne observée dans la GTTT (étape 5).

Pour les cochettes nous tirons aléatoirement le moment où débute l'œstrus et la valeur de fertilité biologique relative (à la fertilité moyenne de la GTTT) à partir d'une loi normale $N(0,943;1)$ (section 1.1).

La fertilité biologique est alors calculée par multiplication de la fertilité biologique relative par la fertilité moyenne. La durée de l'œstrus et le moment d'ovulation sont calculés selon le principe décrit dans la section 1.4.

Enfin la fertilité maximale est obtenue par multiplication de la fertilité biologique par un coefficient correcteur (noté α) (étape 6), qu'il faut estimer (section 1.3).

L'ensemble de ces opérations permet donc de représenter la dynamique complète de la fertilité biologique (étape 7).

b. La fertilité pratique

Pour calculer cette fertilité pratique, nous représentons les pratiques de détection des œstrus et d'insémination. Nous proposons de tester 2 protocoles de détection des œstrus (1 passage par jour à 8h et deux passages par jour à 8h et 17h) et 12 protocoles d'inséminations (Tableau V.9). Ces protocoles sont variables en fonction du nombre d'inséminations totales par truie (allant d'une seule insémination à des inséminations répétées tant que la truie est en œstrus), du nombre d'insémination par jour (1 ou 2) et du délai entre la détection d'œstrus et la 1^{ère} insémination (0, 12 ou 24 heures). Par soucis de simplification, nous considérons que les inséminations ont lieu au même moment que les détections d'œstrus, les protocoles avec deux inséminations par jour effectueront donc ces inséminations à 8h et 17h. Le modèle calcule initialement le moment où est détecté l'œstrus à partir des pratiques de détection des œstrus

(étape 8). Puis grâce aux pratiques d'insémination, le moment où intervient l'insémination (étape 9) et le nombre d'inséminations effectuées (étape 10). Chaque insémination est alors associée à une fertilité biologique (étape 11) et le modèle retient *in fine* la fertilité la plus élevée parmi les inséminations effectuées (étape 12).

c. La fertilité du troupeau

Cette fertilité correspond à la fertilité moyenne des 2000 truies. Une fertilité est calculée pour chaque protocole d'insémination et de détection.

Les protocoles avec 2 détections par jour, deux inséminations par jour et une première insémination soit dès la détection, soit environ 12h après sont les protocoles les plus fréquemment utilisés par les éleveurs selon les experts et les résultats de notre enquête. Ce sont donc ces deux protocoles qui servent de référence pour estimer la valeur du coefficient correcteur α : la moyenne de fertilité obtenue avec ces deux protocoles doit être égale à la fertilité moyenne de la GTTT multipliée par le facteur α . La valeur estimée pour coefficient correcteur α avec notre modèle est de 1,005. La fertilité maximale d'une truie est donc égale à 1,005 fois la fertilité biologique calculée par les équations (1) et (2).

3.3.2. Résultats et discussion

Le Tableau V.9 synthétise, pour chaque protocole de détection et d'insémination, les résultats de fertilité, le nombre moyen d'insémination par truie et le pourcentage de truies n'ayant pas été inséminées.

Le protocole 1 correspond à des inséminations qui sont réalisées dès la détection de l'œstrus, 2 fois par jour (lors des sessions de détection des œstrus) et jusqu'à la fin de l'œstrus. Il y a donc au plus 15 heures entre deux inséminations et la fertilité maximale est donc atteinte pour toutes les truies sauf celles dont la détection de l'œstrus survient après l'ovulation. Nous présentons Figure V.10 le taux de fertilité en fonction de l'ISO pour ce protocole. Nous avons choisi cette représentation car l'ISO intervient à la fois dans le calcul de la fertilité biologique et dans le calcul de sa dynamique puisqu'il est lié à la durée de l'œstrus. Sur cette Figure V.10 nous retrouvons deux effets inclus dans notre modèle : l'effet de l'ISO sur la fertilité (parabole entre 1 et 7 jours puis augmentation linéaire) et l'effet du rang de portée (avec une augmentation du taux de fertilité avec le rang de portée).

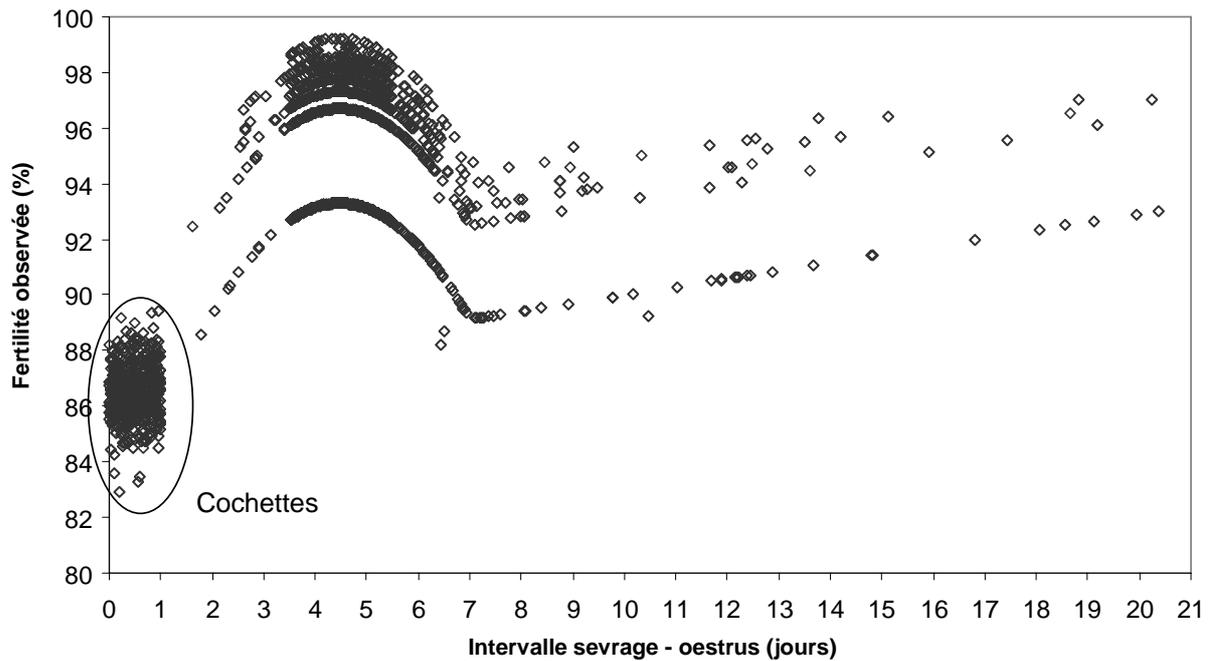


Figure V.10 : Taux de fertilité réel simulé pour un protocole d'insémination à 2 inséminations par jour, de la détection à la fin du comportement d'oestrus.

La Figure V.11 représente également le taux de fertilité en fonction de l'ISO mais pour le protocole 6 dans lequel la première insémination a lieu environ 12h après la détection. Entre 0 à 5 jours d'ISO, la forme de la courbe est identique à celle obtenue avec le protocole 1 mais on observe ensuite un étalement des fertilités entre 0 et le maximum.

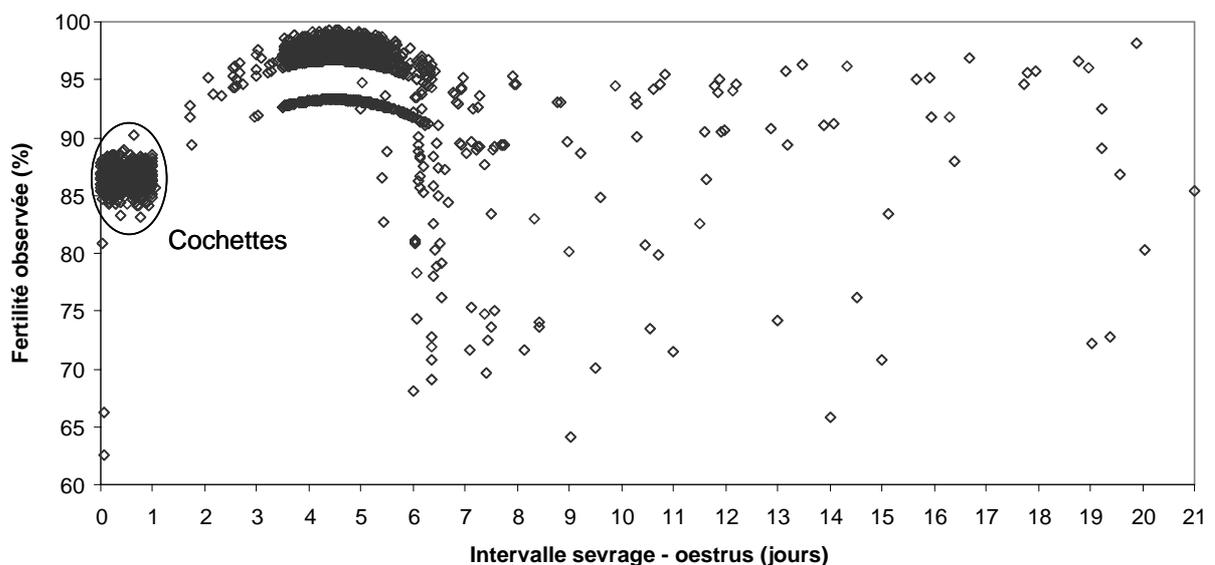


Figure V.11 : Taux de fertilité réel simulé avec un protocole d'insémination à 2 inséminations par jours la première insémination survenant 12 heures après la détection.

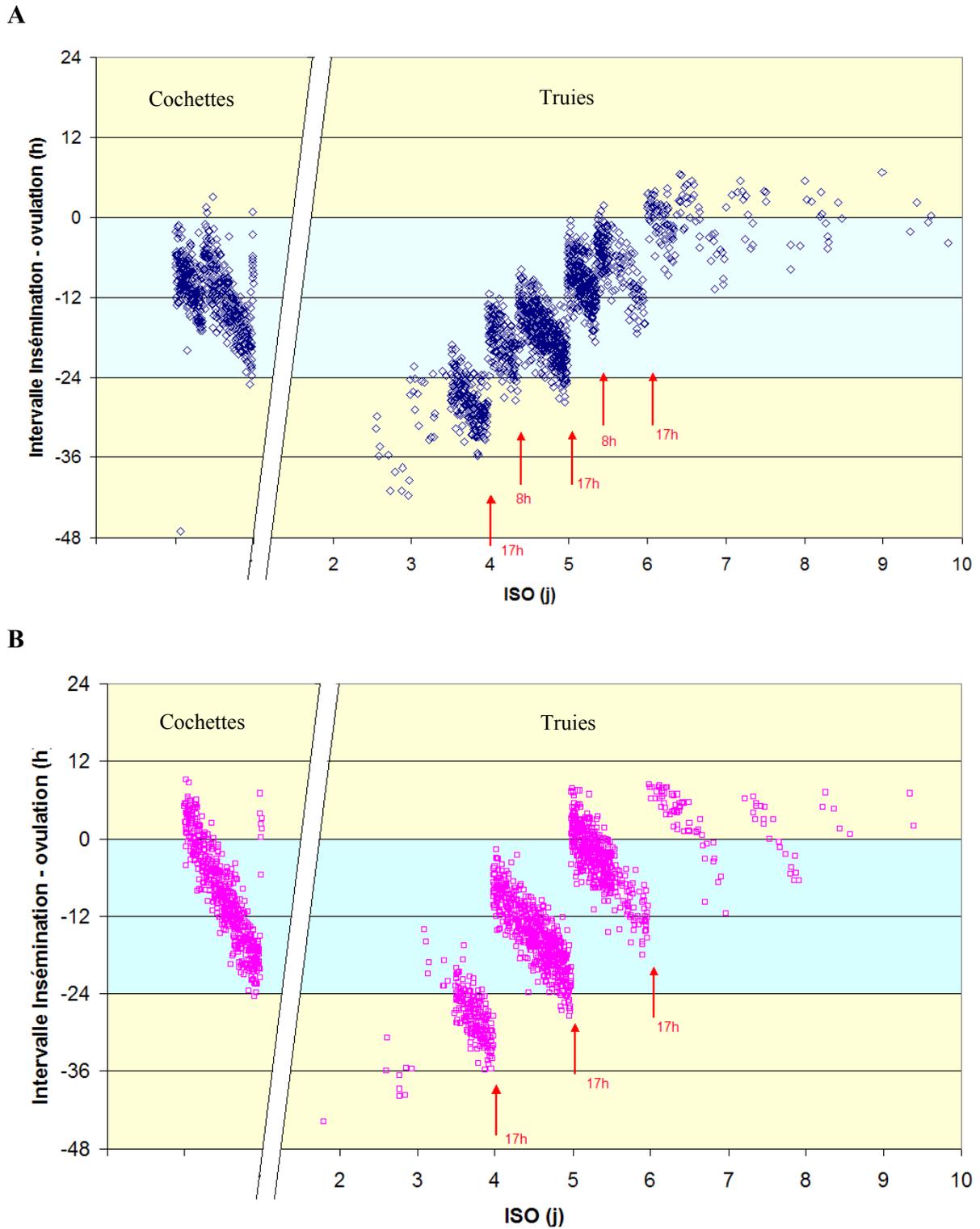


Figure V.12 : Intervalle entre l'insémination et l'ovulation pour les inséminations réalisées lors de la séance d'insémination suivant la détection de l'œstrus (9 à 15 heures après la détection dans le cas où il y a 2 séances de détection des œstrus par jour, **A** ; 9 heures après la détection dans le cas où il y a 1 séance de détection des œstrus par jour, **B**). La période optimale pour réaliser les inséminations est présentée en bleu, les périodes sub-optimales sont en jaune pâle. Les flèches rouges indiquent les séances d'inséminations.

Pour expliquer ce phénomène nous pouvons analyser l'évolution de la durée de l'intervalle entre la première insémination et l'ovulation en fonction de l'ISO (Figure V.12A). Cet intervalle est long quand l'œstrus est détecté peu de temps après qu'il ait commencé et inversement il est court lorsque l'œstrus débute juste après la séance de détection et qu'il n'est donc détecté qu'environ 12h plus tard. Toutes les premières inséminations pratiquées après l'ovulation (intervalle positif) n'atteignent donc pas la fertilité maximale. La proportion de truies dans cette situation augmente lorsque le délai séparant deux périodes de détection s'accroît, comme le montre la répartition des intervalles insémination – ovulation pour un protocole avec une seule détection des œstrus par jour (Figure V.12B). Ceci explique la différence de fertilité entre les deux pratiques de détection d'œstrus et entre les pratiques d'insémination qui présentent des délais détection-première insémination différents.

L'effet du nombre d'inséminations par truie sur la fertilité est faible mais va dans le sens d'une augmentation de la fertilité avec le nombre d'inséminations. Dans la majorité des cas nous pouvons voir (Tableau V.9) que les protocoles avec 2 inséminations (protocoles 3 et 5) ont des fertilités moyennes identiques aux protocoles similaires mais avec 3 inséminations ou plus (protocoles 2, 4 et 6). Si nous considérons le protocole 12, qui correspond à la moyenne des protocoles supposés les plus fréquents parmi les éleveurs suivis en GTTT, le modèle prédit environ 2,7 inséminations par truie. Cette valeur est assez proche du nombre d'inséminations ($2,5 \pm 0,4$) obtenu par Boulot et Badouard (sous presse) dans une enquête réalisée en 2007. Le protocole 10, dans lequel le délai et la fréquence des inséminations sont ajustées en fonction de la durée de l'ISO, permet d'obtenir une fertilité comparable à celle observée avec le protocole 1 (protocole avec la fertilité du troupeau la plus élevée) pour 1,7 inséminations de moins par truie (3,7 vs. 2,0). Toutefois, les protocoles 2 et 3 permettent d'obtenir presque la même efficacité avec respectivement 2,9 et 1,9 inséminations par truies. De plus ces protocoles ont une meilleure fertilité que le protocole 10 lorsque la détection des œstrus n'est réalisée qu'une fois par jour.

Les résultats des simulations semblent donc privilégier des protocoles dans lesquels les truies sont inséminées dès la détection d'œstrus puis réinséminées 24h plus tard. Cependant ce résultat est à nuancer, notamment concernant l'intervalle entre la 1^{ère} et la 2^{ème} insémination. En effet dans notre modèle la plage de fertilité maximale est considérée comme un attribut identique pour toutes les truies du modèle et dure 24h. Il n'y a donc aucun intérêt à réaliser 3 inséminations successives en 24 heures (corrélation de 1 entre la fertilité obtenue avec le protocole 2 et celle obtenue avec le protocole 3). En effet si la 1^{ère} insémination survient entre 24 et 48 heures avant l'ovulation (Figure V.13, cas 1), une insémination 24h plus tard

surviendra forcément dans la plage de fertilité maximale. Si elle intervient plus de 48 heures avant l'ovulation alors la fertilité maximale sera aussi obtenue pour l'insémination située 24h plus tard (Figure V.13, cas 2). Il pourrait donc être judicieux de représenter la plage de fertilité maximale comme une caractéristique individuelle des animaux, mais nous manquons de données pour savoir dans quelle mesure cette durée est variable. En première approximation nous avons testé une variabilité suivant une loi normale $N(0 ; 1)$ appliquée sur les deux bornes délimitant la plage de fertilité maximale. Ce changement permet de mettre en évidence un effet minime du rythme d'insémination sur la fertilité : +0,05% de fertilité pour les protocoles avec 2 inséminations par jour par rapport aux protocoles avec 1 insémination par jour (résultats non présentés)

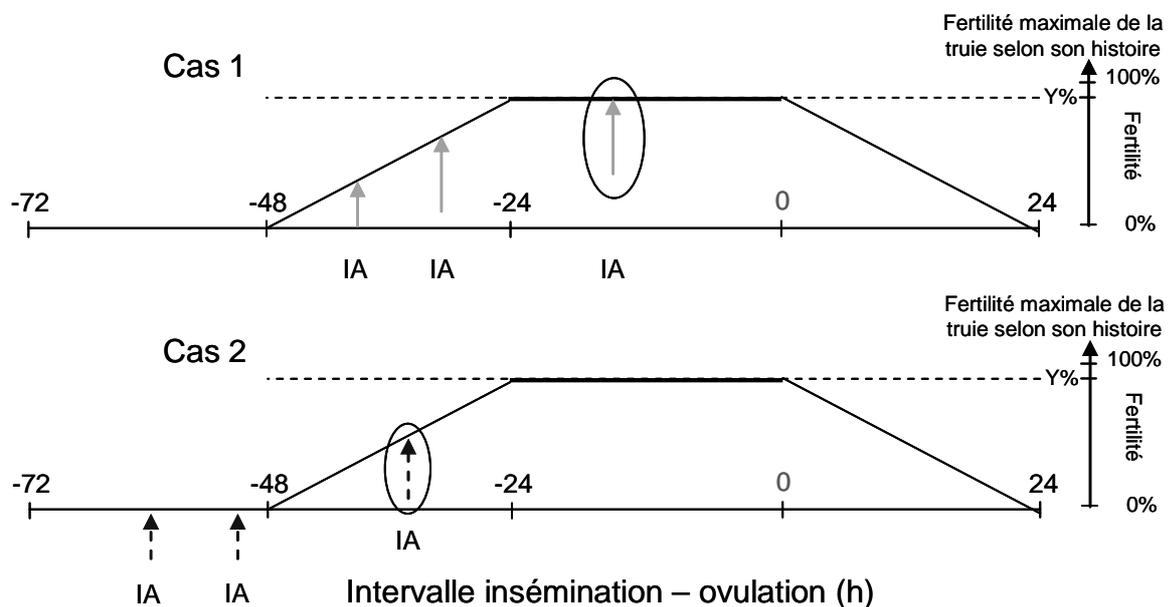


Figure V.13 : Variation de la fertilité observée en fonction de l'insémination dans un protocole avec 3 inséminations en 24 heures. L'insémination entourée est celle avec la fertilité la plus élevée.

3.4. Conclusion sur la modélisation autour des inséminations

La modélisation que nous proposons, même si elle est simplifiée (notamment dans sa représentation de la dynamique de la fertilité au cours de l'œstrus et dans la représentation des venues en chaleur des cochettes), permet de prendre en compte les interactions entre la biologie et les pratiques et d'en prédire les effets sur les performances. Elle permet ainsi de comparer l'effet de différentes associations de protocoles de détection des œstrus et d'insémination sur la fertilité du troupeau.

Il ressort de notre modèle que les protocoles avec 2 détections des œstrus par jour et avec une première insémination dès la détection puis une seconde 24h plus tard sont ceux qui

obtiennent la meilleure fertilité. Les critères qui influencent le plus la fertilité sont le nombre de détections des œstrus par jour (les protocoles avec 2 détections par jour ayant une meilleure fertilité que les protocoles avec 1 détection par jour), le délai entre la détection et l'insémination (les protocoles les plus fertiles étant ceux où la première insémination est réalisée dès la détection, notamment s'il n'y a qu'une seule détection par jour) et le nombre d'insémination (plus le nombre d'insémination augmente plus la fertilité augmente).

4. La représentation des pratiques et des lois biologiques autour de la mise bas

Dans MaProSH le nombre de porcelets nés vivants était dépendant uniquement du rang de portée et le nombre de porcelets sevrés était modélisé à partir du nombre de porcelets nés totaux. Cette modélisation incluait les pratiques d'adoptions permettant par exemple à une truie de mettre bas 8 porcelets et d'en sevrer 11. Par ailleurs l'histoire productive d'une truie n'était pas prise en compte dans le calcul de sa prolificité. Or plusieurs études ont montré un effet de l'histoire productive sur la taille de la portée (cf. chapitre I) et notre enquête a mis en évidence différentes attitudes des éleveurs dans la gestion des truies et des porcelets autour de la mise bas (chapitre III.X). Ceci nous amène à réfléchir à la modification, de la façon de déterminer le nombre de porcelets nés et à la possibilité de mieux représenter les pratiques de l'éleveur autour de la mise bas. Nous exposerons en premier lieu le travail de modélisation de l'effet de l'histoire productive sur le nombre de porcelets nés totaux qui a été effectué à partir de la base de données de la GTTT puis nous proposerons une représentation possible des pratiques autour de la mise bas et de leurs effets sur la productivité.

4.1. Influence de l'histoire productive des truies sur leur prolificité

Pour s'affranchir de l'effet « élevage » et dans l'objectif d'une modélisation simplifiée, les données individuelles concernant le nombre de porcelets nés totaux par portée et la durée de la lactation ont été exprimées, comme la fertilité précédemment, relativement à la moyenne de toutes les portées de l'élevage (qui constitue une entrée du modèle). La modélisation de l'effet de l'histoire productive sur la prolificité distingue les cochettes (sans histoire productive) et les truies.

Pour les cochettes l'analyse consiste à étudier la distribution de la prolificité relative afin de définir une loi de répartition.

Tableau V.10 : Valeurs estimées pour les coefficients du modèle¹ concernant le nombre de nés totaux en valeur relative par rapport à la moyenne de l'élevage selon le rang de portée.

Facteurs	Rang de portée (RP)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RP _i		74,83	66,47	57,89	48,82	41,25	33,99	27,33	23,57
mNT _{1,5,i-1}		0,153	0,328	0,435	0,520	0,582	0,634	0,680	0,692
ISSF _{i-1}					-1,205				
ISSF _{i-1} *ISSF _{i-1}					0,070				
Dlac _{i-1}					0,091				

¹ Le modèle utilisé pour estimer le nombre de nés totaux en valeur relative par rapport à la moyenne de l'élevage fixée à 100 selon le rang de portée est :

Pour le premier rang de portée, une loi normale : $NT_1 \sim \mathcal{N}(94,3, 23,14)$

Pour les rangs de portée suivants, un modèle linéaire qui a un R² de 0,105 et un écart-type résiduel de 23,15 :

$$NT_{i \geq 2} = \alpha + RP_i + a_i mNT_{1,5,i-1} + \beta ISSF_{i-1} + \gamma ISSF_{i-1}^2 + \delta Dlac_{i-1} + e$$

où α est l'intercept, RP_i est le rang de portée modélisé, mNT_{1,5,i-1} est la moyenne, en valeur relative par rapport à la moyenne de l'élevage fixé à 100, du nombre de porcelets nés totaux de la truie depuis le 1^{er} rang de portée jusqu'au rang de portée précédent celui modélisé, ISSF_{i-1} l'intervalle sevrage saillie fécondante du rang de portée modélisé et Dlac_{i-1} la durée de lactation de la truie au rang de portée précédent en valeur relative par rapport à la moyenne de l'élevage.

Pour les truies la modélisation de la prolificité relative du nombre de nés totaux (NT) prend en compte l'effet du rang de portée (RP), de la moyenne du nombre de nés totaux au cours de la carrière passée (mNT), de l'intervalle sevrage-saillie fécondante (ISSF) et de la durée de lactation précédente exprimée relativement à la durée de lactation moyenne dans l'élevage (Dlac). Ces critères sont tous des facteurs explicatifs du nombre de porcelets nés totaux (Chapitre IV). Nous intégrons aussi au modèle l'interaction entre le rang de portée et la moyenne du nombre de nés totaux, le nombre d'informations pris en compte dans le calcul de la moyenne augmentant avec le rang de portée. Le modèle final est donc :

$$NT_i = \alpha + RP_i + \beta_j mNT_{(j=1, i-1)} + \gamma_1 ISSF_i + \gamma_2 ISSF_i^2 + \gamma_3 Dlac_{i-1} + \varepsilon_i \quad (3)$$

où NT_i correspond au nombre de porcelets nés totaux au rang de portée i relativement à la moyenne du nombre de porcelets nés totaux dans l'élevage, α correspond à l'ordonnée à l'origine, RP_i donne l'effet du rang de portée, β_j concerne l'effet de la moyenne sur la carrière passée du nombre de porcelets nés totaux (ce facteur est dépendant du rang de portée), γ_1 et γ_2 correspondent aux paramètres décrivant l'effet de l'ISSF (respectivement l'effet linéaire et l'effet quadratique), γ_3 est le paramètre qui concerne l'effet de la durée de la lactation précédente (exprimée en valeur relative) et ε_i est l'erreur résiduelle du modèle.

Les paramètres de ce modèle sont estimés grâce à la procédure GLM du logiciel SAS.

Valeurs des paramètres et qualité du modèle

A la première portée, le nombre moyen de porcelets nés totaux représente 94,3% du nombre moyen équivalent pour l'élevage. La distribution des valeurs relatives du nombre de porcelets nés totaux à la première portée est normale et l'écart-type s'élève à 23,14.

Pour les rangs de portées suivants, le modèle permet d'expliquer 10,5% de la variabilité du nombre de porcelets nés totaux. Tous les critères pris en compte dans le modèle sont hautement significatifs et les valeurs estimées pour ces paramètres sont présentées dans le Tableau V.10. L'écart-type résiduel du nombre de porcelets nés totaux exprimé en valeur relative est de 23,15 contre 24,61 pour les données brutes. La Figure V.14 présente graphiquement le résultat de l'application de cette modélisation pour 15 truies ayant une lactation et des ISSF identiques et stables au cours du temps. Le nombre de porcelets nés totaux des cochettes est tiré aléatoirement sur une loi normale $N(94,3 ; 23,14)$, puis ce nombre est pris en compte pour calculer la moyenne théorique du nombre de porcelets nés totaux au rang de portée suivant. Si l'on intègre l'écart-type résiduel du modèle aux valeurs moyennes prédites, la représentation graphique devient plus chaotique (Figure V.15).

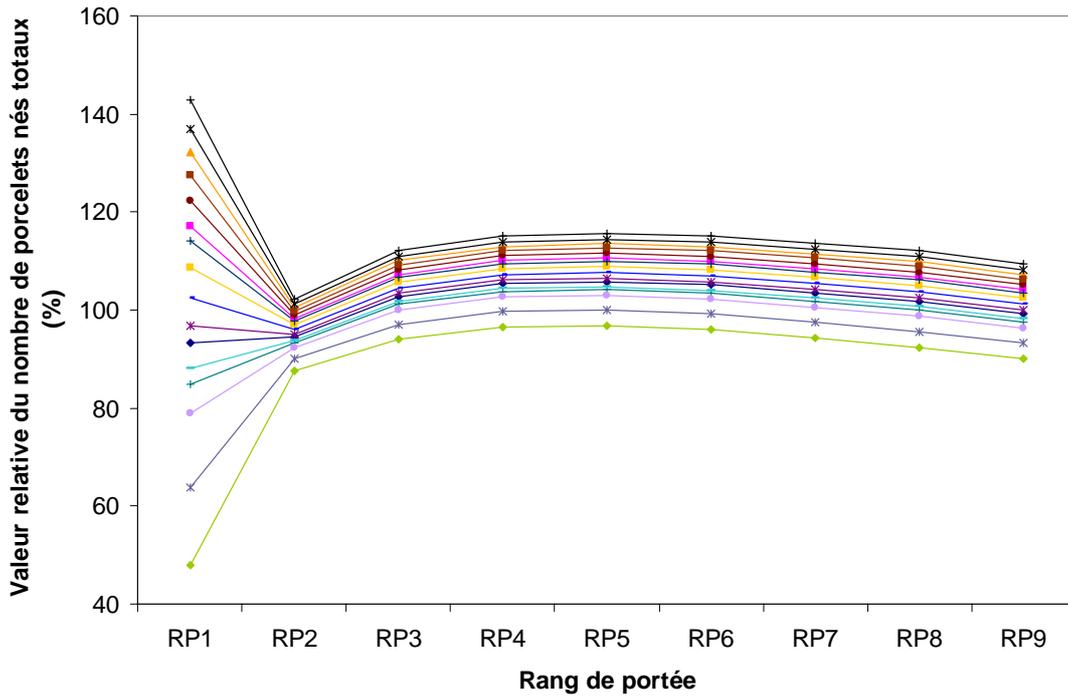


Figure V.14 : Evolution du nombre de porcelets nés totaux relativement à la moyenne de l'élevage (100) en fonction du rang de portée, pour différentes classe de tailles à la première portée. Ces valeurs sont celles obtenues en appliquant une loi normale à la première portée rang de portée puis l'équation (eq. 3) pour les rangs de portée suivants sans prendre en compte l'écart-type résiduel.

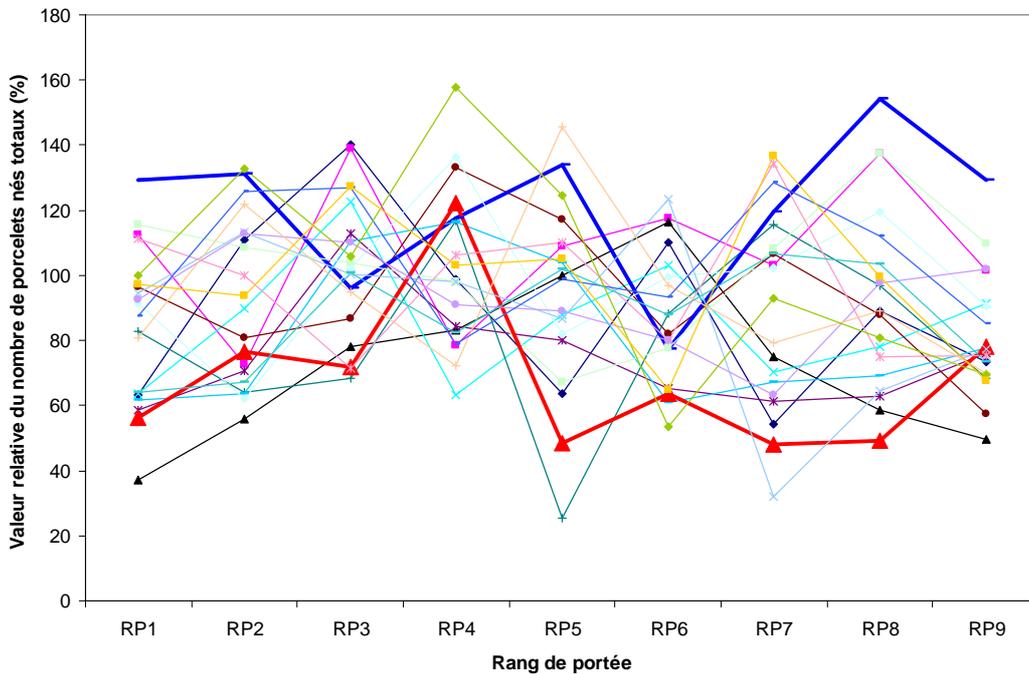


Figure V.15 : Estimation de l'évolution du nombre de porcelet nés totaux exprimé relativement à la moyenne de l'élevage. Ces valeurs sont celles obtenues en appliquant la loi normale au premier rang de portée puis l'équation (eq. 3) en prenant en compte l'écart-type résiduel.

Effet de la prolificité passée, de l'ISSF et de la durée de la lactation

A partir des valeurs des paramètres décrivant l'effet du rang de portée et l'effet du nombre moyen de porcelets nés totaux aux portées précédentes, nous pouvons voir que l'influence de ce dernier s'accroît avec le numéro de portée, l'effet passant ainsi de 0,15 à 0,69 entre la seconde et la neuvième portée. Ceci s'explique principalement par l'amélioration de la précision de la connaissance du niveau de performance de l'animal au fur et à mesure de l'acquisition d'informations sur les portées successives.

Le modèle considéré pour l'ISSF (quadratique) permet de représenter le minimum de prolificité observée pour des ISSF de 9 jours environ, en accord avec les résultats de Le Cozler *et al.* (1997) et Vasseur *et al.* (1994).

L'effet de la durée de lactation sur la prolificité est linéaire. Plus la durée de lactation augmente plus le nombre de porcelets au rang de portée suivant augmente ce qui confirme les résultats de la bibliographie (Clark et Leman, 1986 ; Costa *et al.*, 2004).

4.2. L'effet des pratiques

Les enquêtes en élevage ont révélé deux axes indépendants caractérisant deux profils d'éleveurs vis-à-vis des pratiques autour de la mise bas. Le premier concerne la gestion des truies et le second celle des porcelets. Parmi les pratiques identifiées dans l'explication de ces axes nous avons choisi de modéliser dans SHOP l'effet sur la production de 3 d'entre elles : i) l'effet du déclenchement des mises bas sur l'heure de la mise bas et la mortalité périnatale, ii) l'effet de la surveillance des mises bas sur la mortalité autour de la naissance (mort-nés et mortinatalité) et iii) l'effet des adoptions sur la mortalité avant le sevrage. La procédure de calcul est schématisée Figure V.16.

4.2.1. Le déclenchement des mises bas

La pratique de déclenchement des mises bas peut être représentée par 4 paramètres principaux : la durée de gestation minimum lors du déclenchement, le premier et le dernier jour de la semaine où cette pratique est utilisée et le rang de portée des truies concernées.

Le premier critère est peu variable, un déclenchement trop précoce induisant un taux de mortalité périnatale plus élevé (Bosc *et al.*, 1975 ; Downey *et al.*, 1975). Dans une enquête récente (Leleu et Boulot, 2007), plus de 80% des éleveurs situent cette limite à 113 ou 114 jours après la dernière insémination, 7% des éleveurs acceptent d'induire la mise bas avant 113 jours et un peu plus de 10% ne la déclenchent qu'après 115 jours ou plus de gestation.

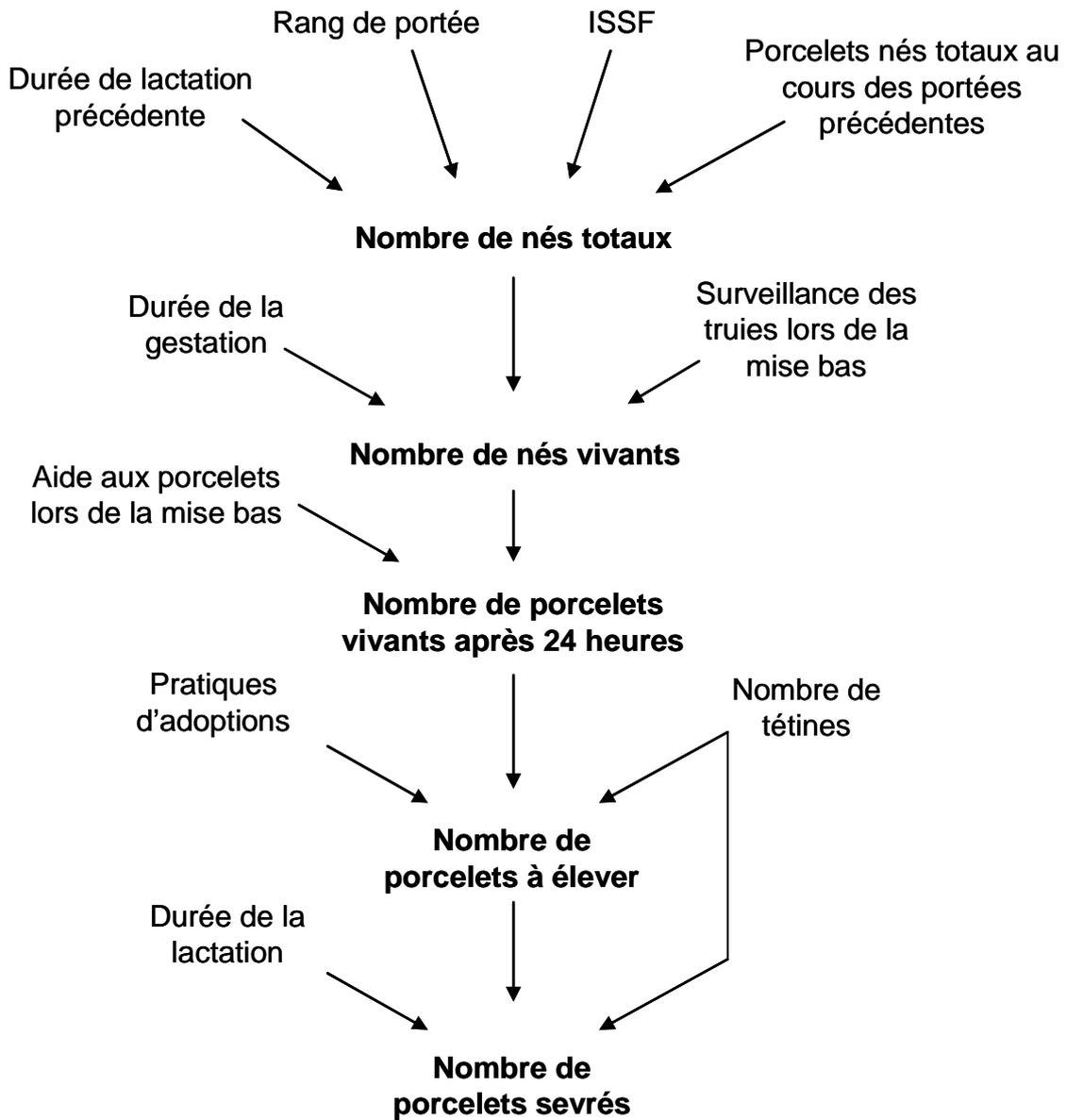


Figure V.16 : Procédure proposée pour évaluer le nombre de porcelets sevrés à partir du nombre de porcelets nés totaux dans le modèle SHOP.

Le premier jour d'induction est variable selon les objectifs des éleveurs. Ainsi certains d'entre eux cherchent surtout à limiter les mises bas le week-end et pour cela réalisent l'injection principalement le jeudi pour une mise bas le vendredi. D'autres souhaitent grouper au mieux les mises bas et réalisent une injection le mercredi sur les truies devant mettre bas le jeudi et le vendredi mais laissent les truies mettre bas sans induction si elles sont prévues pour le week-end. Enfin certains éleveurs n'induisent jamais les cochettes. L'effet de cette pratique d'induction sera de modifier l'heure de la mise bas, celle-ci ayant lieu majoritairement de 20 à 36 heures après l'induction.

Nous prévoyons de représenter cette pratique dans SHOP par 3 paramètres : le jour d'induction, la durée minimale de gestation avant l'induction et la gestion des cochettes. Les deux paramètres ne sont pas exclusifs, la pratique pouvant définir un jour fixe quelle que soit la durée de gestation de la truie ou inversement réaliser un déclenchement sur toutes les truies si elles sont toujours en gestation après la durée minimale de gestation fixée par l'éleveur. Si aucun de ces paramètres n'est défini, aucune mise bas ne sera déclenchée. Si l'un de ces paramètres est initialisé, le troisième paramètre indiquera au modèle si les cochettes doivent aussi être déclenchées.

Suite à l'injection, l'intervalle entre l'induction et la mise bas est calculé à partir d'une loi normale qui sera dépendante de la durée de gestation au moment de l'insémination (Bosc *et al.*, 1977). Si cet intervalle est plus important que l'intervalle de temps entre l'induction et le moment de la mise bas initialement prévue, l'heure de mise bas n'est pas modifiée. Sinon une nouvelle date de mise bas est définie. Enfin, une augmentation de la mortalité périnatale des porcelets de 8% sera ajoutée en cas de déclenchement à moins de 113 jours de gestation (Downey *et al.*, 1975).

4.2.2. La surveillance des mises bas

La surveillance des mises bas sera représentée par 3 niveaux d'intensité : absence de surveillance, surveillance des truies (diminue le nombre de porcelets mort-nés), surveillance des truies et aide aux porcelets nouveaux nés (diminue le nombre de porcelets mort-nés et les pertes périnatales). Les effets de ces différentes procédures peuvent être estimés à partir de la bibliographie.

La surveillance des truies

Nous avons déjà évoqué dans le chapitre I les études d'Holyoake *et al.* (1995), White *et al.* (1996) et de Le Cozler *et al.* (2001) qui montrent des résultats similaires avec un pourcentage de mort-nés d'environ 6% pour les truies non surveillées et de 2 à 3 % pour les truies

surveillées. Mais ce pourcentage de mort-nés est dépendant, selon Leenhouders *et al.* (1999) de la taille de la portée (les petites et les grandes portées ayant généralement une proportion plus importante de mort-nés) et du rang de portée de la truie (le nombre de mort-nés augmentant avec le rang de portée). A partir des données de la GTTT nous avons testé un modèle linéaire généralisé expliquant le % de mort-nés en fonction du rang de portée et de la taille de la portée :

$$pSB = x + RP + \beta NT + \gamma NT^2 + \varepsilon \tag{4}$$

où *pSB* est le pourcentage de mort-nés sur nés totaux, *x* correspond à l'ordonnée à l'origine, *RP* donne l'effet du rang de portée, β et γ correspondent aux paramètres de l'effet quadratique du nombre de porcelets nés totaux *NT* et ε correspond à l'erreur résiduelle du modèle.

Les valeurs obtenues pour les différents paramètres du modèle sont données dans le Tableau V.11 et les effets du rang de portée et du nombre de nés totaux sur le pourcentage de mort-nés sont représentés dans la Figure V.17.

Tableau V.11 : Valeurs estimées pour les coefficients du modèle utilisé pour calculer le pourcentage de porcelets mort-nés en fonction du rang de portée (RP) et du nombre de porcelets nés-totaux (NT)

Facteurs coefficient	Rang de portée (RP)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x					10,7				
RP _i	0	-0,85	-0,49	0,41	1,38	2,42	3,23	3,85	4,36
NT									
β					-1,388				
γ					0,0726				

Le modèle utilisé est : $pSB = x + RP + \beta NT + \gamma NT^2 + \varepsilon$

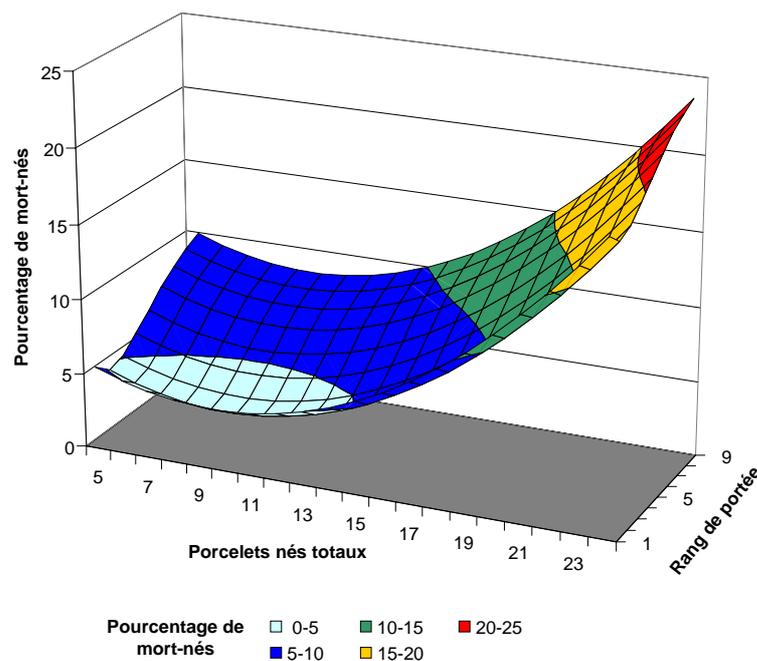


Figure V.17 : Evolution du pourcentage moyen de porcelets mort-nés en fonction du nombre de porcelets nés totaux et du rang de portée.

Pratiquement dans le modèle, le nombre de porcelets nés totaux à chaque mise bas est donc modélisé grâce au modèle (3) et pour chaque porcelet, un tirage aléatoire entre 0 et 100 est comparé au seuil « pSB » obtenu grâce au modèle (4). Si le tirage est en dessous du seuil, le porcelet sera mort-né. Cette équation donne les pourcentages de mort-nés dans le cas d'une absence de surveillance (6,5% en moyenne), cette valeur étant divisée par 2,5 dans le cas de mise-bas surveillées, ce qui permet d'obtenir un taux moyen de 2,6% de mortalité.

L'aide aux porcelets

La prise en compte de l'effet de l'aide aux porcelets sur la survie périnatale sera basée principalement sur les travaux de White *et al.* (1996). Dans cette étude, le taux de mortalité entre la naissance et le sevrage (à 21 jours) était de 13,40% dans le groupe où les porcelets n'étaient pas aidés et de 8,65% pour les portées recevant de l'aide. Cet écart entre les deux groupes est dû aux mortalités survenant durant le premier jour de vie (5,5% de mortalité le 1^{er} jour pour les porcelets non aidés contre 2,2% pour les porcelets recevant de l'aide). Nous posons l'hypothèse que ces mortalités n'auraient pas pu être évitées par le biais des pratiques d'adoption et dans SHOP tous les porcelets nés vivants subiront donc un test afin de déterminer s'ils survivent jusqu'à l'adoption avec ces valeurs seuils.

4.2.3. Les pratiques d'adoption

L'adoption est un nouvel événement par rapport à MaProSH. Cette pratique aura lieu tous les soirs de mise bas à la fin de la période de surveillance ou après chaque mise bas. Les adoptions sont pratiquées dans tous les élevages mais selon des règles très variables. A partir des enquêtes que nous avons menées (chapitre III) nous avons pu identifier des règles appliquées de façon systématique, comme ajuster le nombre de porcelets au nombre de tétines, alors que d'autres dépendent des éleveurs comme pratiquer les adoptions sur des truies de rang de portée proche, réaliser une portée regroupant tous les petits porcelets, limiter les adoptions aux truies de la bande, laisser une tétine de libre quand c'est possible. Le nombre de tétines apparaît donc un critère important à considérer dans la modélisation des pratiques d'adoption. L'autre aspect important selon les résultats de l'enquête concerne la possibilité ou non de réaliser l'adoption des porcelets surnuméraires par des truies d'une autre bande. Ce sera donc le second critère considéré dans la modélisation. L'influence des ces pratiques d'adoption portera sur la capacité de survie des porcelets jusqu'au sevrage.

a. Le nombre et la qualité des tétines : la survie des porcelets

L'objectif de cette partie est de modéliser une capacité maternelle à la truie. Notre représentation sera très simplifiée puisque représentée uniquement par le nombre de tétines de la truie. Nous chercherons donc dans un premier temps à modéliser le nombre de tétines des truies puis à modéliser la survie des porcelets en fonction de l'adéquation entre la taille de la portée et le nombre de tétines.

Le nombre de tétines

Plusieurs études (Clayton *et al.*, 1981 ; Mc Kay et Rahnefeld, 1990 ; Ligonesche *et al.*, 1995) se sont intéressées au nombre de tétines mais elles concernaient essentiellement l'évaluation de l'héritabilité de ce critère. Or le nombre de tétines doit aussi être envisagé en termes de fonctionnalité et d'évolution avec l'âge. Le nombre de tétines fonctionnelles chez les cochettes et l'évolution de ce nombre au cours de la première lactation a été étudié par Labroue *et al.* (2001). Ces auteurs estiment ainsi un nombre de tétines par truie de $14,4 \pm 0,95$ dont $13,6 \pm 1,82$ fonctionnelles en début de lactation. Au cours de la lactation certaines tétines se tarissent rapidement et selon Labroue *et al.* (2001) il reste en moyenne $13,34 \pm 1,40$ tétines en lait après 7 jours de lactation, $12,05 \pm 1,80$ après 14 jours et $10,85 \pm 1,72$ après 21 jours. Une tétine se tarie d'elle-même après 3 jours si elle n'est pas tétée ce qui limite donc la période durant laquelle la truie peut adopter des porcelets (Hurley, 2001). Caugant *et al.* (2000) se sont intéressés à l'évolution au cours de la carrière des truies du nombre de tétines fonctionnelles à la mise bas. Ils montrent que ce nombre est relativement stable (il passe de 13,96 en à la première lactation à 13,43 à la 7^{ème}).

La survie des porcelets

Les porcelets développent une préférence vis-à-vis d'une tétine spécifique à partir de 6h de vie et cette préférence devient unique après 10 jours mais dès le 3^{ème} jour, 86% des porcelets ont une seule tétine préférentielle (Orgeur, 2002). Si le nombre de porcelets dépasse le nombre de tétines ceci constitue une source de conflit entraînant un accroissement des allaitements interrompus et une réduction de la croissance des porcelets, tout en augmentant les risques d'écrasement par la truie (Edwards, 2002 ; Orgeur *et al.*, 2004).

Cette augmentation du risque n'est pas quantifiée dans ces études mais nous posons l'hypothèse qu'une truie ne pourra jamais élever jusqu'au sevrage plus de porcelets que son nombre de tétines. En outre, afin de prendre en compte la différence qui peut exister entre le nombre de tétines et le nombre de tétines fonctionnelles, si la truie élève autant de porcelets

qu'elle possède de tétines, nous considérons que l'un de ces porcelets aura un taux de mortalité légèrement augmenté. La mort des porcelets surnuméraires intervient dans la semaine qui suit la naissance afin de laisser le temps pour des adoptions.

Afin d'estimer le taux de mortalité à appliquer, nous pouvons nous baser sur les taux de pertes calculés précédemment et sur les résultats de la GTTT. Dans cette base de données le taux de pertes sur nés totaux est d'environ 21,0% et de 14,4% sur le nombre de nés vivants. Actuellement dans le modèle nous estimons à 5,5% le taux de pertes sur les nés vivants dans l'hypothèse où il n'y a pas d'aide aux porcelets. Il reste donc 8,9% de mortalité sur nés vivants à modéliser. La majorité des éleveurs pratiquant les adoptions pour équilibrer le nombre de porcelets, la mortalité expliquée par le surnombre reste donc limitée et nous posons l'hypothèse qu'elle représente 0,2% de la mortalité sur nés vivants. Nous proposons alors un taux de mortalité de 8,7% pour les porcelets avec une tétine autre que la dernière et une mortalité de 8,9% pour les porcelets sur la dernière tétine tant que le nombre de porcelets sous la truie est égal ou supérieur au nombre de tétines de la truie. Si le nombre de porcelets sous la truie devient inférieur au nombre de tétines de la truie, le taux de porcelet de ce porcelet devient égal à 8,7%. Ces hypothèses seront à valider à partir des résultats de simulation

Ces valeurs valent pour une durée moyenne de lactation observée en GTTT qui est de 25 jours. Or plus la durée de la lactation augmente plus il y aura de mortalité, il faut donc transformer ces taux « globaux » en taux par semaine de lactation. Grâce à la GTTT nous pouvons comparer les taux de mortalité sur nés vivants entre les élevages effectuant un sevrage après 3 semaines de lactation et ceux l'effectuant après 4 semaines ce qui correspond environ à la mortalité ayant lieu au cours de la quatrième semaine de lactation. Cette mortalité est estimée à 1,4%, ce qui correspond à 15% des 9% de mortalité restant à expliquer dans notre modèle. Dans l'étude de White *et al.* (1996) la mortalité était identique au cours de la deuxième et de la troisième semaine de lactation et nous posons l'hypothèse qu'elles sont égales à la mortalité de la quatrième. Au final nous avons donc 45% de la mortalité répartie sur les 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} semaines de lactation et il reste donc 55% pour la première semaine. Cette répartition est utilisée pour calculer les taux de mortalité journaliers en fonction des semaines. Par exemple la mortalité en 1^{ère} semaine des porcelets avec une tétine en dehors de la dernière sera de $0,55 \times 8,5\% / 7j$ soit 0,668% par jour. Ces valeurs sont récapitulées dans le Tableau V.12.

Tableau V.12 : Taux de mortalité par jour des porcelets selon la semaine de lactation et le nombre de porcelets par rapport au nombre de tétines de la truie (NbTet).

Position du porcelet par rapport au nombre de tétines	Semaine de lactation			
	1 ^{ère} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
De 1 à NbTet-1 porcelets	0,668	0,182	0,182	0,182
NbTet ^{ème} porcelet	0,707	0,193	0,193	0,193

b. Les règles d'adoption

Par rapport à la diversité des pratiques d'adoption observées en élevage, nous nous limiterons aux pratiques les plus courantes. Ainsi l'objectif des adoptions dans le modèle sera uniquement d'adapter le nombre de porcelets aux nombres de tétines des truies. Ce processus modifiera donc les chances de survie jusqu'au sevrage des porcelets, un porcelet surnuméraire pouvant ainsi intégrer une portée où il reste des tétines de disponibles. Les adoptions consistent alors à compter le nombre de tétines disponibles et le nombre de porcelets surnuméraires. Pour ce faire nous définissons deux options : laisse-t-on une tétine libre sur les truies quand c'est possible ? Peut-on utiliser une truie d'une autre bande ou une truie intercalaire pour faire les adoptions ?

Un événement « adoption » est donc ajouté au modèle et fonctionne sur le même principe que l'évènement détections d'œstrus : cet événement peut survenir une ou plusieurs fois par jour et pendant une période plus ou moins longue. Lors de cet événement le déroulement des opérations serait le suivant :

1/ Pour chaque truie ayant mis bas depuis le dernier événement adoption, calculer la différence entre le nombre de tétines (NbTet) et le nombre de porcelets vivants (NV). Dans le cas où l'option « laisser une tétine libre » est sélectionnée, si NV est supérieur ou égal à Nt, les porcelets surnuméraires sont placés dans la liste « à adopter » et le porcelet utilisant la dernière tétine est placé dans la liste « à adopter si possible ». Si l'option n'est pas sélectionnée, seule la liste « à adopter » existe. Dans le cas où NV est inférieur à Nt et si l'option « laisser une tétine libre » est sélectionnée, la dernière tétine est notée dans les « disponible si besoin », les autres tétines libres sont notées « disponibles ». Dans notre étude nous posons l'hypothèse que ces tétines seront tétées pendant 3 jours (jusqu'à ce que la préférence s'installe) puis se tariront 3 jours plus tard. Les truies avec encore des tétines « libres » 7 jours après la mise bas ne seront donc plus disponibles pour les adoptions.

2/ Compter le nombre de tétines disponibles et non taries, puis transférer les porcelets, préférentiellement ceux des truies ayant plus de 2 porcelets surnuméraires. Les tétines « disponibles si besoin » peuvent être utilisées à la fin de chaque session d'adoption s'il reste

des porcelets « à adopter ». Les porcelets « à adopter si possible » ne seront adoptés qu'à la fin de la dernière session d'adoption sur des tétines « disponibles ». Si l'option « utiliser une truie d'une autre bande » est sélectionnée et que le nombre de porcelets « à adopter » ou « à adopter si possible » est important, le simulateur ira sélectionner une truie prévue pour la réforme pour cause d'âge et ajoutera au pool de tétines « disponibles » le nombre de porcelets sevrés par la truie moins un. Dans un premier temps le nombre de porcelets transférables sur cette truie nourrice sera réduit de 2 afin de simuler la pratique consistant à laisser les deux porcelets les plus faibles sous leur mère afin qu'ils continuent à solliciter la mamelle et qu'ils montrent l'exemple aux porcelets adoptés. Dans le cadre d'une conduite en 4 ou 5 bandes, ce système ne peut s'appliquer qu'aux truies intercalées (qui ont été inséminées une à deux semaines avant la bande suite à un problème de fertilité). Le recours à une truie d'une autre bande sera aussi effectué si, lors du sevrage de l'autre bande, il y a des porcelets « à adopter » ou « à adopter si besoin » en attente.

4.3. Les sorties liées aux pratiques autour de la mise bas

Pour conclure cette partie sur la représentation du fonctionnement de l'élevage autour de la mise bas nous évoquerons les indicateurs de suivi du fonctionnement du système troupeau que nous proposons pour le simulateur.

Les principaux indicateurs seront bien sûr le nombre de porcelets nés totaux, mort-nés, nés vivants et sevrés par portée. A ces indicateurs zootechniques classiques, nous conservons de MaProSH la répartition des mises bas au cours de la semaine et nous proposons d'évaluer en plus le % de porcelets adoptés, l'âge au sevrage des porcelets et la durée de lactation des truies. Ces indicateurs sont nécessaires pour évaluer certains effets négatifs des adoptions que SHOP ne peut représenter. Par exemple, le sevrage précoce d'un porcelet peut influencer sa croissance future sans que SHOP ne puisse le représenter puisqu'il n'y a pas de représentation du poids dans le modèle et que les porcelets sortent du modèle au moment du sevrage. L'âge au sevrage des porcelets permettra donc d'évaluer le nombre de porcelets concernés par ces effets.

5. La représentation du renouvellement et de la réforme

5.1. Le renouvellement

Les pratiques de renouvellement étaient représentées de façon très simplifiées dans MaProSH. Ceci était notamment dû à un manque de connaissances sur les pratiques des éleveurs (durée

de la quarantaine, nombre de truies livrées et espacement des livraisons, ...) et surtout de leur liaison au type de conduite. Ainsi, dans MaProSH, nous supposons que suffisamment de cochettes étaient disponibles au moment du sevrage de la bande pour atteindre l'objectif de truies inséminées. Toutes les cochettes étaient considérées sous traitement hormonal et l'œstrus était identique à celui des primipares.

Nous avons décrit dans la section 2 de ce chapitre les différentes pratiques et cohérence de pratiques en lien avec la conduite en bandes (le projet d'élevage vis-à-vis du rythme inter hebdomadaire de travail) que nous souhaitons représenter dans SHOP. Il s'agit de rendre compte des livraisons des cochettes ainsi que des possibilités d'ajustement du nombre de cochettes insérées en fonction des performances de la bande. Ceci nous permettra d'évaluer de façon précise le délai entre l'arrivée des jeunes truies dans l'élevage et la première insémination. Nous disposerons alors de l'information nécessaire pour affiner le calcul de la « truie présente » nécessaire à l'évaluation de la productivité du troupeau par le nombre de porcelets produits par truie présente et par an.

Nous définissons les pratiques de renouvellement à l'aide de 3 variables et leurs modalités : le rythme de livraison (à la bande, toutes les 3 semaines ou toutes les 6 semaines), le nombre de cochettes livrées (ajusté aux besoins ou fixe) et la durée minimale de l'intervalle entre l'arrivée dans l'élevage et la 1^{ère} insémination (de 6 à 12 semaines).

Dans le modèle, ces pratiques se traduiront par une livraison de cochettes le lundi, 6 à 12 semaines avant la première semaine d'insémination prévue. Chaque livraison constituera un stock différent et sera assignée à 1, 2 ou 3 bandes. Si le nombre de cochettes livrées est ajusté en fonction de l'effectif et éventuellement des réformes prévues dans la bande où elles seront insérées, il est nécessaire que ce nombre de réformes soit déjà connu. Nous aborderons ce sujet lorsque nous évoquerons la gestion des réformes.

5.2. La réforme

Les causes et les moments de réforme peuvent différer selon les élevages. La diversité de ces pratiques ainsi que leurs relations avec les conduites en bandes ont été exposées dans le chapitre III. Dans MaProSH, les causes de réforme étaient déjà en grande partie représentées et les réformes survenaient à différents moments du cycle, notamment lors des retours en chaleur après insémination et au moment du sevrage.

Encadré V.2 : Exemple de calcul de l'index de réformabilité.

D'après nos enquêtes il semble que les éleveurs ne prennent pas en considération les épisodes d'infertilités d'une truie dans leurs critères de réforme si elle a eu depuis une portée au moins. Mais ils sont moins stricts sur un épisode d'infertilité en début de carrière qu'en fin. Pour la prolificité par contre, l'histoire joue un rôle et notamment la dernière portée. Enfin l'âge de la truie est toujours un facteur important pour l'éleveur.

Nous proposons alors ce système :

- 100 « points de réforme » (pdr) par rang de portée (une primipare : 100 pdr, une truie mettant bas pour la 8^{ème} fois : 800 pdr)
- 25 pdr par porcelet en moins par rapport à l'objectif (par exemple l'objectif est de sevrer 11 porcelets, une truie en sèvre 9 se voit créditée de 50 pdr) et -25 pdr par porcelet en plus de l'objectif.
- 10 x (rang de portée-1) pdr par porcelet en moins par rapport à l'objectif sur la carrière. Par exemple : une truie qui vient de mettre bas pour la 5^{ème} fois et qui a sevré jusqu'à présent 10,5 porcelets se voit créditée de 20 pdr ($0,5 * 10 * 4$). Les points sont retranchés à l'index si la truie est au dessus des objectifs au cours de sa carrière.
- La détection d'une infertilité peut être cause de réforme immédiate (conduite en moins de 7 bandes, réforme uniquement à l'échographie des truies vides) et alors une infertilité aura une valeur de 10000 pdr afin d'être sûr de la réformer. Sinon, nous proposons une valeur de $(50 * \text{rang de portée})$ pdr par infertilité. Ce score est conservé jusqu'à la prochaine période de décision de réforme. Ainsi dans le cas d'une décision de réforme au sevrage, une truie qui met bas pour la 4^{ème} fois et ayant eu un épisode d'infertilité, étant par ailleurs dans les objectifs de l'éleveur, se retrouve avec 400 (pdr du rang de portée) + 200 (pdr de l'infertilité) soit 600 pdr, ce qui équivaut à une truie moyenne ayant mis bas 6 fois. Si la truie n'est pas réformée au sevrage, son index de réformabilité passe à 400 (l'épisode d'infertilité est « oublié »).

Le Tableau 13 présente le détail du calcul de l'index pour 10 truies au sein d'une bande. Nous pouvons voir que le classement ne respecte pas le rang de portée des truies. Ainsi la truie la plus âgée n'est située qu'à la 4^{ème} place du classement. Dans un élevage classique le taux de réforme étant autour de 20% par bande nous pouvons considérer que seules les deux truies avec les index les plus élevés seront réformées : ce sont des truies en 7^{ème} et 6^{ème} portée.

Ces causes seront reprises dans le modèle SHOP. Toutefois deux pratiques faisaient défaut : celle de conserver des truies pendant un certain laps de temps avant leur départ à l'abattoir et celle de pouvoir conserver, jusqu'à la confirmation du statut de gestante, des truies initialement prévues pour être réformées au sevrage. En effet dans MaProSH les réformes étaient réalisées à différents moments du cycle mais sans qu'il soit possible de retarder la réforme d'une truie en l'attente d'informations complémentaires (comme le nombre de truies confirmées gestantes 3 semaines après les inséminations). C'est pourquoi dans SHOP nous proposons de décrire les pratiques de réforme par trois critères : un index de « réformabilité » défini de façon évolutive pour chaque truie, une période de prise de décision et un rythme d'enlèvement.

5.2.1. L'index de réformabilité

L'idée serait de calculer un index après chaque événement du cycle reproductif et qui soit dépendant du rang de portée et de l'histoire productive de la truie. Le rang de portée accroît de façon fixe la valeur de « réformabilité » alors que l'histoire productive aura un impact différent selon le rang de portée, comme c'était déjà le cas dans MaProSH. Cette représentation est proposée pour rendre compte des pratiques d'élevages, les causes de réformes des cochettes et des primipares étant plutôt liées à des problèmes de reproduction alors que plus tard ce sont les problèmes de productivité qui deviennent prédominants. Ceci pourra conduire, par exemple, à un index de réformabilité plus élevé pour une truie en 6^{ème} portée avec une faible prolificité que pour une truie en 8^{ème} portée avec une bonne carrière productive. Les truies avec l'index le plus élevé seront celles réformées à la prochaine période de prise de décision. Une première exploration de ce que pourrait être cet index est présentée dans l'Encadré V.2 et dans le Tableau V.13.

5.2.2. La période de prise de décision de réforme

La période de prise de décision de réforme correspondra au moment où les truies sont effectivement retirées de la bande et ne participent donc plus aux événements la concernant. La prise de décision peut survenir après tous les événements du cycle reproductif ou spécifiquement après certains. Ceci permet de différencier les pratiques de réforme qui sécurisent le nombre de truies à la mise bas en ne réformant qu'après échographie les truies vides et les truies en surnombre avec un index de réformabilité élevé.

Tableau V.13 : Exemple de calcul de l'index de réformabilité au moment du sevrage pour 10 truies avec des carrières différentes, dans un élevage avec un objectif de 12 porcelets nés totaux et 11 porcelets sevrés par truie.

RP	Truie ¹				Points de réforme				Classement				
	Infertilité	NT	Sevrés	Moy_NT	Moy_S	RP	Infertilité	NT		Sevrés	Moy_NT	Moy_S	Total
5	0	15	10	14,5	11,5	500	0	-75	25	-100	-20	330	6
8	0	14	11	13,1	10,8	800	0	-50	0	-77	14	687	4
7	1	9	12	11,4	11,3	700	350	75	-25	36	-18	1118	1
5	1	12	11	12,1	11,0	500	250	0	0	-3	0	747	3
2	0	11	10	13	10	200	0	25	25	-10	10	250	7
1	0	14	11	.	.	100	0	-50	0	.	.	50	10
1	0	8	9	.	.	100	0	100	50	.	.	250	8
3	0	13	13	11,5	11,5	300	0	-25	-50	10	-10	225	9
6	1	15	11	13,0	11,2	600	300	-75	0	-50	-10	765	2
4	0	11	10	11,9	9,8	400	0	25	25	30	36	516	5

¹ Les indicateurs pris en compte pour exprimer la carrière d'une truie sont :

RP : rang de portée ;

Infertilité : présence (1) ou absence (0) d'un épisode d'infertilité au cours de ce rang de portée ;

NT : nombre de nés totaux à ce rang de portée ;

Sevrés : nombre de porcelets sevrés à ce rang de portée ;

Moy_NT : Moyenne du nombre de porcelets nés totaux au cours de la carrière ;

Moy_S : Moyenne du nombre de porcelets sevrés au cours de la carrière.

De même, le nombre de truies à réformer par cycle peut être fixe ou fonction des effectifs de la bande, de la bande suivante et du lot de cochettes prévues. Ainsi, un éleveur qui se fait livrer un nombre fixe de cochettes pour chaque bande aura un nombre de réformes par bande voisin de cet effectif. Si par contre l'éleveur utilise une livraison de cochettes pour renouveler 2 bandes, le nombre de cochettes destinées à chacune des bandes peut dépendre des effectifs de chaque bande. Enfin si l'éleveur adapte le nombre de cochettes à ses besoins, il faut alors définir un seuil sur l'index de réformabilité au-delà duquel toutes les truies seront réformées. Dans ce cas précis, le calcul de l'index de réformabilité doit être réalisé 6 à 12 semaines avant le sevrage, soit au cours de la gestation et la décision de réforme interviendra au sevrage.

5.2.3. Le rythme d'enlèvement

Introduire un rythme d'enlèvement permet de simuler le départ vers l'abattoir des truies réformées et de fixer alors leur date effective, ce qui permet de calculer la date de réforme effective. Cette date permet ensuite de calculer l'intervalle entre le dernier sevrage et la réforme. Ainsi dans SHOP, l'enlèvement des truies de réforme est décrit par un rythme mais aussi par un jour de passage, défini par rapport à un événement du cycle de reproduction (le lendemain de l'échographie, après le sevrage ou à la fin de la semaine de détection des œstrus). Cette définition est celle qui est ressortie de notre enquête en élevage (chapitre III).

6. MaProSH – SHOP, un même cadre, deux modèles

Le modèle SHOP est un simulateur virtuel : nous n'en avons présenté ici que le modèle abstrait, les premiers éléments (lois biologiques, relations entre les attentes et les pratiques) et les principales procédures de calcul du simulateur.

SHOP et MaProSH sont en filiation étroite. Les objectifs généraux sont similaires, et nous pouvons d'ores et déjà argumenter que le simulateur SHOP sera, dans les grandes lignes de ses caractéristiques, très proche de MaProSH. Ainsi, SHOP sera un modèle de simulation biodécisionnel, dynamique, stochastique, individu-centré et à événements discrets piloté par une horloge avec un pas de temps horaire. Ses sorties seront doubles puisqu'elles concerneront les performances et les événements comme MaProSH.

Mais plusieurs points distinguent les deux modèles.

Tout d'abord il y a une complexification de la notion de projet et SHOP décline les attentes en enchainements de pratiques. Les pratiques sont ainsi mieux formalisées et mieux intégrées au niveau stratégique avec le lien entre les pratiques autour des inséminations et les rapports au travail ou le lien entre les pratiques autour de la mise bas et la recherche d'un haut niveau de productivité numérique. Ces évolutions permettent au modèle d'être plus précis et d'avoir plus de leviers d'action vis-à-vis de la gestion du calendrier afin de distinguer nettement le week-end de la semaine ou la nuit du jour par exemple.

Cette complexification entraîne en retour une augmentation du nombre de phénomènes biologiques à représenter, afin de rendre compte de l'effet des pratiques (protocoles) sur l'élaboration des performances des truies et sur la construction des performances au niveau du troupeau (avec la possibilité de calculer des indicateurs par truies présentes dans SHOP, là où MaProSH n'était en mesure que de calculer la productivité par truie productive)

Le modèle SHOP est aussi plus précis sur les lois biologiques elles-mêmes puisqu'elles prennent en compte un plus grand nombre de facteurs liés à l'animal et intègre donc l'histoire productive. Dans de tels systèmes intensifs, où les périodes improductives sont très courtes, nous avons considéré, à l'instar de Cournot (2001) ou de Pomar et Pomar (2005) que le passé récent marquait fortement les performances, les femelles n'ayant pas l'intervalle de récupération que l'on retrouve dans des systèmes à l'enchaînement de cycles de production plus espacés.

Il n'en reste pas moins que certaines des représentations des phénomènes biologiques ou des pratiques proposées pour le modèle SHOP mériteraient d'être approfondies (par exemple la survie des porcelets sous la truie et plus largement les pratiques d'adoptions). De plus certaines des simplifications actuellement proposées mériteraient d'être reconsidérées dans une version plus achevée du simulateur. Nous pouvons notamment citer la simplification proposée pour la gestion des cochettes (elles sont toutes synchronisées), les pratiques de sevrage sur deux jours, ou encore une représentation détaillée de la mortalité des truies qui est notamment en lien avec le rythme de reproduction et la taille des portées (Abiven, 1998).

Au final, certains événements ont été rajoutés (achat de cochettes, déclenchement de la mise bas, test pour l'adoption) et d'autres modifiés (inséminations, jour d'arrêt du traitement hormonal pour les cochettes incorporées dans une bande). La Figure V.18 résume la représentation des événements survenant au cours d'un cycle dans les deux modèles.

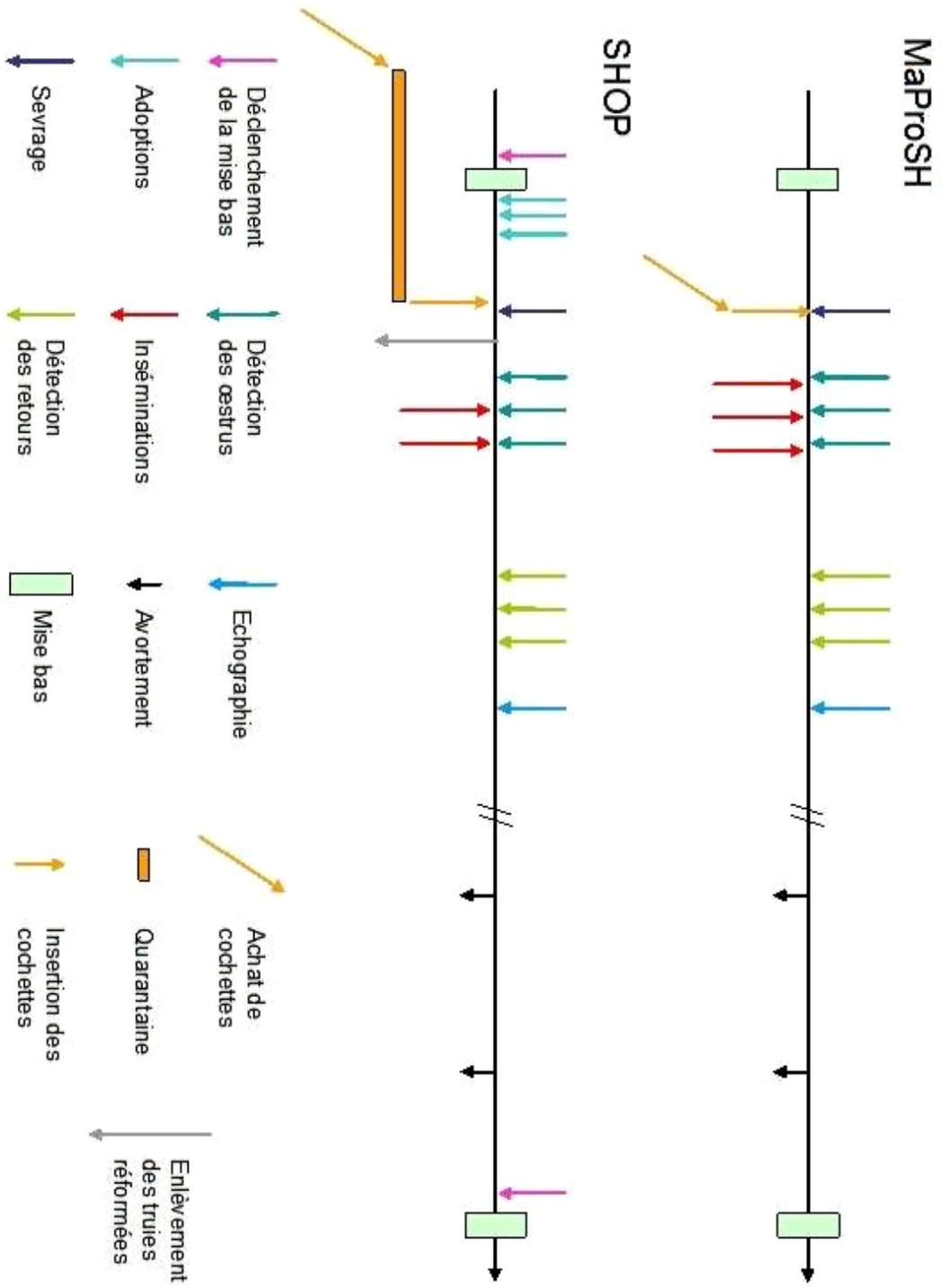


Figure V.18 : Comparaison des événements simulés au cours d'un cycle dans le modèle MaProSH (en haut) et dans le modèle SHOP (en bas)

Cette représentation plus détaillée permet de réaliser des sorties plus nombreuses concernant leur répartition calendaire avec par exemple le nombre de truies à inséminer par période d'insémination ou le nombre de truies dont la mise bas a été déclenchée. La représentation des phénomènes biologiques est affinée pour la quasi-totalité de ses éléments permettant de suivre de nouveaux indicateurs zootechniques (Tableau V.14) touchant à la fois à l'efficacité et à l'efficience du système ce qui était notre objectif.

Tableau V.14 : Comparaison de la représentation des paramètres biologiques dans le modèle MaProSH et le modèle SHOP.

Critères	MaProSH	SHOP
Porcelets nés totaux (NT)	ND	f(rang de portée, NT précédents, ISSF, durée de la lactation précédente)
Porcelets nés vivants (NV)	f(rang de portée)	f(NT, surveillance des mises bas)
% de porcelets adoptés	ND	f(nombre de tétines, NV, pratiques d'adoption)
Taux de perte sur NV	1-(NS/NV)	f(aide procurée aux porcelets, nombre de tétines, nombre de porcelets sous la truie, durée de la lactation)
Porcelets sevrés (NS)	f(NV)	f(NV, taux de perte sur NV)
ISO partie "animale"	f(loi normale, rang de portée)	f(répartition observée dans la GTTT, rang de portée)
Taux de détection	f(rang de portée)	f(rang de portée)
Durée de l'œstrus	Constant	f(ISO)
Intervalle insémination – ovulation (IIAO)	ND	f(ISO, protocoles de détections des œstrus, protocoles d'insémination)
Fertilité	Constant	f(IIAO, rang de portée, ISO, durée de la lactation précédente, nombre de porcelets sevrés)
Durée de la gestation	f(loi normale)	f(loi normale, déclenchement des mises bas)
Avortement	Constant	Constant
Intervalle entrée dans l'élevage – première IA	ND	f(pratiques de renouvellement)
Intervalle dernier sevrage réforme : moment de la « réforme » ?	Décision de réforme	Enlèvement de la truie
Porcelets sevrés / truie productive / an	Disponible	Disponible
Porcelets sevrés / truie présente / an	ND	Disponible

ND : non disponible

f(x,y) : paramètre calculé dans le modèle en fonction de x et y

ISO : Intervalle Sevrage Œstrus ; ISSF : Intervalle Sevrage Saillie Fécondante ; IIAO : Intervalle Insémination artificielle – ovulation ; GTTT : Gestion Technique des Troupeaux de Truies.

Chapitre VI

DISCUSSION GENERALE

Compte tenu de la structuration du manuscrit, une partie de la discussion de notre travail figure déjà dans les parties spécifiques des articles. Dans ce chapitre nous discuterons de la démarche mise en œuvre au cours de cette thèse en la comparant à des exemples récents de modélisation de systèmes biodécisionnels. Nous aborderons ensuite les caractéristiques de la maquette du modèle conceptuel SHOP, qui constitue le volet de synthèse de notre travail, notamment sa gestion par événement, la prise en compte de la trajectoire productive des animaux, la représentation détaillée de la conduite en bandes ainsi que des pratiques des éleveurs. Nous reviendrons également au cours de cette discussion sur les apports de ce travail aux connaissances sur les pratiques dans les élevages porcins et sur les lois biologiques représentant les animaux. Nous discuterons finalement de la validation d'un tel modèle et des perspectives opérationnelles du projet SHOP.

1. La démarche de modélisation

La modélisation est un des moyens d'apprentissage du comportement d'un système complexe. En ce sens notre projet de thèse, la réalisation de MaProSH et le formatage de SHOP, constituent des supports pour un débat sur le contenu et les déterminants d'un système d'élevage lorsque l'on cherche à combiner une vision technique et une vision travail d'un système d'élevage (Dedieu *et al.*, 2006).

La revue bibliographique a souligné une première lacune importante dans les modèles de fonctionnement de troupeaux porcins : la représentation de la diversité des conduites en bandes est imparfaite, voir impossible à matérialiser dans la grande majorité d'entre eux. Or, la conduite en bandes représente un élément central de notre travail. Choisir une conduite en bandes donnée c'est opérer un choix stratégique de conduite du troupeau à partir du moment où cela correspond à définir une forme d'allotement du troupeau, caler l'occurrence temporelle des pratiques de reproduction et autoriser ou non la possibilité de changement de lots pour les truies infertiles. C'est aussi effectuer un choix stratégique quant à l'organisation temporelle du travail d'élevage. En exprimant la conduite en bandes à ce niveau, nous ouvrons trois séries de questions :

- les performances productives du troupeau sur le long terme et la répartition des événements à l'origine du travail périodique sont-elles sensibles à ce choix ? C'est ce que nous avons exploré avec MaProSH. Nous avons pour cela défini des modalités

particulières d'opérationnalisation des conduites (protocole d'insémination, renouvellement et réforme),

- quelle est la sensibilité des performances du troupeau à différents schémas d'opérationnalisation de cette conduite, c'est-à-dire aux protocoles de surveillance des chaleurs et d'insémination, aux modalités de surveillance des mises bas et d'adoption, dont nous avons montré qu'ils avaient un sens fort pour les éleveurs dans leur rapport au travail quotidien et aux week-end libérés,
- quelle est la sensibilité des performances aux paramètres biologiques de reproduction sur le court et le long terme.

Face à une telle série de questions, le cadre conceptuel et méthodologique de la modélisation du système d'élevage demeure le plus approprié et notre travail constitue ainsi une contribution à cet ensemble de tentatives de modélisation du fonctionnement de troupeaux porcins synthétisées dans le chapitre I.

Nous rappellerons initialement la démarche mise en œuvre pour réaliser notre projet de modélisation avant de la comparer à celles utilisées lors d'autres projets. Malheureusement le détail de la démarche employée pour construire un modèle est rarement présenté dans les articles, ceux-ci se focalisant sur le modèle lui-même (son fonctionnement et ses résultats). La démarche est par contre disponible, quand le projet a été réalisé dans le cadre d'une thèse, dans le manuscrit des auteurs. Nous discuterons donc notre approche en comparaison avec celles développées dans la thèse de Cournut (2001), où il s'agissait de développer un simulateur de fonctionnement de troupeau ovin et dans celle de Jouven (2006) dont le simulateur « SEBIEN » traite des interactions entre conduite d'élevage bovin allaitant et diversité des couverts végétaux dans les prairies.

Dans notre projet, il nous a semblé important de disposer rapidement d'un premier modèle afin de mettre à plat une première représentation des interactions entre conduite en bandes, phénomènes biologiques relatifs aux animaux, performances techniques et répartition des événements dans le calendrier. Le développement du simulateur MaProSH a permis de tester la sensibilité des différentes conduites en bandes à des modifications touchant les pratiques ou les paramètres biologiques des truies. Nous avons ensuite présenté ce modèle et ses résultats à des experts de la production porcine dans le double but de valider :

- les données concernant la répartition temporelle des actes techniques (difficile à valider par une autre méthode) ;
- pointer les aspects tant biotechniques que décisionnels à développer afin d'affiner la représentation de la conduite du troupeau et celle du travail dans le modèle (rythme et conséquences sur la productivité du troupeau).

Ce dialogue établi avec les experts a ainsi joué un rôle important à l'issue de cette première étape de travail, puisqu'il a dessiné les trois enjeux d'approfondissement nécessaires pour aller jusqu'à SHOP : creuser la variabilité des pratiques d'élevage, explorer et affiner les rapports qu'entretiennent les éleveurs avec leur travail au-delà de ce que la conduite en bandes permet de caler, affiner les lois biologiques sur des points essentiels. Ces volets ont été ensuite abordés grâce aux enquêtes et à l'analyse de la GTTT permettant ainsi la reformulation des enjeux du simulateur SHOP : pourvoir rendre compte des interactions entre choix de conduite en bandes et modalités de mise en œuvre opérationnelle de l'ensemble des pratiques, afin de traiter des compromis entre attentes de production et attentes de travail tout en proposant des « mises en équation » qui rendent compte de l'impact de la variété des « protocoles » pratiques sur les performances.

Cette approche diffère en partie de celles utilisées par Cournut (2001) et Jouven (2006), ces deux auteurs ayant choisi de formaliser d'emblée le modèle définitif. Pour cela une phase d'enquête auprès d'experts de la filière (gestionnaire d'élevage, conseillers, techniciens, ...) initie le processus de modélisation en identifiant les traits principaux de fonctionnement du système et les enjeux du modèle. A cette phase fait suite la réalisation d'un modèle conceptuel puis la mise en équation du modèle. Cournut (2001) réalise cette mise en équation grâce à une analyse d'une base de données issue d'un domaine expérimental de l'INRA, alors que Jouven (2006) utilise des équations issues de la bibliographie. Après implémentation informatique leurs modèles sont vérifiés et validés grâce à des expérimentations virtuelles pour Cournut (2001) et des expérimentations réelles pour Jouven (2006).

Ces démarches prennent donc des cheminements un peu différents mais passent par des étapes identiques : interrogation de la filière pour définir le fonctionnement du système, utilisation de la bibliographie et de bases de données pour estimer les lois biologiques, vérifications et validations.

Pour notre étude, nous disposons déjà du modèle conceptuel issu du travail de thèse de Cournut (2001) et permettant de représenter une gestion d'un troupeau d'ovins conduit en 2

lots, avec des cycles de production décalés de 8 mois. Par ailleurs, la bibliographie professionnelle nous assurait que l'entrée par la conduite en bandes était essentielle pour raisonner les questions de rythme de travail des éleveurs (Caugant, 2002). Le modèle conceptuel de Cournut (2001) nous a permis de construire assez rapidement un modèle simulant le fonctionnement de troupeaux de truies quel que soit le nombre de bandes constituant le troupeau. Cette possibilité a été à l'origine de la différence entre notre démarche et celles adoptées par Cournut (2001) et Jouven (2006) : l'interrogation des experts de la filière s'est faite dans un deuxième temps dans le but de préciser les éléments non modélisés qui pouvaient modifier de façon significative l'organisation temporelle du travail ou la productivité des animaux et des troupeaux.

La phase d'enquêtes a de ce fait constitué une étape originale de ce travail, que l'on ne retrouve pas dans les autres thèses citées précédemment. Là où ces deux thèses formataient dès le départ l'expression des pratiques et de leurs modalités nécessaires à l'implémentation du fonctionnement du troupeau, nous avons choisi d'explorer

- d'une part la variabilité des pratiques sur le terrain, qui, bien qu'admise, méritait d'être creusée par un dispositif spécifique ;
- et d'autre part les motivations sous jacentes aux pratiques, avec comme hypothèse que les attentes vis-à-vis du rythme de travail, de la productivité de l'élevage ou de la productivité du travail influencent la mise en œuvre des pratiques au travers d'ajustements des protocoles de travail concret.

La teneur même de notre projet, où la dimension travail est importante justifie ces options. Le travail est retranscrit dans notre approche au plus près des tâches réelles, c'est-à-dire au plus près des pratiques concrètes. La représentation des pratiques devenait alors naturellement centrale dans notre projet et nous en avons conservé à la fois le sens zootechnique (contribution à l'élaboration de la performance) et le sens « action » (contribution à une liste de tâches devant être réalisées à un moment donné dans le calendrier).

Le système étudié a donc profondément évolué en contenu avec les résultats des enquêtes. En retour, les connaissances produites en fermes ont conforté l'idée – évoquée par les experts – de la nécessité de revenir sur certaines mises en équation dans le modèle. Certaines lois biologiques devaient être précisées pour mieux rendre compte des phénomènes biologiques alors que d'autres devaient l'être pour prendre en compte l'effet des pratiques décrites plus précisément dans leur contenu et dans leur variabilité.

Cette phase d'approfondissement des données biologiques rejoint les phases de mise en équations des projets de Cournut (2001) et Jouven (2006) mais, dans notre cas, il ne s'agissait qu'en partie seulement de préciser les modèles biologiques, l'autre objectif étant d'intégrer des éléments produits par les enquêtes en fermes.

2. Originalité des modèles MaProSH et SHOP

2.1. Originalité de structure et de fonctionnement

Les modèles MaProSH et SHOP sont conçus comme des modèles de simulation dynamiques, systémiques, mécanistes, stochastiques, centrés sur l'individu et dont le fonctionnement repose sur une gestion des événements survenant en cours de simulation.

2.1.1. Modèle de simulation

Notre choix s'est porté sur un modèle de simulation (en opposition avec les modèles d'optimisation) de par les objectifs de cette thèse. En effet, pour étudier les relations entre performances du troupeau, pratiques et attentes de travail des éleveurs, il n'est pas nécessaire ni souhaitable d'optimiser le système. Le modèle fournit des indications par rapport aux performances du troupeau et à la distribution des événements, qui peuvent ensuite être comparées avec les résultats et distributions obtenus avec une autre conduite ou avec d'autres protocoles. En production porcine, cette démarche se rapproche de celle utilisée, entre autres, dans les modèles de Jorgensen et Kristensen (1995) et de Pomar *et al.* (1991). Les modèles d'optimisation, tels que ceux de Huirne *et al.* (1991) et Kristensen et Sollested (2004a et b) sont conçus pour déterminer la valeur de certains paramètres afin de les rapprocher le plus possible d'une fonction objectif. Cette fonction objectif chiffre et ordonne les objectifs de l'éleveur, généralement sur des aspects économiques et productifs, par exemple « maximiser la marge brute et minimiser la mortalité avant le sevrage ». Le modèle ajuste plusieurs variables et identifie la pratique théorique optimale à appliquer pour s'approcher de cet objectif. Dans nos modèles, les objectifs sont traduits par une cohérence de pratiques issue de l'enquête en élevage. Les pratiques sont donc une entrée du modèle et non pas une sortie.

2.1.2. Dynamique

Prendre en compte l'effet du temps (la dynamique) dans un modèle de fonctionnement de troupeau est quasi systématique. Le temps influence à la fois les besoins et les performances

des animaux, via l'effet du rang de portée par exemple. Il joue aussi sur l'ordonnancement et l'effet des pratiques.

De façon générale, les modèles représentent l'effet du temps sur la productivité des animaux et parfois sur leurs besoins (Jalvingh *et al.* 1992, Allen et Stewart, 1983; Teffène *et al.*, 1986 ; Pomar *et al.*, 1991). Mais souvent l'effet du temps dans les modèles de fonctionnement de troupeau se résume au rang de portée (échelle de temps au niveau du cycle) et à la saison (échelle de temps annuel). Or le temps possède des effets sur des pas de temps plus longs (à l'échelle de l'ensemble de la carrière d'une truie) et plus courts (échelle hebdomadaire et même infra). Les effets à ces pas de temps courts concernent notamment l'influence des pratiques, celles-ci étant réalisées seulement certaines journées, un nombre de fois et durant un laps de temps défini. Jusqu'à présent, cette représentation dynamique des actes de l'éleveur se retrouve principalement dans des modèles qui se focalisent sur un aspect spécifique de l'élevage sans que le fonctionnement global du troupeau ne soit représenté. Par exemple, le modèle de Lamberson et Safranski (2000), réalisé afin de comparer plusieurs protocoles d'insémination, tire au hasard des intervalles de temps entre le sevrage et l'ovulation puis calcule une fertilité en fonction du protocole d'insémination simulé. Seul le modèle développé par Jorgensen et Kristensen (1995), grâce à la représentation de la « force de l'œstrus » (degré d'expression des signes d'œstrus), prend aussi en compte un effet du temps sur le résultat de la détection par l'éleveur. Si la détection est réalisée trop tôt, l'éleveur ne sera pas en mesure de détecter l'œstrus.

Toutes ces échelles de temps se retrouvent dans nos modèles. En effet, MaProSH et SHOP intègrent l'effet du rang de portée sur la productivité des animaux, mais aussi, pour SHOP, un effet de la carrière de la truie et une représentation dynamique des actes de l'éleveur (tels que les protocoles d'insémination). Cette prise en compte de différentes échelles de temps a été possible grâce à l'utilisation d'un modèle à événements discrets piloté par une horloge.

2.1.3. Événementiel

Le choix de réaliser un modèle à événements discrets piloté par une horloge permet de se rapprocher du mode de gestion de l'éleveur (avec des séances d'activités positionnées dans un calendrier) et permet de faciliter la compréhension du fonctionnement du simulateur par les personnes extérieures au projet. Nous avons pu le constater lors de la réunion avec les experts de la filière. Le fonctionnement du simulateur a été bien compris des experts qui ont ainsi facilement pu repérer les lacunes et proposer des améliorations comme par exemple celles

relatives à la représentation des pratiques de renouvellement où sont associés des critères et des moments (sevrage ou échographie). Ce type de représentation événementielle a déjà été utilisé dans plusieurs modèles de simulation de troupeaux ovin et porcin (Allen et Stewart, 1983 ; Pettigrew *et al.*, 1986 ; Singh, 1986 ; Pomar *et al.*, 1991 ; Jorgensen et Kristensen, 1995 ; Cournut et Dedieu, 2004).

L'utilisation d'événements situés dans un calendrier permet aussi la création d'indicateurs nouveaux tels que le nombre de mises bas à surveiller le week-end, le nombre de truies détectée en œstrus le lundi, lorsqu'il n'y a pas eu de détection le dimanche soir... Ces indicateurs sont faciles à interpréter et répondent aux questions des éleveurs vis-à-vis du rythme de travail. L'utilisation d'un calendrier n'est pas complètement nouvelle. Les modèles de Pettigrew *et al.* (1986) ou de Jorgensen et Kristensen (1995) utilisaient déjà des dates (sevrage le jeudi, détection des œstrus du lundi au vendredi, ...), mais aucun modèle n'avait encore produit de sorties concernant le nombre d'événements survenant chaque jour de la semaine, voire chaque heure de la journée.

Nos modèles utilisent un pas de temps de l'ordre de l'heure, ce qui est plutôt rare dans les modèles de fonctionnement de troupeau, les autres modèles utilisant des pas de temps hebdomadaires (Jalvingh *et al.*, 1992) ou plus souvent journaliers. Le choix d'un pas de temps horaire se justifie par la nécessité de positionner précisément les activités de travail de l'éleveur par rapport aux événements biologiques, un décalage de quelques heures entre la détection des œstrus et le début de l'œstrus d'une truie pouvant avoir des conséquences importantes sur sa fertilité (Chapitre V). Jusqu'à présent seul le modèle de Jorgensen et Kristensen (1995) était en mesure de représenter ces interactions, le pas de temps utilisé dans leur modèle étant de l'ordre de la minute.

2.1.4. Systémique et Mécaniste

La modélisation systémique définit plusieurs objets et leurs interactions. Ainsi dans le cas d'un élevage, l'approche systémique prend en compte les ressources, le troupeau et les décisions à des degrés divers selon les modèles.

L'approche mécaniste consiste à expliquer ou construire les résultats observés à l'échelle du système étudié, grâce à la prise en compte des phénomènes intervenant à une échelle inférieure (Sauvant, 2005). Ainsi pour étudier le troupeau, une approche mécaniste consiste à représenter les animaux qui le composent et à formaliser pas à pas les phénomènes

biologiques en jeu dans l'avancement de leur carrière (l'enchaînement des cycles de production et leur déroulement).

Cette double approche est le fondement des « herd dynamics models ». Mais certains modèles peuvent être plus mécanistes dans leur modélisation du fonctionnement de l'animal ou des ressources, d'autres se contentant d'approches plus empiriques, sans détailler les phénomènes en jeu. Ainsi certains modèles de fonctionnement de troupeau décrivent toutes les étapes nécessaires à l'obtention de la taille de la portée pour une truie donnée : nombre d'ovocytes libérés, nombre de fécondations, réussite de l'attache à la matrice (Jorgensen et Kristensen, 1995 ; Steverink, 1997). Les autres modèles représentent le nombre de porcelets nés totaux de façon empirique en prenant en compte plus ou moins de paramètres mais sans considérer les processus biologiques qui aboutissent à ce nombre. Au niveau des ressources, Jouven (2006) utilise un modèle mécaniste pour représenter les ressources herbagères de l'exploitation.

Selon ces critères MaProSH est un modèle qui s'insère dans ce courant puisqu'il prend en compte les décisions, les animaux qui composent le troupeau et des ressources (présence d'un travailleur, nombre de places en maternité). Par contre il ne rentre pas de façon détaillée dans les processus biologiques, utilisant des lois empiriques pour modéliser les différentes productions et les intervalles régissant la biologie de la truie. Le modèle SHOP reste toujours empirique dans sa représentation des phénomènes biologiques même s'il intègre plus de facteurs explicatifs que MaProSH.

Là où MaProSH mais surtout SHOP sont novateurs c'est dans la représentation des décisions et des ressources, composantes essentielles des modèles biodécisionnels. En effet, dans la bibliographie (Chapitre I) la majorité des modèles représentent de façon peu détaillée les décisions, et les ressources prises en compte concernent principalement l'alimentation et les bâtiments. Alors que nos modèles ne représentent que de façon succincte les bâtiments (par l'intermédiaire d'une cause de réforme pour « manque de place en maternité ») et ne prennent pas en compte l'alimentation, ils se focalisent par contre sur la ressource « travail ». Cette ressource n'est pas abordée en termes de temps de travail mais en termes d'opérations concrètes sur les truies avec une représentation de « séances » journalières ayant lieu sur une période définie et mettant en œuvre un protocole particulier. Ceci nous permet de traiter précisément des interactions entre les pratiques et les performances des animaux. Par exemple, nous avons présenté dans le chapitre V une procédure décrivant par étape l'évolution du nombre de porcelets depuis la naissance jusqu'au sevrage. Chacune de ces étapes fait intervenir une pratique (surveillance des mises bas, adoptions) survenant lors de

séances spécifiques et agissant sur la survie des porcelets. La majorité des autres modèles représente une relation empirique entre le nombre de porcelets nés vivants et le nombre de porcelets sevrés (Shing, 1986 ; Plà *et al.*, 2003 ; Pettigrew *et al.*, 1986 ; MaProSH). Cette originalité est aussi présente dans la représentation des pratiques de détection-insémination et de renouvellement-réforme. Elle permet d'induire plus de facteurs de variation dans les performances des animaux et notamment d'étudier les cohérences entre les pratiques en évaluant par exemple la productivité des animaux résultant d'un protocole très performant sur une étape (aide à la mise bas des truies par exemple) et peu performant sur une autre (adoptions par exemple).

Ainsi, toutes les pratiques représentées dans le modèle le sont en termes de séances de travail (fréquence journalière, horaire d'occurrence), de période (jour(s) de réalisation) et de contenu technique (protocole). Mais certaines pratiques ne sont caractérisées que par un seul protocole. Par exemple SHOP ne représente qu'un seul type de sevrage et un seul protocole de détection des œstrus. La représentation de protocoles variés pour ces pratiques fait partie des perspectives d'évolution de ce modèle.

La représentation des décisions est au final plus détaillée que dans les autres modèles. En effet la majorité des modèles de fonctionnement de troupeaux ont jusqu'à présent limité les décisions aux règles de réformes. C'est aussi le cas de MaProSH, alors que SHOP va plus loin de par la mise en place de cohérences de pratiques répondant à des objectifs spécifiques vis-à-vis de la productivité ou du rythme de travail inter et intra hebdomadaire. Nous pensons que ce développement n'est qu'une première étape pour les modèles de fonctionnement de troupeaux. En effet de nouveaux formalismes de modélisations apparaissent actuellement, notamment avec les travaux de Martin-Clouaire et Rellier (2003). Ce formalisme permettra de ne pas figer les décisions au début de la simulation mais de rendre le choix d'un protocole dépendant de certains facteurs extérieurs permettant de mettre en place des « pratiques alternatives » en cas de problèmes à une étape spécifique. Nous avons nous-mêmes commencé à intégrer ces principes dans SHOP, en proposant par exemple un protocole d'insémination ajusté à l'ISO (Chapitre V).

2.1.5. Stochastique

La prise en compte de la variabilité des réponses des animaux dans le modèle s'est imposée, les phénomènes biologiques n'étant pas déterministes. Ainsi, tous les modèles se focalisant sur le fonctionnement des troupeaux sont stochastiques (chapitre I et II). Cette représentation

implique que le même animal, dans deux simulations ayant les mêmes paramètres de départ, n'aura pas la même histoire de par la variabilité de la prolificité ou du fait du caractère aléatoire du succès de l'insémination, par exemple. Dans MaProSH ceci est représenté par des lois normales décrivant la durée de la gestation, l'intervalle sevrage œstrus, la taille de la portée et des seuils de probabilité pour le succès de l'insémination et les mortalités et les avortements des truies.

Dans SHOP, les mêmes critères stochastiques que dans MaProSH sont conservés avec en plus la représentation de la variabilité des nombres de porcelets nés totaux et vivants à la fin du 1^{er} jour. Le seuil de fertilité devient variable en fonction de l'histoire de la truie tout en restant représenté de façon déterministe, deux truies avec la même histoire productive ayant le même taux de fertilité. Cette représentation de la fertilité est classique dans les modèles de la bibliographie et les facteurs modifiant le seuil sont le nombre d'échecs à l'insémination au cours du cycle (quasi tous les simulateurs), la durée de lactation (Allen et Stewart, 1983 ; Pomar *et al.*, 1991), la saison (Singh, 1986 ; Pomar *et al.*, 1991) et l'alimentation (Pomar *et al.*, 1991).

2.1.6. Individu centré

La représentation individuelle des animaux sert de support à la variabilité induite par la représentation stochastique des phénomènes biologiques. Pour simplifier, un modèle individu centré stochastique permet de différencier les animaux sur leur carrière là où un modèle stochastique non individu centré permet seulement de prédire les effectifs présents dans chacune des modalités possibles pour la variable. Certains modèles en classe, tels que ceux utilisant les chaînes de Markov, ont un nombre d'état possible largement supérieur au nombre d'animaux simulés. Par exemple Jalving *et al.* (1992) considèrent 263640 états possibles dans leur modèle réduisant ainsi certaines classes à un seul individu ce qui rapproche leur modèle d'un modèle individu centré. La représentation individu centrée permet une gestion fine des animaux, en incluant par exemple des critères de prolificité dans les critères de réforme (Pomar et Pomar, 2005; MaProSH et SHOP) ou de prendre en compte l'influence de la carrière passée sur la productivité (SHOP). Mais la représentation de chaque individu permet aussi de différencier les animaux sur des caractéristiques propres qui ne varient pas au cours de la carrière. C'est ce qui est fait dans SHOP en attribuant à chaque truie un nombre différent de tétines. Pomar *et al.* (1991) distinguent pour leur part les animaux par des paramètres de croissance et d'ingestion. Jorgensen et Kristensen (1995) utilisent aussi cette distinction entre

animaux notamment pour définir la force de l'œstrus. Bien qu'aucun modèle de fonctionnement de troupeau porcin ne l'ait encore appliqué, on peut aussi imaginer une différenciation des truies en fonction de leur potentiel génétique décrivant par exemple un potentiel maximal de porcelets auquel la truie peut donner naissance, en l'absence d'accident de carrière et lorsque les facteurs environnementaux optimaux sont réunis. Ce nombre pourrait ensuite être minoré par le rang de portée, le passé productif, l'alimentation, l'état sanitaire de l'élevage...

Au final, nous avons donc conçu deux modèles dont la structure est en partie semblable aux autres modèles de fonctionnement de troupeaux de la bibliographie mais qui mettent l'accent sur la représentation dynamique des pratiques des éleveurs en lien avec i) certaines attentes des éleveurs exprimées comme des compromis entre productivité et travail et ii) l'élaboration pas à pas des cycles de production individuels et leur enchaînement sur le long terme.

2.2. Originalité de contenu

Nous aborderons tout d'abord les points originaux de la représentation des animaux qui portent sur la représentation de la carrière et des phénomènes biologiques expliquant la fertilité et la mortalité des porcelets. Nous évoquerons aussi plus en détails les originalités de la représentation des pratiques qui touchent les pratiques de reproduction et de renouvellement. Nous analyserons ensuite les sorties rendues possibles par nos modèles.

2.2.1. La représentation des animaux

Bien que plusieurs modèles représentent les animaux de façon individualisée, l'influence de la carrière passée de chaque truie sur ses performances futures n'est que rarement prise en compte dans les modèles de simulation et ne concernent que des modèles de simulation utilisant des chaînes de Markov (Jalvingh *et al.*, 1992 ; Plà *et al.*, 2003). Cette absence d'intégration de l'histoire productive des animaux peut être reliée au faible nombre d'études portant sur la relation entre les performances antérieures et la prolificité (Hughes 1998 ; Le Cozler *et al.*, 1997 ; Koketsu et Dial, 1997 ; Clark et Leman, 1987) ou la fertilité (Koketsu *et al.*, 1997). Notre étude de la GTTT permet de préciser ces relations et d'en estimer les paramètres. Ces analyses ont été effectuées sur des données exprimées relativement à la moyenne de l'élevage permettant ainsi de gommer l'effet élevage. Les paramètres estimés ont

ainsi une portée plus générale et la seule valeur nécessaire pour la calibration du modèle est la valeur moyenne du critère considéré pour l'élevage que l'on cherche à simuler.

Contrairement à plusieurs modèles (Pomar *et al.*, 1991 ; Pettigrew *et al.*, 1986 ; Singh, 1986) nous ne représentons pas le poids ni la consommation des animaux. Ce choix a été fait principalement pour des raisons de simplification compte tenu de l'objectif de la modélisation. D'autres modèles mécanistes, comme par exemple celui de Dourmad *et al.* (2007), représentent l'évolution des caractéristiques corporelles des truies en fonction du plan d'alimentation, de l'état physiologique et des performances. A l'avenir ce type de modèle pourra facilement être greffé au modèle de troupeau. Ceci permettra d'une part de prendre en compte l'influence des caractéristiques corporelles sur la reproduction (Dourmad *et al.*, 1994) et d'autre part d'estimer la variabilité au niveau du troupeau des besoins nutritionnels des animaux, ce qui constitue un enjeu important pour la définition des stratégies d'alimentation (Brossard *et al.*, 2007).

Enfin, les représentations détaillées de la fertilité des truies et de la mortalité des porcelets entre la naissance et le sevrage présentées dans le chapitre V se justifient par la finesse de la représentation des pratiques. Cette finesse de représentation des pratiques constitue un deuxième point d'originalité de nos modèles.

2.2.2. La représentation des pratiques

Les analyses réalisées au chapitre III mettent en perspective deux niveaux d'expression des pratiques. Le premier niveau concerne la traduction en termes opérationnels des règles stratégiques : conduite en bandes, durée de lactation, gestion des effectifs. Cette traduction influence le nombre de lots, la répartition inter hebdomadaire du travail périodique, les règles de réforme ou de transferts entre lots et enfin certaines dates (le jour du sevrage par exemple). Le second niveau concerne les modalités concrètes de mise en œuvre et les « protocoles » en référence à la notion de protocoles de travail (enchaînement d'actions élémentaires prescrites). Ces modalités sont associées à des attentes de travail au niveau intra-hebdomadaire et à des attentes de productivité des animaux.

Au final, les pratiques incluses dans le simulateur correspondent à ces deux niveaux de représentation. Nos modèles et plus particulièrement SHOP se distinguent par la représentation très fine des pratiques qui s'est imposée :

- de par les liens forts qui existent entre les pratiques et des attentes combinées sur le travail intra et inter hebdomadaire et sur la production (Chapitre III) ;
- mais aussi de par l'influence des pratiques sur les résultats productifs des animaux.

Cet impact des pratiques sur les performances ressortait des enquêtes mais les analyses étaient frustrées vu le nombre limité d'exploitations concernées et l'absence de données par animal. Il a donc fallu aborder d'une autre manière ces interactions pratiques – performances. L'analyse de la base de données de la GTTT permettait de s'appuyer sur un nombre exceptionnellement élevé d'individus et de critères de performances, mais cette base ne contenait pas directement d'informations sur les pratiques, ce qui rendait l'interprétation plus difficile (chapitre IV). Ceci milite d'ailleurs en faveur de l'ajout d'informations plus nombreuses sur les pratiques des éleveurs dans les bases de gestion technique, afin de pouvoir étudier l'effet de la combinaison de pratiques sur les indicateurs de résultats, objectif du zootechnicien (Dedieu et Thériez, 1994). L'IFIP envisage ainsi de réutiliser l'algorithme que nous avons développé afin d'identifier la conduite en bandes des élevages présents dans la base de données de la GTTT (Chapitre IV) et prévoit à terme de fournir des références techniques par type de conduite en bandes en plus des références globales fournies actuellement (Badouard, IFIP, communication personnelle).

La conduite en bandes a été notre premier point de focalisation. Ce choix paraissait évident, les éleveurs et les experts de la production porcine citant fréquemment ce paramètre dans les dossiers consacrés à l'organisation du travail (Caugant, 2002 ; Viel, 2006 ; Viel, 2007). Aucun modèle n'ayant encore représenté la diversité des conduites en bandes (Chapitre I), MaProSH a permis de combler ce manque. Cette représentation des différentes conduites en bandes oblige à gérer les truies infertiles différemment selon les conduites, modifie à la fois les critères et les moments de réforme et enfin entraîne des différences dans les pratiques de renouvellement sans en changer l'objectif : maintenir le nombre de truies dans le troupeau constant.

La majorité des modèles porcins ainsi que le modèle de Cournut et Dedieu (2004) en ovin permettent le transfert des truies infertiles dans une autre bande. Mais dans les modèles porcins, le transfert était facilité puisque seules des conduites « à la semaine » (en 20 ou 21 bandes) étaient simulées. Dans cette conduite les séances de détection des œstrus ayant lieu toutes les semaines il n'y a donc pas de difficultés pour intégrer dans une nouvelle bande une truie qui tarde à venir en chaleur ou qui revient en chaleur après une insémination. Nous avons vu que ce n'était pas aussi simple pour les conduites en 7 bandes (gestion difficile des

truies qui viennent tardivement en œstrus) et encore moins pour les conduites en moins de 7 bandes (gestion difficile de toutes les truies infertiles).

Les modèles de fonctionnement de troupeaux porcins considéraient jusqu'à présent des règles de réforme pour cause d'infertilité, d'âge butoir et pour certains pour cause de nombre de places limité dans les bâtiments. Seuls les modèles se focalisant sur l'impact de règles de réforme (Jalvingh *et al.*, 1992 ; Pomar et Pomar, 2005) intégraient des critères de réforme basés sur la productivité des animaux. MaProSH intègre tous ces critères et SHOP permettra en plus de définir un ou plusieurs moments de « décision de réforme » (Chapitre V) permettant ainsi de représenter les pratiques dites « sécuritaires » (dans lesquelles la réforme n'intervient qu'au moment de la confirmation du statut de gestante), identifiées lors des enquêtes (chapitre III).

Le modèle MaProSH, de même que plusieurs autres modèles (Allen et Stewart, 1983 ; Jalvingh *et al.*, 1992) simplifie délibérément les pratiques de renouvellement, principalement en raison de l'absence de connaissances précises sur les pratiques des éleveurs. L'enquête réalisée auprès des éleveurs ainsi qu'un dossier récent des Chambres d'Agriculture de Bretagne et des Pays de la Loire associées à l'IFIP (Pellois *et al.*, 2006) ont permis de mieux préciser ces pratiques de renouvellement des truies. Dans l'enquête de Pellois *et al.* (2006) les questions étaient exclusivement centrées sur le renouvellement. Les règles de réformes ainsi que de gestion des effectifs n'étant pas abordées, ceci ne leur a pas permis de mettre en évidence la relation que nous avons observée entre les pratiques de renouvellement et la conduite en bandes (Chapitre III). A notre connaissance aucun modèle ne simule les pratiques d'achats périodiques de jeunes femelles afin de constituer un « stock » de cochettes, ni la variabilité ou au contraire la constance du nombre acheté. Seul le modèle de Singh (1986) détaille la logique déterminant le nombre de cochettes à récupérer dans l'atelier d'engraissement et à intégrer au troupeau en remplacement des truies réformées. Mais cet approvisionnement est réalisé dans son modèle en dehors d'un rythme régulier tel que nous avons pu l'observer dans les enquêtes. L'adaptation du nombre de cochettes au nombre de truies réformées est une constante dans les modèles de fonctionnement de troupeau afin de maintenir un effectif stable, mais ce fonctionnement ne permet pas les interactions avec les règles de réformes. La façon de représenter les pratiques de renouvellement dans le modèle SHOP permettra de prendre en compte ces interactions et ainsi adapter le nombre de truies réformées au nombre de cochettes disponibles.

Le focus sur les pratiques s'est ensuite tourné vers les pratiques de reproduction. Comme nous l'avons rappelé dans la première partie de cette discussion générale l'utilisation d'enquêtes dans la construction de modèles de fonctionnement de troupeau, vise le plus souvent à définir un corpus de pratiques nécessaires au fonctionnement du système. Notre spécificité étant ici d'avoir visé à décrire la diversité et les motivations de ces pratiques. Ainsi, la plupart des modèles expriment les pratiques de façon simple et uniforme : simple car ils ne retiennent que les pratiques nécessaires au fonctionnement du simulateur (insémination / date d'introduction du reproducteur, sevrage), uniforme puisqu'aucune variabilité dans la façon de réaliser la pratique n'est autorisée. Par exemple, dans le modèle de Singh (1986), les pratiques non obligatoires pour le fonctionnement du troupeau ne sont pas représentées (détections des œstrus, surveillance des mises bas) et les pratiques d'inséminations correspondent juste à un tirage aléatoire effectué au moment où la truie arrive en œstrus sans qu'il y ait de possibilité de faire varier le moment où survient cette insémination. Dans notre analyse de la bibliographie, un seul modèle présente des résultats de pratiques alternatives telles que le sevrage précoce (Pettigrew *et al.*, 1986) mais ces pratiques sont modélisées directement par une modification des paramètres biologiques décrivant les animaux et non par une modification de la pratique elle-même. Représenter les pratiques alternatives de cette façon permet bien de prendre en compte leurs effets sur la productivité des animaux et du troupeau mais ne permet pas d'évaluer les conséquences sur la répartition temporelle des actes techniques à réaliser.

Or, les résultats de l'enquête (chapitre III) mettent en évidence l'importance de cette répartition temporelle dans le contenu technique d'une pratique. C'est ce constat qui nous a incité à représenter le déroulé des pratiques. Ainsi la détection des œstrus est décrite par sa période de réalisation au cours de la semaine et sa fréquence journalière, la pratique d'insémination est définie d'une part par un protocole décrivant le délai entre la détection et la première insémination, la fréquence des inséminations et leur nombre et d'autre part, par le nombre de protocoles différents utilisés et les conditions d'application de ces protocoles. Cette représentation des pratiques se rapproche de la définition d'une activité au sein de l'ontologie développée par Martin-Clouaire et Rellier (2003) pour la modélisation des systèmes biologiques pilotés : « *Dans sa forme la plus simple, une activité, [...], spécifie quelque chose à faire sur une entité biophysique par un exécutant. Outre ces trois composantes, une activité est caractérisée par des contraintes d'ouverture et de fermeture ...* ». Dans le modèle SHOP, nous avons défini des « cohérences de pratiques » à partir des

résultats de l'enquête qui imposent alors certaines pratiques de reproduction (la pratique de détection d'œstrus limitée aux jours ouvrés dans une cohérence de pratiques visant à limiter le travail le week-end par exemple). Mais le modèle permettra également d'explorer de nouvelles combinaisons de pratiques afin de tester le comportement du système en cas d'écart à ces cohérences.

L'autre groupe de pratiques que nous avons détaillé concerne les pratiques mises en œuvre autour de la mise bas. Tout d'abord nous proposons, dans SHOP, de représenter une pratique importante pour les éleveurs vis-à-vis de leurs attentes de travail : le déclenchement de la mise bas. Cette pratique a un effet : elle provoque la mise bas avant le terme de la gestation, et trois conséquences : elle rajoute un événement à réaliser certains jours de la semaine, elle concentre le nombre de mises bas à surveiller sur une journée et enfin elle permet d'augmenter le pourcentage de truies mettant bas en présence de l'éleveur. Cette pratique influence donc la répartition temporelle du travail et la productivité des truies via son effet sur la mortalité des porcelets.

Lors de l'enquête nous avons identifié trois pratiques bien distinctes liées à la surveillance des mises bas : l'aide procurée aux truies, l'aide procurée aux porcelets nouveaux nés et l'adoption. Jusqu'à présent les expérimentations ont toujours porté simultanément sur les trois pratiques (Holyoake *et al.*, 1995 ; White *et al.*, 1996 ; Le Cozler *et al.*, 2002) et il est donc difficile de dissocier l'effet de chaque pratique sur la mortalité des porcelets. Cette constatation pourrait faire l'objet de la mise en place d'une expérimentation testant différentes combinaisons de ces trois pratiques. A défaut de connaître l'effet de chaque pratique sur la survie des porcelets, nous avons donc choisi de les associer chacune à un risque de mortalité spécifique : la mortinatalité pour l'aide aux truies, la mortalité observée le 1^{er} jour de vie pour l'aide aux porcelets et la mortalité entre le 2^{ème} jour et le jour du sevrage pour les adoptions. Les adoptions participent en outre à la gestion des effectifs de truies par bande : les différents protocoles se distinguent notamment par la possibilité d'utiliser des truies des autres bandes. Ils incluent également des choix vis-à-vis de l'adéquation entre le nombre de porcelets et le nombre de tétines. Ces arguments militent en faveur d'une représentation plus approfondie des pratiques d'adoption, que nous avons seulement initiée dans le chapitre V. Nos enquêtes ont ainsi pointé plusieurs autres éléments du raisonnement qui mériteraient d'être affinés, au-delà du nombre de tétines. Ces raisonnements sont relatifs à la truie (rang de portée), au porcelet (poids) et à la portée (homogénéisation des poids). Mais tous les savoirs faire de ces pratiques ne sont pas forcément facilement explicités. L'ergonomie propose plusieurs familles

de méthodologies (par exemple le film et l'analyse de cours d'action – Theureau et Filippi, 1994) pour accéder aux raisonnements, observations et savoirs faire des opérateurs en situation qui pourraient nous être utiles ici.

En intégrant cette représentation de la surveillance des mises bas, le modèle SHOP sera ainsi le premier modèle de fonctionnement de troupeau à rendre compte de modifications de la productivité des truies liées à la façon dont l'éleveur réalise cette surveillance et ainsi à pouvoir évaluer l'intérêt de surveillance en continu des mise bas.

2.2.3. Les sorties des modèles

Les modèles de fonctionnement de troupeau génèrent des indicateurs de deux ordres. En premier lieu ils peuvent fournir les critères de performances techniques : nombre de truies, nombre de porcelets nés totaux, nombre de porcelets sevrés par truie productive par an, ... Ces résultats s'obtiennent à partir d'une analyse sur plusieurs répétitions et sur plusieurs cycles, une fois l'état stationnaire atteint. C'est ce que nous présentons dans l'article décrivant MaProSH et c'est un type de sorties proposées par la majorité des simulateurs de fonctionnement de troupeaux.

Le deuxième type de sorties réalisables avec un simulateur de troupeau permet de rendre compte du fonctionnement du troupeau lui-même grâce à des données sur les flux d'animaux (renouvellement, réforme, transfert vers une autre bande, mortalité ; Cournut et Dedieu, 2004) et sur leurs carrières (identification de profils de carrière ; Moulin, 1993 ; Lasseur et Landais, 1992 ; Tichit *et al.*, 2004). Si ces sorties se doivent d'être réalisables par un modèle de fonctionnement de troupeau, elles sont très rarement évoquées dans les articles et seul le modèle de fonctionnement de troupeaux ovins réalisé par Cournut (2001) présente une analyse des carrières des animaux ainsi que des flux d'animaux entre les différents lots. Nos modèles proposent la possibilité d'analyser les flux comme cela a été décrit pour le simulateur MaProSH au chapitre II. Il est ainsi possible d'étudier les fluctuations d'effectif au sein de chaque bande au fur et à mesure des cycles productifs et vérifier que les pratiques de renouvellement et de réforme simulées permettent de limiter la variation des effectifs par bande ou au contraire autorisent une certaine variabilité. Par contre, MaProSH n'est pas en mesure de fournir des éléments sur des profils de carrière, celle-ci n'étant pas conservée au cours de la simulation. Les sorties concernant les profils de carrière seront par contre effectuées avec le modèle SHOP et la carrière des animaux étant déjà une donnée active dans

le simulateur (dans la mesure où elle influence les performances futures des animaux) il sera facile de réaliser ces sorties.

L'autre originalité du modèle MaProSH, et qui sera améliorée dans SHOP, concerne le positionnement dans le calendrier des actes techniques réalisés au cours d'une simulation. MaProSH envisage déjà deux types de sorties. Le premier type est une sortie visuelle présentant le nombre et le type d'événements périodiques survenant chaque jour au cours de plusieurs semaines. Cette sortie permet une comparaison simple des différentes conduites. Le second type de sortie concerne des indicateurs synthétiques présentant le nombre d'événements périodiques à réaliser sur plusieurs semaines et selon le jour de la semaine ou encore le « nombre de jours sans événements périodiques » en distinguant la semaine du week-end (samedi – dimanche). Avec le modèle SHOP, nous envisageons d'augmenter le nombre de ces indicateurs en déterminant par exemple le pourcentage de truies surveillées lors de leur mise bas et le nombre de truies inséminées selon le jour de la semaine et la pratique simulée.

La première catégorie d'indicateurs permet d'initier la réflexion sur l'évaluation de l'efficacité d'un système d'élevage au travers d'une répartition des tâches à réaliser alors que la seconde devrait permettre de quantifier cette efficacité du système par rapport à des objectifs spécifiés d'organisation de temps de travail, comme se libérer des jours durant le week-end par exemple.

Le modèle SHOP pourra ainsi permettre d'interagir avec la filière pour alimenter le débat sur le travail en élevage grâce à la prise en compte de l'effet du travail concret (les protocoles) sur l'élaboration des performances et le modèle SHOP pourrait donc servir de base à la production d'un outil pour la filière sur la thématique du travail en élevage. Mais ceci nécessiterait alors, de notre point de vue, et avant plus ample dialogue avec ces acteurs :

- *a minima* le développement d'une interface utilisateur plus sophistiquée et la création d'outils simplifiés de présentation des résultats sous la forme de graphiques et de tableaux de synthèse. C'est une étape nécessaire pour envisager une diffusion hors du cercle de la recherche qui devra être conduite en collaboration directe avec les utilisateurs finaux.
- d'aller plus loin dans la représentation du travail en introduisant d'une part la diversité des travailleurs (salariés, éleveur etc..) et la répartition du travail périodique

entre ces différents travailleurs y compris le week-end, et d'autre part en mettant en relation la densité d'actes techniques avec des temps de travaux. En effet, la notion de protocole présentée dans ces modèles n'inclut qu'une partie du travail (les procédures à suivre) mais ne dit rien sur qui fait le travail ni sur le temps nécessaire à sa réalisation. Cette absence, dans le modèle, de relation entre acte technique à réaliser et durée d'exécution est due à la complexité de la relation elle-même, puisque la durée de réalisation dépend de la rapidité de l'intervenant et de la dimension subjective qu'il accorde à la tâche (Leplat, 1994). De plus l'acte technique se décompose en une composante fixe (par exemple la mise à température de la semence ou le déplacement du verrat dans la case des truies à détecter) et une composante variable (temps nécessaire pour inséminer / détecter une truie).

- de prendre en compte le travail répétitif quotidien (alimentation, surveillance, nettoyage...), mais que nous avons laissé de côté dans cette approche centrée sur les tâches périodiques liées à la reproduction
- d'ouvrir la vision du travail au-delà de l'atelier naissage et de considérer tous les travaux périodiques. En effet, nos modèles représentent uniquement le fonctionnement de l'atelier naissage et occultent donc les événements nécessaires à la gestion des porcs en engraissement, aux cultures et au fonctionnement des autres troupeaux présents sur l'exploitation.

Dans nos modèles, nous instruisons le débat des périodes et des tâches dites périodiques, c'est-à-dire non quotidiennes, et dont la rythmicité est en grande partie connue car liée à la conduite en bandes. Ainsi nous participons à la définition du calendrier des périodes occupées, ou au contraire libres de ces tâches de reproduction, sans pour autant prendre position sur ce que serait un découpage en période à l'échelle de l'exploitation avec une prise en compte de l'ensemble des ateliers (y compris production végétale, ou autre élevage). Il en est de même vis-à-vis du travail hebdomadaire et du rapport aux week-ends. Nos modèles construisent des éléments de discussion sur ces conceptions de travail, mais centrées sur un atelier, alors qu'une vision globale serait nécessaire à l'échelle de l'exploitation, compte tenu de l'importance des situations de production hors sol combinées à d'autres activités (chapitre I).

Relevons qu'au final, les éleveurs de porcs présentent des registres de rapport au travail assez similaires à ceux des autres productions, notamment à la production laitière (Dufour et al.

2007), et des rythmes de travail qui ne mettent pas en défaut les méthodologies proposés en élevages d'herbivores. Par contre les développements de modèles de systèmes d'élevage incluant la dimension travail en amont (dans la définition des projets d'éleveurs) sont quasi inexistants dans ce secteur, l'approche du travail étant plutôt positionné soit en sortie, dans quelques cas (Allen et Stewart, 1983 ; Rotz *et al.*, 2005) ou comme contrainte en entrée dans le cadre de modèles d'optimisation (Veysset *et al.*, 2005 ; Pfister *et al.*, 2005) centrés sur l'évaluation économique (coûts) et non sur les questions d'organisation. Pour les élevages porcins, le modèle de Kristensen et Jorgensen (1995) s'intéresse à l'organisation intra hebdomadaire du travail (leur modèle ne représentant qu'une seule conduite en bandes) en définissant des jours et des heures d'exécution des tâches périodiques mais sans aller jusqu'aux cohérences de pratiques et sans réaliser de sorties spécifiquement liées à l'organisation du travail généré. Nous avons donc avec le modèle SHOP une approche complètement originale qui permettra d'évaluer l'efficacité des élevages mais aussi l'efficience des systèmes d'élevages, que les objectifs soient productif ou vis-à-vis de la répartition du travail.

3. La validation des modèles développés

Parmi les différents types de validation décrits par Coquillard et Hill (1997) et par Balci (1998) (chapitre I), nous en avons mis en place deux pour la validation de MaProSH: une validation fonctionnelle et une validation à dire d'experts (Chapitre II). Nous avons en outre effectué des expériences de simulation (présentées dans le chapitre II) permettant de tester la réponse du modèle à des modifications de paramètres sans que ces expériences puissent être complètement assimilées à une analyse de sensibilité. En effet une analyse de sensibilité cherche, outre à valider le fonctionnement du modèle, à identifier les paramètres influençant le plus les résultats et elle s'effectue en faisant varier de façon systématique les différents paramètres du modèle dans une plage donnée de variation. Cette analyse ne peut donc se réduire à des expérimentations sur 2 niveaux uniquement (comme présenté pour MaProSH). Par exemple pour la validation de son modèle, Cournut (2001) a mis en place un plan de 50 expériences couvrant les paramètres de conduites, les paramètres biologiques et des combinaisons des deux. Jalvingh *et al.* (1992) sont parmi les seuls à présenter une analyse de sensibilité, les autres auteurs réalisant principalement une validation fonctionnelle. Les

premiers ont ainsi réalisé 24 simulations afin de tester 8 paramètres (3 niveaux par paramètre : moyenne, moyenne -20% et moyenne +20%).

Deux raisons principales expliquent l'absence d'analyse de sensibilité complète pour MaProSH. La première est que la validation du fonctionnement du modèle a été effectuée par le suivi des indicateurs zootechniques en cours de simulation (nombre de truies par bande, le nombre de truies réformées, le rang de portée moyen à la réforme, démographie du troupeau). Nous avons pu expliquer les valeurs obtenues pour ces indicateurs par les règles mises en place dans le modèle, confirmant ainsi le bon fonctionnement du simulateur. La seconde raison est que nous notre objectif principal n'était pas d'identifier les paramètres amenant les plus fortes modifications de productivité du troupeau mais plutôt de comparer divers systèmes dans des situations de modifications des paramètres biologiques ou de modifications des choix techniques qui aient du sens pour un éleveur. En utilisant les résultats de l'analyse de GTTT (chapitre IV) en fonction du type de conduite en bandes il serait maintenant possible de valider MaProSH en comparant les données simulées aux données observées.

Le modèle SHOP n'étant pas implémenté, il n'a pu être validé mais une réflexion sur sa validation a déjà été menée. Ainsi nous proposons de valider les performances zootechniques issues de SHOP grâce à une validation par répétitivité (comparaison des résultats du modèle à des données réelles) basée sur la simulation des troupeaux des éleveurs enquêtés au cours de cette thèse et participant à la GTTT. Ceci nous permettrait de nous assurer que la cohérence de pratiques simulées correspond à celle mise en œuvre dans l'élevage. En effet une validation à partir de la base entière n'est pas envisageable puisque la GTTT ne contient que peu d'informations relatives aux pratiques de l'éleveur. De plus, la simulation des élevages enquêtés au cours de cette thèse nous permettra aussi de faire valider directement pas les éleveurs les données de répartition des actes techniques.

4. Conclusion

Notre projet de thèse s'inscrit comme une contribution au développement d'une famille de modèles de systèmes d'élevage (Sorensen *et al.*, 1996 ; Cox, 1996) : les modèles de fonctionnement dynamique de troupeaux dont le cœur réside dans la formalisation des interactions entre la conduite de la reproduction et du renouvellement – réforme et l'élaboration de la production d'un troupeau de truies constamment renouvelé. Nous avons

commenté ici les spécificités de notre démarche, jusqu'à la maquette du simulateur SHOP : prise en compte du travail dans l'expression d'un projet d'élevage, détail des pratiques et de leur variabilité sur le terrain et intégration de ce détail dans la mise en équation de la partie biotechnique du modèle. Ceci a été réalisé au travers des étapes « enquêtes en exploitation » et « analyse GTTT » qui ont fait suite à la conception d'un premier simulateur, MaProSH. Ce premier simulateur proposait deux lignes originales vis-à-vis de la bibliographie, la formalisation de plusieurs conduites en bandes et l'expression de résultats concernant la distribution des actes techniques dans le calendrier. Notre projet SHOP conservera ces spécificités mais précisera les pratiques de reproduction et les liens entre modalités de ces pratiques qui sont justifiés par les rapports au travail des éleveurs avec une vision profondément renouvelée des interactions entre les pratiques et les phénomènes biologiques. Ce détail des interactions pratiques – performances jusqu'aux carrières animales (celles ci alimentant des règles de réforme), l'exploration plus approfondie de la dimension travail constituent la deuxième série de points remarquables de SHOP.

Au final il en résulte un simulateur individu centré, dynamique, stochastique et à événement discret dont les composantes informatiques et la structure sont assez semblables à plusieurs publications récentes, à deux différences près que nous soulignons : l'importance accordée au calendrier dans l'expression des composantes temporelles du modèle et une formalisation du système décisionnel (du projet au détail des pratiques) qui se veut plus fine.

Conclusions et perspectives

Les éleveurs de porcs, comme les autres agriculteurs, intègrent les exigences d'une bonne organisation du travail d'élevage et leur souhait de qualité de vie dans la conception et la mise en œuvre de leur système d'élevage qui conserve par ailleurs ses visées productives. Cet énoncé résume en quelques mots le point de départ de la thèse, alimenté par des statistiques (l'augmentation de la productivité du travail, les transformations de la main-d'œuvre) mais aussi par des articles de la presse professionnelle qui témoignent de la sensibilité des agriculteurs à ces questions. Concilier viabilité et vivabilité est un enjeu fréquemment évoqué dans l'ensemble des réflexions sur la durabilité des systèmes d'élevage. Il est cependant peu traité, notamment en production porcine.

Nous avons choisi de traiter cette question en développant une démarche pour laquelle la formalisation de simulateurs constituait des étapes de synthèse et de mise en commun de données sur la conduite, sur les pratiques et sur la biologie des animaux.

Mais ces étapes ont été rendues possibles grâce à un travail préalable de formalisation d'états des lieux sur la façon de représenter ces attentes de performances zootechniques et de rythmes de travail, sur leur traduction en terme de décisions, de pratiques, d'événements de travail, et sur les approfondissements biotechniques nécessaires pour rendre compte de l'effet des pratiques sur l'élaboration de la production animale. Dans une première phase, qui a abouti à un premier modèle (MaProSH), ce travail de formalisation s'est beaucoup appuyé sur un état des lieux bibliographique, pointant notamment l'importance de considérer le choix de la conduite en bandes dans le cadre d'un questionnement sur la productivité et la répartition des événements générant un travail périodique. Il s'agissait également de développer un regard biotechnique cohérent avec l'expression de la conduite de la reproduction et du renouvellement – réforme qui s'en déduisait. La deuxième phase, qui a abouti au projet de modèle SHOP, a été basée sur une production de connaissances que nous avons réalisée via un protocole d'enquêtes en exploitations et une analyse spécifique de la base de données de la Gestion Technique des Troupeaux de Truies (GTTT). L'enquête était justifiée par le constat, argumenté par des experts de la production porcine, que le modèle MaProSH ne rendait pas bien compte de la diversité des pratiques des éleveurs. Nous avons pris acte de ces remarques et nous avons en plus fait des enquêtes une étape nouvelle du traitement de la question initiale : la diversité des pratiques, de mise en œuvre concrète de la conduite du troupeau n'a-t-elle pas à voir avec des considérations de travail ? Nous avons alors montré qu'une autre dimension des rapports au travail (les dimanches libres, un investissement dans le travail nécessaire, ou au contraire une recherche de maîtrise des horaires) pouvait se dégager de la

mise en perspective des protocoles d'insémination, de l'organisation des sessions de surveillances (des œstrus et des mises bas) et des jours de la semaine qui y étaient attachés. L'approfondissement de la partie biotechnique prenait alors une double dimension. La dimension initiale était recommandée à l'issue de l'étape de validation de MaProSH et visait à rendre mieux compte de l'effet du passé productif de la truie sur la fertilité et la prolificité. La deuxième dimension devait permettre de rendre compte de l'effet de la diversité de pratiques pas-à-pas (détection des œstrus et insémination sur la fertilité ; surveillance des mises bas et mortinatalité, adoptions et mortalité après la naissance).

Au final, cette thèse a permis de concevoir deux modèles conceptuels de type biodécisionnel qui s'inscrivent dans l'ensemble des modèles de fonctionnement de troupeaux et visent à traiter de l'effet de conduite sur la production, les performances et le renouvellement de la composition (effectif et démographie) du troupeau. Le dernier modèle (SHOP) doit encore être implémenté mais la maquette en a été détaillée dans le document. Nous avons décrit dans les chapitres V et VI la capacité de nos modèles à représenter les effets combinés de décisions de conduite, de mise en œuvre concrète des pratiques d'élevage et de la biologie de la truie, sur les performances du troupeau et la répartition des actes techniques. Il s'agit bien d'explorer par simulation le fonctionnement des troupeaux de truies et sa sensibilité à diverses modifications touchant la conduite en bandes, les protocoles de reproduction utilisés, les pratiques de renouvellement et de réforme ou les paramètres biologiques des animaux constituant le troupeau. Ce type d'exploration fonctionnelle a été présenté dans le chapitre II pour MaProSH et il faudra développer une fois le modèle SHOP implémenté. Ceci pourra être réalisé par le biais d'une analyse de sensibilité (au sens de Jalvingh *et al.*, 1992) ou plus vraisemblablement par la mise en place d'un plan d'expérimentation virtuelle (tel que celui de Cournut, 2001). Ainsi, notre thèse contribue-t-elle au débat sur les contenus et objectifs de modèles de systèmes porcins qui sont travaillés dans plusieurs équipes notamment européennes. Nos apports se situent au niveau de la reformulation spécifique de la question du travail dans l'expression de la conduite (diversité du nombre de bandes) et des pratiques ainsi qu'au niveau de la prise en compte de la trajectoire productive des truies dans le sous modèle biotechnique. Plus largement, notre thèse, avec ses réflexions sur les interactions entre ajustements des pratiques et rapport au travail et entre stratégies de conduite (en bandes) et attentes de répartition des tâches de reproduction sur plusieurs semaines, rejoint les réflexions qui sont menées en élevage d'herbivores sur les différents niveaux d'expression des relations

entre techniques d'élevage et travail des éleveurs (Dedieu *et al.*, 2006). De même l'analyse des trajectoires productives et de l'effet du passé de l'animal (au-delà de la parité) contribue-t-elle à compléter un axe de recherche zootechnique bien exploré dans ces productions (par exemple Coulon *et al.*, 1992 ; Lasseur et Landais, 1992 ; Ercanbrack et Knight, 1989).

Au cours du projet nous avons progressé dans l'expression de projets d'élevage associant des attentes de productivité du troupeau et des attentes de rythmes de travail. En ce sens, les modèles doivent permettre d'organiser et de préciser les termes d'un débat professionnel qui vise à concilier compétitivité économique et conditions de travail. Nous avons vu (Chapitre II) que MaProSH a pu être utilisé efficacement comme outil de dialogue avec les acteurs de la production porcine : il a bien été le support d'un débat sur la place des attentes de travail des éleveurs et il a permis d'identifier des sujets de recherches novateurs en milieu porcin (nécessité d'explorer la diversité des pratiques, effet de la carrière des animaux sur leurs performances). Ainsi, nous rejoignons les conclusions de Pannell (1996) sur l'utilité de son modèle de fonctionnement d'une exploitation dans son ensemble dont le principal atout, selon lui, est d'influencer les thématiques de recherche de son institution et aussi ceux de Jouven (2006) et du groupe ComMod (2005) pour lesquels la modélisation est un support d'apprentissage pour des groupes d'experts et d'acteurs (recherche et développement). Ceci nous encourage à poursuivre les interactions avec les acteurs de la production une fois le modèle SHOP implémenté. Notre travail, résultats d'enquêtes et modélisations est mis en débat au sein du Réseau Mixte Technologique « travail en élevage », agréé par le Ministère de l'Agriculture à l'automne 2007 et qui associent ainsi les secteurs herbivores et monogastriques autour de cette question et de ses déclinaisons recherche – développement – formation.

Nos modèles pourront aussi servir de base à l'évolution de modèles de recherche dans les autres thématiques de l'unité « Système d'Elevage, Nutrition Animale et Humaine » où s'est déroulée la thèse. Ainsi dans le domaine de la nutrition nous pouvons envisager de coupler le modèle de fonctionnement de troupeau au modèle INRAPorc® (Dourmad *et al.*, 2007). Ce couplage permettrait de tester les effets de différents plans d'alimentations sur l'évolution des réserves corporelles des truies et sur leurs performances. En effet, les plans d'alimentation sont généralement réalisés pour un individu moyen et il n'existe actuellement aucun modèle qui permette d'en évaluer les effets sur la réponse du troupeau. La représentation individuelle des truies tout au long de leur vie productive constitue donc un support intéressant pour

évaluer ces pratiques. Le couplage à INRAPorc® permettrait également d'intégrer les effets de la nutrition sur les performances de reproduction des animaux. L'autre thématique concerne le bien-être animal et en particulier la gestion des truies en groupe (en relation avec la réglementation « Bien-être »). Les pratiques d'allotement des truies sont centrales dans cette thématique et posent notamment des questions relatives au nombre de truies différentes qu'une truie peut rencontrer au cours de sa carrière (une nouvelle rencontre étant associée à la mise en place de combats et d'une nouvelle hiérarchie entre les truies pouvant ainsi être à l'origine de stress) ou à l'évaluation de l'effet du rang social sur la croissance et les performances de reproduction dans des systèmes d'alimentation où le rang social détermine l'ordre d'accès à la nourriture. Les modèles de troupeau sont un bon support pour ces recherches puisqu'ils permettent de représenter le transfert de truies entre bandes.

Références Bibliographiques

- Abiven N., Seegers H., Beaudreau F., Laval A. et Fourichon C.** 1998. Risk factors for high sow mortality in French swine herds. *Preventive Veterinary Medicine* 33, 109-119.
- Agence de Selection Porcine** 2004. La structure pyramidale des élevages (effectifs en sélection et multiplication au 31/12/2003). Retrieved December 11, 2007 from http://www.asp.asso.fr/genetic/genet_j.htm
- Allen M. et Stewart T.** 1983. A simulation model for a swine breeding unit producing feeder pigs. *Agricultural Systems* 10, 193-211.
- Anderson L.L.** 1993. Pigs. In: *Reproduction in farm animals* (ed E.S.E. Hafez), pp. 343-360. Lea & Febiger, Philadelphia.
- Asdell S.A.** 1964. *Patterns of mammalian reproduction*, 2nd edition. 670p. Cornell University Press, Ithaca, USA.
- Ashworth C.** 2005. Reproduction. In: *Whittemore's Science and Practice of Pig Production* (eds I. Kyriazakis et C.T. Whittemore), pp. 104-147. Blackwell Publishing, Oxford.
- Badouard B.** 2005. Qui sont les éleveurs cochons d'or ? *Techni-Porc* 28, 29-33.
- Balci O.** 1998. Verification, Validation and Testing. In: *Handbook of simulation. Principles, Methodology, Advances, Application and Practice.* (ed J. Banks), pp. 335-395. Engineering & Management Press.
- Barthez A.** 1986. Du labeur paysan au métier d'agriculteur : l'élaboration statistique en agriculture. *Cahiers D'Economie Et Sociologie Rurales* 3, 45-72.
- Barthez A.** 1996. Les relations de l'agriculteur avec son travail - Une longue histoire, de forts changements actuels. *Travaux Et Innovations* 25, 15-17.
- Bazer F.W., Geisert R.D., Thatcher W.W. et Roberts R.M.** 1982. The establishment and maintenance of pregnancy. In: *Control of pig reproduction* (eds D.J.A. Cole et G.R. Foxcroft), pp. 227-252. Butterworths, London.
- Beltranema E., Aherne F.X., Foxcroft G.R. et Kirkwood R.N.** 1991. Effects of pre- and postpubertal feeding on production traits at first and second estrus in gilts. *Journal of Animal Science* 69, 886-893.
- Berger F.** 2006. L'ergonomie facilite la vie de l'éleveur. *Porc Magazine* 397, 16.
- Béranger C. et Vissac B.** 1996. An holistic approach to livestock farming systems: theoretical and methodological aspects. In: (eds A. Gibon et J.C. Flamant), pp. 5-17. INRA, Saragosse, Spain.
- Bosc M.J., Martinat-Botte F. et Duchène P.** 1975. Induction de la mise bas de la truie par un analogue de la prostaglandine F2 α : Conséquences zootechniques. *Annales De Zootechnie* 24, 661-670.
- Bosc M.J., Martinat-Botte F., Grouzelle G. et Hurault B.** 1977. Bilan d'utilisation des prostaglandines au moment de la parturition chez la truie. *Journées De La Recherche Porcine En France* 9, 39-42.

Boulot S. 2004. L'hyperprolificité en 2002: quels résultats, quel impact sur la longévité des truies. *Journées De La Recherche Porcine En France* 36, 429-434.

Boulot S., Dubroca S. et Badouard B. 2005. Gestion pharmacologique de la reproduction : le point sur les pratiques des éleveurs. *Techni-Porc* 28, 9-12.

Boulot S. et Badouard B. 2006. Importance des avortements dans les troupeaux porcins français. *Techni-Porc* 29, 11-18.

Boulot S. et Badouard B. In press. Evolution des pratiques d'insémination dans les troupeaux de truies français de 2001 à 2006. *Journées De La Recherche Porcine En France* 40.

Brossard L., Dourmad J.Y., van Milgen J. et Quiniou N. 2007. Analyse par modélisation de la variation des performances d'un groupe de porcs en croissance en fonction de l'apport de lysine et du nombre de phases dans le programme d'alimentation. *Journées De La Recherche Porcine En France* 39, 95-102.

Brossier J. 1987. Système et système de production - Note sur ces concepts. *Cahiers Des Sciences Humaines* 23, 377-390.

Brundtland G.H. 1987. Our Common Future. Report of the World Commission on Environment and Sustainable Development. 238p. Oxford University Press, Cambridge, England.

Brunschwig P., Babault S., Rémond B. et Pomiès D. 2004. Simulation de la traite des vaches laitières une seule fois par jour durant de courtes périodes (1 à 13 semaines) : effet sur l'EBE et le temps dégagé au niveau de l'exploitation. *Rencontres Autour Des Recherches Sur Les Ruminants* 11, 231.

Campos A. 2000. Une architecture logicielle pour le développement de simulations visuelles et interactives individu-centrées : application à la simulation d'écosystèmes et à la simulation sur le Web. 176p. Université Blaise Pascal - Clermont II.

Carr J. 2006. The maintenance of health. In: Whittemore's Science and Practice of Pig Production (eds I. Kyriazakis et C.T. Whittemore), pp. 263-316. Blackwell Publishing,

Caugant A., Paboeuf F., Quinio P.-Y. et Pellois H. 2000. La perte des tétines des truies en cours de carrière. 36p. EDE-Chambres d'Agriculture de Bretagne.

Caugant A. 2002. La conduite en bandes en élevage porcin. EDE Bretagne, Chambres d'Agriculture de Bretagne.

Chauvat S., Seegers H., N'Guyen B. et Clement B. 2003. Le travail d'astreinte en bovin laitier. Synthèse nationale d'enquêtes "Bilan Travail". 51p. Institut de l'Elevage, Paris, France.

Clark L.K. et Leman A.D. 1986. Factors that influence litter size in pigs: Part I. *Pig News and Information* 7, 303-310.

Clark L.K. et Leman A.D. 1987. Factors that influence litter size in swine: parity 3 through 7 females. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 191, 49-58.

- Clayton G.A., Powell J.C. et Hiley P.G.** 1981. Inheritance of teat number and teat inversion in pigs. *Animal Production* 33, 299-304.
- Collectif COMMOD** 2005. La modélisation comme outil d'accompagnement. *Natures Sciences Sociétés* 13, 165-168.
- Commandeur M.** 2003. *Styles of Pig Farming*. 400p. Wageningen University.
- Commandeur M.** 2005. Caractériser les "styles d'élevage" dans l'espace d'information de l'éleveur porcin. *Journées De La Recherche Porcine En France* 37, 397-406.
- Commandeur M.** 2006. Diversity of pig farming styles: understanding how it is structured. *Netherlands Journal of Animal Science* 54, 111-127.
- Commandeur M. et Casabianca F.** 2007. Styles d'élevage et avenir de l'élevage porcin en Midi-Pyrénées (France). *Journées De La Recherche Porcine En France* 39, 205-206.
- Communautés Européennes** 2000. Structure des exploitations agricoles. Résultats historiques — Enquêtes de 1966/1967 à 1997. 161p. Luxembourg.
- Coquillard P. et Hill D.** 1997. Modélisation et simulation d'écosystèmes. 273p. Masson, Paris.
- Corrêa M.N., Lucia Jr.T., Afonso J.A.B. et Deschamps J.C.** 2002. Reproductive performance of early-weaned female swine according to their estrus profile and frequency of artificial insemination. *Theriogenology* 58, 103-112.
- Costa E.P., Amaral Filha W.S., Costa A.H.A., Carvalho F.F., Santos A.K. et Silva A.F.** 2004. Influence of the lactation length in the subsequent litter size of sows. *Animal Reproduction* 1, 111-114.
- Coulon J.-B., Pérochon L. et Lescourret F.** 1995. Evolution de la production laitière et du poids vifs des vaches au cours de leur carrière. *Annales De Zootechnie* 44, 189-199.
- Cournut S.** 2001. Le fonctionnement des systèmes biologiques pilotés : simulation à événements discrets d'un troupeau ovin conduit en trois agnelages en deux ans. 492p. Université Claude Bernard - Lyon 1.
- Cournut S. et Dedieu B.** 2004. A discrete events simulation of flock dynamics: a management application to three lambings in two years. *Animal Research* 53, 383-403.
- Cournut S. et Dedieu B.** 2005. Simplification des conduites d'élevage en bovins laitiers. *Cahiers Agricultures* 14, 541-547.
- Cox N.M., Stuart M.J., Althen T.G., Bennett W.A. et Miller H.W.** 1987. Enhancement of ovulation rate in gilts by increasing dietary energy and administering insulin during follicular growth. *Journal of Animal Science* 64, 507-516.
- Cox P.G.** 1996. Some issues in the design of agricultural decision support systems. *Agricultural Systems* 52, 355-381.
- Cramér H.** 1999. *Mathematical Methods of Statistics*. Princeton University Press.

Cros M.J., Duru M. et Peyre D. 2001. SEPATOU, un simulateur de conduites du pâturage, à l'épreuve des "menus" bretons. *Fourrages* 167, 365-383.

D'Allaire S., Stein T.E. et Leman A.D. 1987. Culling patterns in selected Minnesota swine herds. *Canadian Journal of Veterinary Research* 51, 506-512.

Dagorn J. et Aumaitre A. 1979. Sow culling : Reasons for and effect on productivity. *Livestock Production Science* 6, 167-177.

Daniellou F. 1997. Evolutions de l'ergonomie francophone : théories, pratiques et théories de la pratique. In: Recherche, Pratique, Formation en Ergonomie. Évolutions et interactions dans un contexte social, économique et technique (eds M.-F. Dessaigne et I. Gaillard), pp. 37-54. Octares Éditions, Toulouse, France.

Davis S.R., Farr V.C. et Stelwagen K. 1999. Regulation of yield loss and milk composition during once-daily milking: a review. *Livestock Production Science* 59, 77-94.

Dedieu B., Coulomb P., Servièrre G. et Tchakerian E. 1993. Bilan travail pour l'étude du fonctionnement des exploitations d'élevage. 15p. + questionnaire d'enquêtes.

Dedieu B. et Thériez M. 1994. Réflexions sur les indicateurs zootechniques pour l'analyse des systèmes d'élevage en ferme. In: The study of livestock farming systems in a research and development framework (eds A. Gibon et J.C. Flamant), pp. 399-409. EAAP Publication N°63, Saragosse, Spain.

Dedieu B., Chabosseau J.-M., Benoit M. et Laignel G. 1997. L'élevage ovin extensif du Montmorillonais entre recherche d'autonomie, exigences des filières et simplicité de conduite. *INRA Productions Animales* 10, 207-218.

Dedieu B., Chabosseau J.-M., Willaert J., Benoit M. et Laignel G. 1998. L'organisation du travail dans les exploitation d'élevage : une méthode de caractérisation en élevage ovin du Centre-Ouest. *Etudes Et Recherches Sur Les Systèmes Agraires Et Le Développement*, INRA 31, 63-80.

Dedieu B., Coulomb S., Servièrre G. et Tchakerian E. 2000. *Bilan Travail pour l'étude du fonctionnement des exploitations d'élevage*. Méthode. Edition 1993 modifiée. Institut de l'élevage, INRA éditions, Paris, France.

Dedieu B. et Servièrre G. 2001. Organisation du travail et fonctionnement des systèmes d'élevage. *Rencontres Autour Des Recherches Sur Les Ruminants* 8, 245-250.

Dedieu B. et Servièrre G. 2004. Des pistes pour améliorer le travail des éleveurs. *POUR* 182, 32-38.

Dedieu B., Servièrre G., Madelrieux S., Dobremez L. et Cournut S. 2006. Comment appréhender conjointement les changements techniques et les changements du travail en élevage ? *Cahiers Agricultures* 15, 506-513.

DeLorenzo M.A., Spreen T.H., Bryan G.R., Beede D.K. et Van Arendonk J.A.M. 1991. Optimizing model; insemination, replacement, seasonal production and cash flow. *Journal of Dairy Science* 75, 885-896.

- Dewey C., Martin S.W., Friendship R.M. et Wilson M.** 1994. The effect on litter size of previous lactation length and previous weaning-to-conception interval in Ontario swine. *Preventive Veterinary Medicine* 18, 213-223.
- Dourmad J.Y., Etienne M., Prunier A. et Noblet J.** 1994. The effect of energy and protein intake of sows on their longevity: a review. *Livestock Production Science* 40, 87-97.
- Dourmad J.Y., Etienne M., Valancogne A., Dubois S., van Milgen J. et Noblet J.** 2007. InraPorc : a model and decision support tool for the nutrition of sows. *Animal Feed Science and Technology* In Press.
- Downey B.R., Conlon P.D. et Baker R.D.** 1975. Controlled farrowing program using prostaglandins. *Journal of Animal Science* 41, 349.
- Dufour A., Hostiou N., Cournut S. et Dedieu B.** 2007. Le travail en élevage laitier : des conceptions, des noyaux organisateurs et des profils d'organisation variés. *Rencontres Autour Des Recherches Sur Les Ruminants* 14.
- Durand D.** 2002. La systémique, 9^{ème} édition. 120p. PUF, Paris.
- Dziuk P.J.** 1977. Reproduction in pigs. In: Reproduction in domestic animals (eds H.H. Cole et P.T. Cupps), pp. 455-474. Academic Press, London.
- Edwards S.A.** 2002. Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions? *Livestock Production Science* 78, 3-12.
- English P.R. et Morrison V.** 1984. Causes and prevention of piglet mortality. *Pig News and Information* 5, 369-376.
- English P.R.** 1984. Fostering of piglets: principles and practices. Edinburgh, GB.
- English P.R.** 1993. Factors affecting neonatal piglet losses and management practices to minimize such losses. *The Veterinary Annual* 33, 107-119.
- Ercanbrack S.K. et Knight A.D.** 1989. Lifetime production of ¼ and ½ Finnsheep ewes from Rambouillet, Targhee and Columbia dams, affected by natural attrition. *Journal of Animal Science* 67, 3258-3265.
- Escofier B. et Pagès J.** 1998. Analyses factorielles simples et multiples, 3^{ème} édition. 286p. Dunod, Paris, France.
- Eurostat** 2005. Data retrieved November 5, 2007 from http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1996,45323734&_dad=portal&_schema=PORTAL&screen=welcomeref&open=/agri/ef/ef_ls/ef_ls_gv&language=fr&product=EU_MASTER_agriculture&root=EU_MASTER_agriculture&scrollto=0
- Fiorelli C., Dedieu B. et Pailleux J.-Y.** 2007. Explaining diversity of livestock-farming management strategies of multiple-job holders: importance of level of production objectives and role of farming in the household. *Animal* 1, 1209-1218.

Flowers B., Martin M.J., Cantley T.C. et Day B.N. 1989. Endocrine changes associated with a dietary-induced increase in ovulation rate (flushing) in gilts. *Journal of Animal Science* 67, 771-778.

France J. et Thornley J.H.M. 1984. Mathematical models in agriculture. 335p. Butterworth, London, GB.

Frappat B. 2005. Salariat en élevage laitier : des élèves, des salariés et des éleveurs nous donnent leur vision. 68p. Institut de l'élevage, Paris, France.

Gibon A. 1981. Pratiques d'éleveurs et résultats d'élevage dans les Pyrénées Centrales, logique de la conduite des troupeaux et possibilités d'amélioration. INA PG.

Gibon A. 1996. Dispositifs pour l'étude des systèmes d'élevage en ferme. In: The study of livestock farming systems in a research and development framework (eds A. Gibon et J.C. Flamant), pp. 410-422. EAAP, publication n° 63.

Gibon A., Sibbald A.R., Flamant J.C., Lhoste P., Revilla R., Rubino R. et Sorensen J.T. 1999. Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. *Livestock Production Science* 61, 121-137.

Girard N., Bellon S., Hubert B., Lardon S., Moulin C.-H. et Osty P. 2001. Categorising combinations of farmers' land use practices: an approach based on examples of sheep farms in the south of France. *Agronomie* 21, 435-459.

Gordon I. 1997. Controlled reproduction in Pigs. 247p. CAB International, New York.

Guillaumin A., Kling-Eveillard F. et Marty M. 2004. Attentes des éleveurs laitiers d'Aquitaine en matière de qualité de vie et de conditions de travail. *Rencontres Autour Des Recherches Sur Les Ruminants* 11, 208.

Guillaumin A., Kling-Eveillard F., Moreau J.-C. et Marty M. 2005. Résultats d'enquêtes en Aquitaine. Quand les éleveurs laitiers parlent de leurs conditions de travail. *Travaux Et Innovations* 115, 30-34.

Guyomarc'h C., Paboeuf F., Rihouet F., Larour G., Pellois H., Roy H. 2005. Facteurs de conduite associés aux pertes et saisies sevrage-vente dans les ateliers naisseurs-engraisseurs bretons. *Journées De La Recherche Porcine En France* 37, 383-390.

Hill D. 1993. Analyse orientée objet et modélisation par simulation, Addison-Wesley.

Hoch T. et Agabriel J. 2001. Interactions modélisation - expérimentation : illustration à partir d'un modèle de croissance des bovins. In: Modélisation du Fonctionnement des Troupeaux (eds B. Faye et S. Ingrand), pp. 27-34. INRA-CIRAD, Montpellier.

Holyoake P.K., Dial G., Trigg T. et King V.L. 1995. Reducing Pig Mortality through Supervision During the Perinatal Period. *Journal of Animal Science* 73, 3543-3551.

Hostiou N., Dedieu B. et Pailleux J.Y. 2007. Le salariat en élevage porcin et les régulations du travail. *Journées De La Recherche Porcine En France* 39, 193-198.

- Houben E.H.P., Huirne R.B.M., Dijkhuizen A. et Kristensen A.R.** 1994. Optimal replacement of mastitic cows determined by a hierarchic Markov model. *Journal of Dairy Science* 77, 2975-2993.
- Hughes P.** 1998. Effects of parity, season and boar contact on the reproductive performance of weaned sows. *Livestock Production Science* 54, 151-157.
- Huirne R.B.M., Dijkhuizen A. et Renkema J.A.** 1991. Economic optimization of sow replacement decisions on the personal computer by method of stochastic dynamic programming. *Livestock Production Science* 28, 331-347.
- IFIP** 2000. Mémento de l'éleveur de porc. 374p. IFIP-Institut du Porc, Paris, France.
- IFIP** 2007. Gestion Technique des Troupeaux de Truies année 2006. Retrieved June 1, 2007 from <http://www.ifip.asso.fr/service/chai1.htm>
- Ilari E., Daridan D., Fraysse J.-L. et Fraysse J.** 2003. Typologie des exploitations francaises ayant des porcs : méthodologie, analyse statistique et premiers résultats. *Journées De La Recherche Porcine En France* 35, 187-194.
- Ingrand S. et Dedieu B.** 1996. Diversité des formules d'allotement en élevage bovin viande. Le cas d'exploitations du Limousin. *INRA Prod.Anim.* 9, 189-199.
- Ingrand S., Dedieu B., Agabriel J. et Pérochon L.** 2002. Modélisation du fonctionnement d'un troupeau bovin allaitant selon la combinaison des règles de conduite. Premiers résultats de la construction du simulateur SIMBALL. *Rencontres Autour Des Recherches Sur Les Ruminants* 9, pp. 61-64.
- Ingrand S., Cournut S., Dedieu B. et Antheaume F.** 2003. La conduite de la reproduction du troupeau de vaches allaitantes : Modélisation des prises de décision. *INRA, Production Animales* 16, 263-270.
- Jafry T. et O'Neill D.H.** 2000. The application of ergonomics in rural development : a review. *Applied Ergonomics* 31, 263-268.
- Jalvingh A., Dijkhuizen A. et Arendonk J.** 1992. Dynamic probabilistic modelling of reproduction and replacement management in sow herds. General aspects and model description. *Agricultural Systems* 39, 133-152.
- Jean N., Lacroix A., Maamoun M. et Mollard A.** 1988. Durée et intensité du travail des agriculteurs dans la crise économique. *INRA, Actes Et Communications* 3, 45-82.
- Jegou J.-Y., Le Moan L., Quillien J.P., Debuc T. et Benque N.** 2007. Amélioration des conditions de travail en élevage de porcs. 32p. Chambres d'Agriculture de Bretagne et Aract Bretagne.
- Joly N., Dufour A., Dupré L. et Remy J.** 2006. Analyse bibliographique. Approches des transformations du travail en élevage dans les recherches en sciences sociales. Document de travail.

Jorgensen E. et Kristensen A.R. 1995. An object oriented simulation model of a pig herd with emphasis on information flow. In: Farm Animal Computer Technologies Conference, pp. 206-215. Orlando, Florida, USA.

Jouven M. 2006. "Quels équilibres entre production animale et utilisation durable des prairies dans les systèmes bovins allaitants herbagers ?" Une approche par modélisation des interactions conduite-troupeau-ressources. 250p. Thèse, INA-PG.

Karlberg K. 1980. Factors affecting postweaning oestrus in the sow. *Nordisk Veterinaer Medicin* 32, 185-193.

Kemp B. et Soede N.M. 1996. Relationship of weaning-to-estrus interval to timing of ovulation and fertilization in sows. *Journal of Animal Science* 74, 944-949.

Kemp B. et Soede N.M. 1997. Consequences of variation in interval from insemination to ovulation on fertilization in pigs. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement* 52, 79-89.

Kemp B., Soede N.M. et Langendijk P. 2005. Effects of boar contact and housing conditions on oestrus expression in sows. *Theriogenology* 63, 643-656.

Knox R., V, Miller G., Willenburg K. et Rodriguez-Zas S. 2002. Effect of frequency of boar exposure and adjusted mating times on measures of reproductive performance in weaned sows. *Journal of Animal Science* 80, 892-899.

Koketsu Y. et Dial G.D. 1997. Factors influencing the postweaning reproductive performance of sows on commercial farms. *Theriogenology* 47, 1445-1461.

Koketsu Y., Dial G.D. et King V.L. 1997. Influence of Various Factors on Farrowing Rate on Farms Using Early Weaning. *Journal of Animal Science* 75, 2580-2587.

Koketsu Y. et Dial G. 1998. Interactions between the associations of parity, lactation length and weaning-to-conception interval with subsequent litter size in swine herds using early weaning. *Preventive Veterinary Medicine* 37, 113-120.

Kristensen A.R. 1993. A survey of Markov decision programming techniques applied to the animal replacement problem. *European Journal of Operational Research* 21, 73-93.

Kristensen A.R. et Sollested T.A. 2004. A sow replacement model using Bayesian updating in a three-level hierarchic Markov process. I. Biological model. *Livestock Production Science* 87, 13-24.

Kristensen A.R. et Sollested T.A. 2004. A sow replacement model using Bayesian updating in a three-level hierarchic Markov process. II. Optimization model. *Livestock Production Science* 87, 25-36.

Labroue F., Caugant A., Lignesche B. et Gaudré D. 2001. Etude de l'évolution des tétines d'apparence douteuse chez la cochette au cours de sa carrière. *Journées De La Recherche Porcine En France* 36, 457-462.

Lacroix A. et Mollard A. 1991. Mesurer le travail agricole. De l'enregistrement à la reconstitution analytique. *Cahiers D'Economie Et Sociologie Rurales* 20, 27-46.

- Lamberson W.R. et Safranski T.J.** 2000. A model for economic comparison of swine insemination programs. *Theriogenology* 54, 799-807.
- Landais E.** 1987. Recherches sur les systèmes d'élevage. Questions et perspectives. 75p. Document de travail.
- Landais E., Deffontaines J.P. et Benoit M.** 1988. Les pratiques des agriculteurs - point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique. *Etudes Rurales* 109, 125-158.
- Landais E. et Gilibert G.** 1991. Recherches sur l'extensification de l'élevage. 32p. INRA SAD, Versailles Dijon Mirecourt.
- Landais E.** 1992. Les trois pôles des systèmes d'élevage. *Cahiers De La Recherche Développement* 32, 3-5.
- Lasseur J. et Landais E.** 1992. Mieux valoriser l'information contenue dans les carnets d'agnelage pour évaluer des performances et des carrières de reproduction en élevage ovin-viande. *INRA Prod.Anim.* 5, 43-58.
- Laurent C. et Remy J.** 2000. L'exploitation agricole en perspective. *Courrier De L'Environnement De l'INRA* 41, 5-22.
- Le Borgne M., Lebris B. et Quillien J.P.** 1994. Temps de travaux : enquête dans 89 ateliers porcins de Bretagne. ,EDE - Chambres d'Agriculture de Bretagne.
- Le Borgne M. et Quintric O.** 2002. Temps de travail : une meilleure efficacité. *Atout Porc Bretagne* , 30-32.
- Le Bris B., Jegou J.-Y., Bernard P. et Quillien J.P.** 1995. Analyse des temps de travaux en verraterie-gestante. 21p. EDE-Chambres d'agriculture de Bretagne.
- Le Bris B., Jegou J.-Y., Bernard P., Callarec J. et Quillien J.P.** 1996. Temps de travaux et organisation du travail en maternité. EDE-Chambre d'Agriculture de Bretagne.
- Le Cozler Y., Dagorn J., Dourmad J.Y., Johansen S. et Aumaître A.** 1997. Effect of weaning-to-conception interval and lactation length on subsequent litter size in sows. *Livestock Production Science* 51, 1-11.
- Le Cozler Y., Dagorn J., Lindberg J.E., Aumaître A. et Dourmad J.Y.** 1998. Effect of age at first farrowing and herd management on long-term productivity of sows. *Livestock Production Science* 53, 135-142.
- Le Cozler Y., Dagorn J., Guyomarc'h C., Pichodo X., Quinio P.-Y. et Pellois H.** 2001. Importance et origine des porcelets morts nés : Truies nées en 1994 et 1995 suivies en Gestion Technique des Troupeaux de Truies et observations en stations expérimentales. *Journées De La Recherche Porcine En France* 33, 299-305.
- Le Cozler Y., Guyomarc'h C., Pichodo X., Quinio P.-Y. et Pellois H.** 2002. Factors associated with stillborn and mummified piglets in high-prolific sows. *Animal Research* 51, 261-268.

Le Denmat M., Dagorn J. et Dufour F. 1984. Observations sur les troupeaux de truies conduits en bandes espacées de trois semaines. *Journées De La Recherche Porcine En France* 16, 125-134.

Le Guen R. 2006. La diversité des logiques de travail en production laitière. *Fourrages* 185, 25-34.

Le Moan L., Pichodo X., Roy H., Quinio P.-Y., Kerguillec Renault E., Le Borgne M., Le Cozler Y., Pellois H., Bartolomeu D., Donet P. et Sallard R. 2003. Temps de travail en élevage porcin. Porcherie Verte. 42p. Chambres d'Agriculture de Bretagne, Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire, IFIP.

Le Moigne J.-L. 1977. La théorie du système général. Théorie de la modélisation. 320p. PUF, Paris.

Leenhouders J.I., van der Lende T. et Knol E.F. 1999. Analysis of stillbirth in different lines of pig. *Livestock Production Science* 47, 243-253.

Legault C. 1977. Analyse statistique des composantes de la productivité numérique des truies de quatre races françaises. II- Décomposition de la variance, répétabilité, corrélation. *Journées De La Recherche Porcine En France* 9, 63-68.

Legault C. 1998. Génétique et prolificité chez la truie : la voie hyperprolififique et la voie sino-européenne. *INRA Productions Animales* 11, 214-218.

Lehenbauer T.W. et Oltjen J.W. 1998. Dairy cow culling strategies: making economical culling decisions. *Journal of Dairy Science* 81, 264-271.

Leleu C. et Boulot S. 2007. Induction des mises bas : Des règles à respecter. *Atout Porc Bretagne* 43, 22-23.

Leplat J. 1994. Collective activity in work : some ways of research. *Le Travail Humain* 57, 209-226.

Ligonesche B., Bazin C. et Bidanel J.-P. 1995. Variabilité génétique du nombre de tétines chez le porc. *Journées De La Recherche Porcine En France* 27, 126.

Lucia Jr.T., Dial G. et Marsh W. 2000. Lifetime reproductive performance in female pigs having distinct reasons for removal. *Livestock Production Science* 63, 213-222.

Madec F., Eveno E., Morvan P., Hamon L., Morvan H., Albina E., Truong C., Hutet E., Cariolet R., Arnould C. et Jestin A. 1999. La Maladie de l'Amaigrissement du Porcelet (MAP) en France. 1- Aspect descriptifs, impact en élevage. *Journées De La Recherche Porcine En France* 31, 347-354.

Madelrieux S. 2004. Ronde des saisons, vie des troupeaux et labeur des hommes - Modélisation de l'organisation du travail en exploitation d'élevage herbivore au cours d'une année. 264p. Thèse INA PG.

Madelrieux S., Dedieu B. et Dobremez L. 2006. ATELAGE: un modèle pour qualifier l'organisation du travail dans les exploitations d'élevage. *INRA Productions Animales* 19, 47-58.

- Magne M.A., Couzy C., Cerf M. et Ingrand S.** 2006. Hiérarchisation par les éleveurs des domaines de l'activité d'élevage selon les enjeux perçus en termes de maîtrise. Relation avec les ressources informationnelles mobilisées. *Rencontres Autour Des Recherches Sur Les Ruminants* 13, 63.
- Malher X., Seegers H. et Beaudeau F.** 2001. Culling and mortality in large dairy goat herds managed under intensive conditions in western France. *Livestock Production Science* 71, 75-86.
- Marnet P.-G., Gomis B., Guinard-Flament J., Boutinaud M. et Lollivier V.** 2005. Effet d'une seule traite par jour (monotraite) sur les performances zootechniques et les caractéristiques physico-chimiques du lait chez les chèvres Alpine à haut potentiel. *Rencontres Autour Des Recherches Sur Les Ruminants* 12, 225-228.
- Martel G., Dedieu B. et Dourmad J.Y.** 2006. Les représentations biotechniques du fonctionnement des troupeaux de truies : analyse comparative et perspectives. *Journées De La Recherche Porcine En France* 38, 255-261.
- Martin-Clouaire R. et Rellier J.-P.** 2003. Modélisation et simulation de la conduite d'un système de production agricole. In: 4ème conférence francophone de MODélisation et SIMulation "Organisation et Conduite d'Activités dans l'Industrie et les Services", 6p. MOSIM'03, Toulouse, France.
- Martinat-Botte F., Badouard B. et Terqui M.** 1984. Intervalle tarissement - premier œstrus : bilan 1975-1982. Influence de quelques paramètres. *Journées De La Recherche Porcine En France* 16, 153-160.
- Martinat-Botte F., Bariteau F., Badouard B. et Terqui M.** 1985. Control of pig reproduction in a breeding programme. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement* 33, 211-228.
- Martinat-Botte F., Bariteau F., Forgerit Y., Macar C., Moreau A., Terqui M. et Signoret J.** 1990. Control of oestrus in gilts. II- Synchronisation of oestrus with a progestagen, altrenogest (Regumate): Effet on fertility and litter size. *Animal Reproduction Science* 22, 227-233.
- Martinat-Botte F., Bariteau F., Forgerit Y., Macar C., Poirier P. et Terqui M.** 1995. Synchronization of oestrus in gilts with altrenogest: effects on ovulation rate and foetal survival. *Animal Reproduction Science* 39, 267-274.
- Matte J., Pomar C. et Close W.** 1992. The effects of interrupted suckling and split weaning on reproductive performance of sows: a review. *Livestock Production Science* 30, 195-212.
- Maxime F., Mollet J.-M. et Papy F.** 1995. Aide au raisonnement de l'assolement en grande culture. *Cahiers Agricultures* 4, 351-362.
- McKay R.M. et Rahnefeld G.W.** 1990. Heritability of teat number in swine. *Canadian Journal of Animal Science* 70, 425-430.
- Minsky M.L.** 1968. Matter, Mind, and Models. In: *Semantic Information Processing* (ed M.L. Minsky). MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Nicourt C. 2007. Distinguer les "bons éleveurs". *Journées De La Recherche Porcine En France* 39, 187-192.

Nissen A.K., Soede N.M., Hyttel P., Schmidt M. et D'Hoore L. 1997. The influence of time of insemination relative to time of ovulation on farrowing frequency and litter size in sows as investigated by ultrasonography. *Theriogenology* 47, 1571-1582.

Omtvedt I.T., Stanislaw C.M. et Whatley J.A. 1965. Relationship of gestation length, age and weight at breeding and gestation gain to sow productivity at farrowing. *Journal of Animal Science* 24, 531-535.

Orgeur P., Salaun C., Roux T., Venturi E. et Dividich J. 2000. L'adoption et le sevrage ultra - précoce : une stratégie pour élever les porcelets en surnombre. *Journées De La Recherche Porcine En France* 32, 143-149.

Orgeur P., Le Dividich J., Colson V. et Meunier-Salaün M.-C. 2002. La relation mère-jeune chez les porcins : de la naissance au sevrage. *INRA Productions Animales* 15, 185-198.

Orgeur P., Le Dividich J., Saez E., Salaun C. et Le Roux T. 2004. La taille de la portée influe sur le comportement des porcelets à la mamelle et sur leur croissance. *Journées De La Recherche Porcine En France* 36, 457-462.

Osty P.L. 1978. L'exploitation agricole vue comme un système - Diffusion de l'innovation et contribution au développement. *B.T.I.* 326, 43-49.

Pannell D.J. 1996. Lessons from a decade of whole-farm modeling in western australia. *Review of Agricultural Economics* 18, 373-383.

Pellois H., Guyomarc'h C., Larour G., Roy H., Donet P., Badouard B., Boulot S., Delaunay I., Gourmelen C. et Massabie P. 2006. Le renouvellement des truies. Enquêtes auprès des groupements et en élevages, simulations économiques, recommandations pratiques. 86p. Chambres d'Agriculture de Bretagne, Chambres d'agriculture du Pays de la Loire, IFIP.

Perochon L., Agabriel J., Baumont R., Dedieu B., Ducrot C., Dumont B., Force C., Hill D., Ingrand S. et Mazel C. 2001. Les aller-retour entre connaissances et modèle de simulation. In: Modélisation du Fonctionnement des Troupeaux (eds B. Faye et S. Ingrand), pp. 51-57. Séminaire INRA - CIRAD, Montpellier.

Pettigrew J., Cornelius S., Eidman V. et Moser R. 1986. Integration of factors affecting sow efficiency: a modeling approach. *Journal of Animal Science* 63, 1314-1321.

Pfister F., Bader H.-P., Scheidegger R. et Baccini P. 2005. Dynamic modelling of resource management for farming systems. *Agricultural Systems* 86, 1-28.

Pichereau F., Becherel F., Farrié J.P., Legendre J., Véron J., Lequenne D., Mage C., Servière G., Cournut S. et Dedieu B. 2004. Fonctionnement des grands troupeaux de vaches allaitantes : analyse des déterminants structurels et techniques de l'organisation du travail. *Rencontres Autour Des Recherches Sur Les Ruminants* 11, 129-136.

Pla L., Pomar C. et Pomar J. 2003. A Markov decision sow model representing the productive lifespan of herd sows. *Agricultural Systems* 76, 253-272.

- Pla L.M.** 2007. Review of mathematical models for sow herd management. *Livestock Science* 106, 107-119.
- Pomar C., Harris D. et Minvielle F.** 1991a. Computer simulation model of swine production systems. II. Modeling body composition and weight of female pigs, fetal development, milk production, and growth of suckling pigs. *Journal of Animal Science* 69, 1489-1502.
- Pomar C., Harris D., Savoie P. et Minvielle F.** 1991b. Computer simulation model of swine production systems. III. A dynamic herd simulation model including reproduction. *Journal of Animal Science* 69, 2822-2836.
- Pomar J. et Pomar C.** 2005. A knowledge-based decision support system to improve sow farm productivity. *Expert Systems With Applications* 29, 33-40.
- Pomiès D. et Rémond B.** 2002. La traite des vaches laitières une fois par jour pendant l'ensemble de la lactation : conséquences sur les performances zootechniques et la qualité du lait. *Rencontres Autour Des Recherches Sur Les Ruminants* 9, 195-198.
- Popper J.** 1973. La dynamique des systèmes, principes et applications, D'organisation, Paris.
- Porcher J.** 2003. Bien-être et souffrance en élevage : conditions de vie au travail des personnes et des animaux. *Sociologie Du Travail* 45, 27-43.
- Python Software Foundation** 2004. Python programming language 2.4. Hampton, NH, USA. www.python.org
- Quesnel H. et Prunier A.** 1995. Endocrine bases of lactational anoestrus in the sow. *Reproduction, Nutrition, Development* 35, 395-414.
- Quesnel H., Pasquier A., Mounier A., Hulin J., Louveau I. et Prunier A.** 1997. Influence du rationnement alimentaire pendant la lactation sur les paramètres métaboliques et de reproduction de truies primipares. *Journées De La Recherche Porcine En France* 29, 89-98.
- Quiniou N., Dagorn J. et Gaudré D.** 2001. Variation du poids des porcelets à la naissance et incidence sur les performances zootechniques ultérieures. *Techni-Porc* 24, 11-17.
- Ratin S.** 2006. Le travail s'intensifie dans des exploitations professionnelles toujours agrandies. *Agreste Cahiers* 4, 3-12.
- Rémond B., Aubailly S., Chilliard Y., Dupont D., Pomiès D. et Petit M.** 2002. Combined effects of once-daily milking and feeding level in the first three weeks of lactation on milk production and enzyme activities, and nutritional status, in Holstein cows. *Animal Research* 51, 101-117.
- Robert S. et Martineau G.** 2001. Effects of repeated cross-fosterings on preweaning behavior and growth performance of piglets and on maternal behavior of sows. *Journal of Animal Science* 79, 88-93.
- Romera A.J., Morris S.T., Hodgson J., Stirling W.D. et Woodward S.J.R.** 2004. A model for simulation rule-based management of cow-calf systems. *Computers and Electronics in Agriculture* 42, 67-86.

Rotz C.A., Zartman D.L. et Crandall K.L. 2005. Economic and environmental feasibility of perennial cow dairy farm. *Journal of Dairy Science* 88, 2841-2855.

Rozeboom D., Pettigrew J., Moser R., Cornelius S. et El Kandelgy S. 1996. Influence of gilt age and body composition at first breeding on sow reproductive performance and longevity. *Journal of Animal Science* 74.

SAS, 1990. SAS/STAT, User's Guide (Release 8.01). SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.

Sauvant D. 2005. La modélisation de la réponse des porcs aux pratiques alimentaires et d'élevage. *Journées De La Recherche Porcine En France* 37, 283-290.

Schmidt W.E., Stevenson J.S. et Davis D.L. 1985. Reproductive traits of sows penned individually or in groups until 35 days after breeding. *Journal of Animal Science* 60, 755-759.

Schwartz D. 1993. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes, 4^{ème} édition. 313p. Flammarion.

Seegers H., Moreau J.-C., Chauvat S. et Beguin E. 2004. Taille du troupeau et travail dans les exploitations laitières françaises. 8p., Institut de l'élevage, Paris, France.

Sidot G. 2006. L'efficacité du travail et la qualité de vie dans les élevages laitiers en France et en Europe. *Fourrages* 185, 17-24.

Signoret J., Baldwin B.A., Fraser D. et Hafez E.S.E. 1975. The behaviour of swine. In: The behaviour of domestic animals (ed E.S.E. Hafez), pp. 295-329. Baillière Tindall, London.

Singh D. 1986. Simulation of swine herd population dynamics. *Agricultural Systems* 22, 157-183.

Soede N.M., Wetzels C.C.H., Zondag W., de Koning M.A.I. et Kemp B. 1995. Effects of time of insemination relative to ovulation, as determined by ultrasonography, on fertilization rate and accessory sperm count in sows. *Journal of Reproduction and Fertility* 104, 99-106.

Soede N.M. et Kemp B. 1995. Timing of AI and ovulation in sows. *Reproduction in Domestic Animals* 31, 201-207.

Soede N.M. et Kemp B. 1997. Expression of oestrus and timing of ovulation in pigs. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement* 52, 91-103.

Sorensen J.T., Clausen S., Kristensen T., Hindhede J., Kristensen E.S. et Enevoldsen C. 1996. Dynamic stochastic simulation as an analytical tool in dairy cattle case studies. In: Livestock farming systems: research, development socio-economics and the land manager. (eds Dent, McGregor et Sibbald), pp. 270-280. EAAP.

SPAD 2006. SPAD: Software for Data Mining, Data Analysis and Text Mining. 6.5 Release. SPAD: Paris. (www.spad.eu)

Steverink D.W.B., Soede N.M., Groenland G.J.R. v.S.F.W., Noordhuizen J.P.T.M. et Kemp B. 1999. Duration of Estrus in Relation to reproduction Results in Pigs on Commercial Farms. *Journal of Animal Science* 77, 801-809.

- Steverink D.W.B., Soede N.M., Bouwman E.G. et Kemp B.** 1997. Influence of insemination to ovulation interval and sperm cell dosage on fertilisation in sows. *Journal of Reproduction and Fertility* 111, 165-171.
- Steverink D.W.B.** 1999. Optimising insemination strategies in pigs. 147p. Wageningen University.
- Straw B.E., Dewey C. et Burgi E.J.** 1998. Patterns of crossfostering and piglet mortality on commercial U.S. and Canadian swine farms. *Preventive Veterinary Medicine* 33, 83-89.
- Teffene O. et Salaun Y.** 1983. Le modèle de simulation "PORSIM" : un outil d'aide à la décision en production porcine. *Journées De La Recherche Porcine En France* 15, 129-148.
- Teffene O., Salaun Y. et Querné M.** 1986. La gestion prévisionnelle à court-terme en élevage porcin, un outil : PORGEP. *Journées De La Recherche Porcine En France* 18, 189-202.
- Teffene O., Rieu M., Dagorn J., Mainsant P., Marouby H. et Porin F.** 1998. Trente ans d'évolution du secteur porcin en France. De l'autarcie à la compétitivité internationale. *Journées De La Recherche Porcine En France* 30, 133-152.
- Tess M.W., Bennet G.L. et Dickerson G.E.** 1983. Simulation of genetic changes in life cycle efficiency of pork production. I. A bioeconomic model. *Journal of Animal Science* 56, 336-353.
- Tess M.W. et Kolstad B.W.** 2000. Simulation of cow-calf production systems in a range environment - I. Model development. *Journal of Animal Science* 78, 1159-1169.
- Theureau J. et Filippi G.** 1994. Cours d'action et conception d'un système d'aide à la coordination - Le cas de la régulation du trafic du R.E.R. *Sociologie Du Travail* 4, 547-562.
- Tichit M., Ingrand S., Moulin C.H., Cournut S., Lasseur J. et Dedieu B.** 2004. Analyser la diversité des trajectoires productives des femelles reproductrices : intérêts pour modéliser le fonctionnement du troupeau en élevage allaitant. *INRA Productions Animales* 17(2), 123-132.
- Tirel J.C.** 1989. Extensification ? intensification ? quelle productivité pour l'agriculture ? *Compte Rendu De L'Académie Française D'Agriculture* 75, 19-36.
- Tummaruk P., Lundeheim N., Einarsson S. et Dalin A.** 2000a. Reproductive Performance of Purebred Swedish Landrace and Swedish Yorkshire Sows : I. Seasonal Variation and parity Influence. *ACTA AGRICULTURAE SCANDINAVIA* 50, 205-216.
- Tummaruk P., Lundeheim N., Einarsson S. et Dalin A.** 2000b. Reproductive Performance of Purebred Swedish Landrace and Swedish Yorkshire Sows : II. Effect of Mating Type, Weaning-to-first-service Interval and Lactation Length. *ACTA AGRICULTURAE SCANDINAVIA* 50, 217-224.
- Vayssières J., Lecomte P., Guerrin F. et Nidumolu U.B.** 2007. Modelling farmers' action: decision rules capture methodology and formalisation structure: a case of biomass flow operations in dairy farms of a tropical island. *Animal* 1, 716-733.

- Vesseur P.C., Kemp B. et den Hartog L.A.** 1994a. The effect of the weaning to oestrus interval on litter size, live born piglets and farrowing rate in sows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 71, 30-38.
- Vesseur P.C., Kemp B. et den Hartog L.A.** 1994b. Factors affecting the weaning-to-oestrus interval in sows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 72, 225-233.
- Veysset P., Wallet P. et Prugnard E.** 2001. Le robot de traite : pour qui ? pourquoi ? Caractérisation des exploitations équipées, simulations économiques et éléments de réflexion avant investissement. *INRA Productions Animales* 14, 51-61.
- Veysset P., Bebin D. et Lherm M.** 2005. Adaptation to Agenda 2000 (CAP reform) and optimisation of the farming system of French suckler cattle farms in the Charolais area: a model-based study. *Agricultural Systems* 83, 179-202.
- Viel L.** 2006. Travail et sanitaire en jeu, conduites 5 bandes mode d'emploi. *Porc Magazine* 405, 60-68.
- Viel L.** 2007. Conduite "en bandes aux 4 semaines" : Miracle sanitaire chez Jocelyn Brodeur. *Porc Magazine* 411, 38-43.
- Wattanaphansak S., Luengyosluechakul S., Larriestra A. et Deen J.** 2002. The impact of cross-fostering on swine production. *Thailand Journal of Veterinary Medicine* 32, 101-105.
- Weitze K.F., Wagner-Rietschel H., Waberski D., Richter L. et Krieter J.** 1994. The onset of heat after weaning, heat duration, and ovulation as major factors in AI timing in sows. *Reproduction in Domestic Animals* 29, 433-443.
- Weitze K.F.** 1995. Timing of AI and ovulation in breeding herds I. *Reproduction in Domestic Animals* 31, 193-199.
- White K.R., Anderson D.M. et Bate L.A.** 1996. Increasing piglet survival through an improved farrowing management protocol. *Canadian Journal of Animal Science* 76, 491-495.
- Willenburg K., Miller G., Rodriguez-Zas S. et Knox R., V** 2003. Effect of boar exposure at time of insemination on factors influencing fertility in gilts. *Journal of Animal Science* 81, 9-15.
- Xue J.L., Dial G.D., Marsh W.E., Davies P.R. et Momont H.W.** 1993. Influence of lactation length on sow productivity. *Livestock Production Science* 34, 253-265.
- Xue J.L., Dial G.D., Trigg T., Davies P.R. et King V.L.** 1998. Influence of mating frequency on sow reproductive performance. *Journal of Animal Science* 76, 2962-2966.
- Young L.G., King G.J., Walton J.S., McMillan I. et Klevorick M.** 1990. Age, weight, backfat and time of mating effects on performance of gilts. *Canadian Journal of Animal Science* 70, 469-481.
- Zilbermann J.L. et van der Lende T.** 2002. Cross-fostering Strategies on ten Pig Farms. MSc Thesis. Wageningen University.

Annexes

Annexe A

Les représentations biotechniques du fonctionnement des troupeaux de truies : analyse comparative et perspectives.

Article associé à la présentation orale effectuée lors des 38^{ème} Journées de la Recherche Porcine.

Les représentations biotechniques du fonctionnement des troupeaux de truies : analyse comparative et perspectives

Gilles MARTEL (1) (2), Benoît DEDIEU (2) et Jean-Yves DOURMAD (1)

INRA

(1) UMR SENAH, Domaine de la Prise, 35590 Saint-Gilles

(2) UMR METAFORT, INRA de Theix, 63122 Saint-Genès-Champagnelle

gilles.martel@rennes.inra.fr

Les représentations biotechniques du fonctionnement des troupeaux de truies : analyse comparative et perspectives

Dans ce travail nous étudions les représentations de l'élevage faites dans neuf modèles de fonctionnement des troupeaux de truies publiés par différentes équipes entre 1983 et 2003. Nous détaillons plus spécifiquement la façon dont ces modèles rendent compte de la biologie des animaux, des pratiques d'élevage et de la gestion des bâtiments. Il apparaît que l'équilibre entre ces différentes composantes varie selon les simulateurs, ce qui conduit à des représentations diverses de l'élevage. Ceci est à mettre en relation avec les objectifs des simulateurs qui dépendent à la fois des compétences de l'équipe et de l'époque de réalisation. La représentation des animaux est généralement celle qui est la plus aboutie dans les modèles, grâce en particulier à la définition de différentes lois de réponses biologiques. Par contre, les pratiques représentées dans les simulateurs ne constituent qu'une petite partie de celles qui existent en élevage et l'éleveur en tant que tel est souvent absent des modèles. Ces aspects devront être améliorés pour faire de ces simulateurs des outils pour accompagner les éleveurs dans la transformation de leurs systèmes d'élevage, en réponse à l'évolution de la demande de la société.

Biotechnical representations of sow herd dynamics: comparative analysis and prospects

Husbandry representation in nine sow herd dynamics models published by different research groups between 1983 and 2003 are compared with a special attention paid to the representation of animal biology, herd management and housing. It appears that the importance of these different components varies according to the model, leading to different representation of the pig herds. This has to be related to the objectives of these herds simulators, which may depend on the expertise of each group and on the time of their development. The representation of animals is generally the most achieved part in the models, through the inclusion of various laws of biological response. On the other hand, herd management is only partially represented and the farmer's decisions are rarely included. This will have to be improved in the future to make the simulators able to help pig breeders to adapt their farming system according to the evolution of the demands of the society.

INTRODUCTION

L'élevage porcin doit composer avec les attentes de la société (environnement, bien-être animal, qualité de la viande), celles des éleveurs (revenu, qualité de vie) et avec la biologie des animaux. Dans ce contexte, une approche globale des problèmes sera plus utile que des approches spécifiques. Pour accompagner les éleveurs dans la transformation de leurs systèmes d'élevage il faut s'interroger sur les conduites, les modalités d'élaboration de la production du troupeau et sur les indicateurs de suivi et d'évaluation des systèmes. La construction d'un modèle du fonctionnement de troupeau doit ainsi permettre la conception et l'évaluation de systèmes d'élevage explorant des solutions originales aux combinaisons de contraintes exposées ci-dessus.

Un modèle de fonctionnement de troupeau (« herd dynamics model ») correspond à une représentation simplifiée du système réel centrée sur les interactions entre l'éleveur (projet technique, décisions) et le troupeau (ensemble renouvelé de femelles reproductrices). Un modèle de ce type doit au minimum pouvoir faire produire et reproduire un troupeau sur le long terme. Nous proposons d'étudier neuf modèles de fonctionnement de troupeaux de truies publiés entre 1983 et 2003 par différentes équipes. Après une rapide présentation des références citées et de leurs contextes, nous détaillerons la façon dont ces modèles rendent compte de la biologie des animaux, des pratiques d'élevage et de la gestion des bâti-

ments (Figure 1). Nous discuterons de leurs intérêts et limites pour l'exploration de systèmes d'élevage innovants.

1. LES MODÈLES ÉTUDIÉS

Tout modèle est créé afin de répondre à des interrogations spécifiques et la représentation qui est faite de la réalité dépend de cet objectif (Banks, 1998). Les neuf modèles que nous étudions ne dérogent pas à cette règle. Ils sont conçus pour explorer des relations entre des paramètres biologiques, des pratiques et les résultats du troupeau (Tableau 1). Du point de vue biologique sont surtout considérés des aspects de nutrition (Pomar et al., 1991b) et de reproduction (Pettigrew et al., 1986). Pour les pratiques sont comparés les effets de différentes durées de lactation (Allen et Stewart, 1983), règles de réforme (Jalvingh et al., 1992) et conduites en bandes (Teffène et Salaün, 1983). Un modèle s'intéresse plus spécifiquement à la cohérence entre conduite et bâtiments présents sur l'élevage (Teffène et al., 1986), se démarquant ainsi des autres modèles qui considèrent (quand ils sont représentés) les bâtiments comme une zone de stockage sans réel effet sur la productivité.

Dans la majorité des cas, les simulateurs fournissent des résultats concernant les variations, au cours de la simulation, des effectifs dans chaque stade physiologique et les résultats de productivité (nombre de porcelets nés vivants et sevrés), le nombre de mises bas, de réformes, ... Certains simulateurs

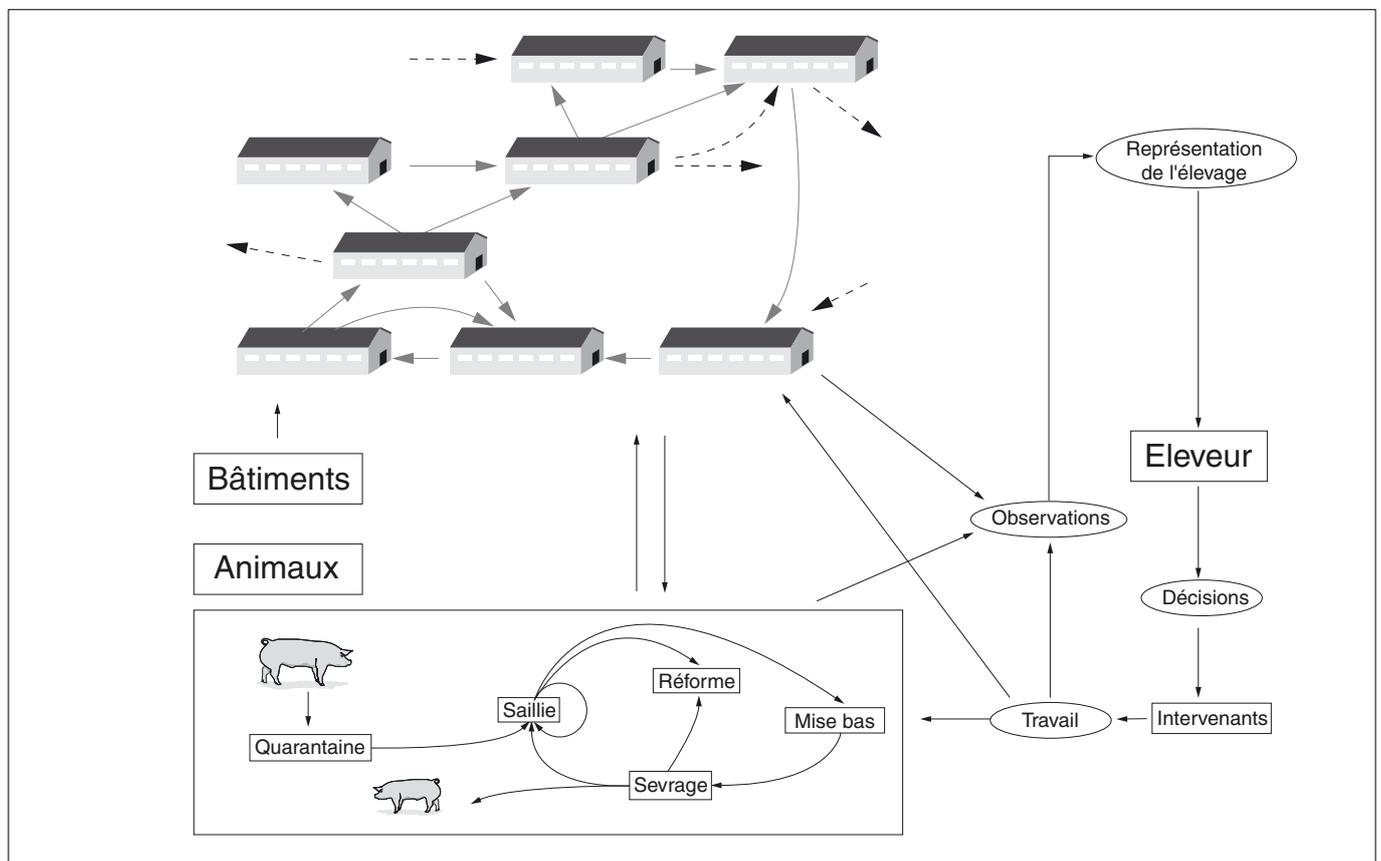


Figure 1 - Un modèle d'élevage porcin avec la représentation des animaux, de l'éleveur et ses pratiques et des bâtiments (d'après Jorgensen et Kristensen 1995)

Tableau 1 - Synthèse des différentes thématiques abordées dans les simulateurs, avec, pour chaque catégorie de représentation (animaux, conduites et pratiques et bâtiments), les principaux points développés dans le modèle

Auteurs	Thématique	Représentations		
		Biologiques	Pratiques	Bâtiments
Allen et Stewart (1983)	Comparaison de durées de lactation	<ul style="list-style-type: none"> • Rang de portée • N° d'œstrus 	<ul style="list-style-type: none"> • Durée de lactation • Temps de travail 	<ul style="list-style-type: none"> • Surface disponible
Teffène et Salaün (1983)	Aide à la décision	<ul style="list-style-type: none"> • Rang de portée • Poids 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de bandes • Durée de lactation 	-
Pettigrew et al. (1986)	Productivité des truies	<ul style="list-style-type: none"> • Poids de la portée • Survie • Rang de portée 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan d'alimentation • Sevrage partiel 	-
Singh (1986)	Résultats financiers	<ul style="list-style-type: none"> • Rang de portée • Saison • Survie porcelets 	<ul style="list-style-type: none"> • Prévission du nombre de cochettes 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de places
Teffène et al. (1986)	Adaptation et cohérence des conduites	<ul style="list-style-type: none"> • Rang de portée • Numéro d'œstrus 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de bandes • Durée de lactation • Taux de renouvellement • Plan d'alimentation 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de places
Jalvingh et al. (1991)	Stratégie de réforme	<ul style="list-style-type: none"> • Histoire productive 	<ul style="list-style-type: none"> • Critères de réforme • Qualité de la détection des œstrus 	-
Pomar et al. (1991)	Alimentation et productivité	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de l'aliment • Survie porcelets 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan d'alimentation • Taux de renouvellement 	-
Jorgensen et Kristensen (1995)	Synthèse de connaissance et flux d'information	<ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques physiologiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Horaires de travail • Qualité des mesures 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de places
Plà et al. (2003)	Adaptation à un élevage réel	<ul style="list-style-type: none"> • Pourcentage de truies passant d'un état à un autre 	<ul style="list-style-type: none"> • Prises en compte dans les pourcentages 	-

vont plus loin en réalisant une sortie financière à partir de ces résultats (Singh, 1986 ; Teffène et Salaün, 1983). Seul le modèle d'Allen et Stewart (1983) introduit une dimension « temps de travail ».

Le modèle de Plà et al., (2003) est à considérer comme un outil simple utilisable directement en élevage pour prédire sa productivité future. A l'opposé se trouve le modèle de Jorgensen et Kristensen (1995) qui synthétise de façon presque exhaustive une somme de connaissances biologiques et de pratiques afin d'étudier l'importance des flux d'informations dans les résultats de l'élevage.

L'objectif des modèles, et donc la représentation choisie, dépend également dans une certaine mesure du domaine de compétence de l'équipe qui l'a développé et de l'époque à laquelle ils ont été réalisés. Ainsi, les modèles des années 80 étaient notamment tournés vers l'amélioration de la productivité et l'aide à l'organisation du troupeau afin de passer d'une gestion truie par truie à une conduite en bandes cohérente avec le parc de bâtiments, alors que les modèles des années 90 s'orientent plus vers la simulation de pratiques (plan d'alimentation, règles de réforme, prises de décisions).

Parmi les articles étudiés, deux types de modélisation sont développés : les modèles markoviens (Jalvingh et al., 1992 et Plà et al., 2003) et les modèles à événements discrets. Les premiers représentent les animaux comme un ensemble d'états avec des transitions possibles entre eux selon des règles probabilistes. Les seconds représentent les animaux comme des individus avec des caractéristiques propres, dont l'état physiologique peut changer ou non en fonction d'événements spécifiques (mise bas, sevrage, insémination,...). Dans les deux cas, la biologie est traitée comme un élément variable, la trajectoire d'un animal spécifique n'étant pas connue à l'avance. On parle de modèles stochastiques (par opposition aux modèles déterministes) pour signifier que l'évolution d'une simulation se fait en partie en fonction du hasard et de la variabilité inhérente aux phénomènes biologiques. C'est pourquoi les simulations sont répétées plusieurs fois et sur une période assez longue afin d'avoir une idée de la variabilité des résultats.

2. LES REPRÉSENTATIONS DES ANIMAUX

C'est souvent la représentation la plus aboutie des modèles. Dans le cadre de cet article, nous ne traiterons que de la

partie naissance de l'élevage et nous ne nous décrivons que les représentations concernant les truies et les porcelets.

Compte tenu du type de modélisation utilisée, les modèles de Plà et al. (2003) et de Jalvingh et al. (1992) représentent le troupeau différemment des autres modèles. Pour eux, une truie est dans un état X et possède une probabilité PY d'être dans l'état Y après un temps donné. Cette probabilité synthétise aussi bien les phénomènes biologiques (fertilité par exemple) que des pratiques (réforme obligatoire après tel état). Pour les autres modèles, toutes les truies possèdent un ensemble de caractéristiques que l'événement E peut modifier.

La biologie des animaux est toujours représentée selon une loi de réponse, ce qui permet de conserver le caractère aléatoire des phénomènes biologiques. La représentation biologique peut être simple dans certains modèles, tel que l'intervalle sevrage œstrus dans le modèle de Jalvingh et al. (1992) qui correspond à une proportion de truies présentant un œstrus dans la semaine suivant le sevrage. Elle peut aussi être plus élaborée comme dans le modèle de Pomar et al. (1991b) qui prend en compte, pour calculer l'intervalle sevrage œstrus, l'effet de l'état corporel de la truie. Cet état corporel est dépendant de la durée de lactation, de la quantité d'aliment ingérée et de la taille de la portée. Un modèle spécifique est ainsi créé pour rendre compte de l'assimilation des nutriments par les animaux selon leur stade physiologique (Pomar et al., 1991a). Cependant, si un modèle utilise une représentation simple d'un phénomène biologique donné, il peut développer plus spécifiquement d'autres aspects. Ainsi Jalvingh et al. (1992) calculent les probabilités de passage d'un état à un autre en fonction de l'histoire productive de la truie (nombre de mises bas et taille des portées) alors que les autres modèles se contentent de représenter l'influence du rang de portée.

Certains paramètres biologiques peuvent aussi être fixés dès l'arrivée de l'animal dans le pré-troupeau (et ne dépendront donc ni de l'histoire productive, ni des pratiques de l'éleveur). Par exemple lors de l'achat d'une jeune truie, le simulateur détermine leur âge et simule la venue de la puberté. Les truies ne seront insérées dans le troupeau qu'une fois leur puberté atteinte, créant ainsi un délai entre l'achat et la première insémination (Pettigrew et al., 1986).

L'approche des paramètres biologiques développée par Plà et al. (2003) diffère de celle présentée précédemment dans la mesure où ce modèle markovien définit des états de gestion courante, facilement identifiables par l'éleveur, et non pas uniquement des états physiologiques : truie en attente de saillie, truie gestante, truie réformée... Les probabilités de passage d'un état à l'autre sont déterminées en analysant sur une période donnée le nombre d'animaux dans chaque état. Ces probabilités peuvent représenter des caractéristiques biologiques (la probabilité de passer de l'état « attente première saillie » à l'état « gestante » correspond au taux de fertilité en première saillie par exemple) ou des caractéristiques de conduite (la probabilité de passage pour une truie d'un rang de portée 8 de l'état « lactation » à l'état « attente

d'être vendue » égale à 1 correspond à une règle de réforme obligatoire sur les truies de rang de portée 8). Ce dernier exemple montre de plus que l'analyse peut être faite en tenant compte du rang de portée des truies ce qui permet une représentation fine de l'animal dans le modèle en utilisant des données directement accessibles en élevage.

3. LES REPRÉSENTATIONS DES CONDUITES, DES PRATIQUES ET DE L'ÉLEVEUR

Les modèles d'élevage cherchent également à représenter les décisions que l'éleveur doit prendre pour faire vivre son troupeau, sans toutefois nécessiter une représentation de l'éleveur lui-même. Quand ce dernier est inclus dans le modèle, c'est dans le but de préciser le travail à effectuer (Allen et Stewart, 1983) ou la façon de traiter les informations issues de son troupeau (Jorgensen et Kristensen, 1995). Ainsi, dans les modèles, si l'éleveur est toujours un décideur, il est bien plus rarement un travailleur. Les décisions présentes dans les modèles concernent principalement la conduite du troupeau, le renouvellement et la réforme, les pratiques de reproduction et l'alimentation.

3.1. Les conduites de troupeau

La prise en compte du nombre de bandes de truies est classique en élevage porcin. Elle est utile dans les modèles si l'on cherche à représenter les flux d'animaux d'une bande à l'autre (gestion d'épisodes d'infertilité), l'organisation du travail et la cohérence entre la conduite des animaux et les bâtiments disponibles. A l'exception de Plà et al. (2003), tous les simulateurs font référence à la conduite en bandes. Mais dans la majorité d'entre eux, le nombre de bandes de truies dans le troupeau est fixe (une bande toutes les semaines). Trois simulateurs seulement proposent différentes conduites en bandes (Allen et Stewart, 1983 ; Teffène et Salaün, 1983 ; Teffène et al., 1986) en laissant la possibilité de modifier la fréquence des dates de sevrage. Pour Plà et al. (2003), la date de sevrage est en fonction de chaque truie, la notion de bande n'existant pas. Par contre le choix de la durée de lactation est possible dans tous les modèles.

Parmi les modèles présentant la possibilité de gérer les bandes, celui d'Allen et Stewart (1983) propose jusqu'à 6 bandes différentes mais cette possibilité n'est pas exploitée dans l'article qu'ils présentent. Le premier modèle de Teffène et Salaün (1983) était conçu comme un outil d'aide à la décision. Aussi était-il nécessaire qu'il puisse s'adapter au mieux à la situation réelle de l'élevage considéré et donc représenter les transferts d'animaux d'une bande à l'autre et les différentes conduites couramment rencontrées. Le second modèle de Teffène et al. (1986) avait pour objectif la gestion prévisionnelle de l'élevage. Ce simulateur était capable de calculer des objectifs de production en adéquation avec le parc de bâtiments disponible sur l'élevage. Si la conduite en bandes de l'élevage ne permettait pas d'atteindre ces objectifs le simulateur proposait une autre conduite en bandes et proposait la marche à suivre pour passer de la conduite existante à la conduite proposée.

3.2. Les pratiques de renouvellement - réforme

C'est un aspect essentiel de l'élevage, permettant de renouveler le troupeau avec des truies possédant un meilleur potentiel génétique, de gérer l'espace disponible et d'éliminer les animaux improductifs. Ainsi des truies peuvent être réformées à plusieurs stades : après une insémination non féconde ou après le sevrage, en raison de performances insuffisantes ou d'un âge trop avancé. Tous les modèles représentent la réforme des truies improductives mais ils divergent dans le nombre de saillies autorisées par truie. Ainsi, Jalvingh et al. (1992) modifient le nombre d'essais en fonction du rang de portée, alors que Pomar et al. (1991b) n'autorisent qu'un seul retour quelque soit l'âge de la truie. Ici aussi la différence s'explique par la finalité du modèle : Jalvingh et al. (1992), travaillant sur les causes de réforme, représentent plus finement les critères utilisés.

Les modèles présentent aussi généralement un rang de portée butoir, c'est-à-dire qu'après un certain nombre de mises bas une truie est obligatoirement réformée. Seul le modèle de Jalvingh et al. (1992) tient compte de la prolificité des truies dont la probabilité d'être réformées s'accroît lorsque leur index de prolificité diminue. Teffène et al., (1986) sont les seuls à inclure un paramètre de renouvellement minimum par an ce qui permet de favoriser l'insertion de cochettes de qualité génétique supérieure.

Enfin, les modèles de Jorgensen et Kristensen (1995), d'Allen et Stewart (1983) et de Teffène et al. (1986), prennent en compte la gestion de l'espace disponible dans les bâtiments et peuvent donc réagir, en accroissant le taux de réforme, en cas de manque de place.

Le renouvellement est représenté souvent succinctement, à la manière d'Allen et Stewart (1983) pour qui il correspond seulement à la réinitialisation des paramètres d'une truie réformée. En fait, la pratique de renouvellement (date d'achat des truies, durée de la période de quarantaine, nombre de cochettes à inséminer, gestion du stock de cochettes) est souvent délaissée au profit d'une représentation plus poussée de la venue en puberté. Généralement l'achat de cochettes s'effectue soit dès la réforme d'une truie, soit toutes les semaines. L'insertion dans le troupeau varie entre une (Allen et Stewart, 1983) et 4 à 5 semaines après l'achat (Jalvingh et al., 1992). Quelques simulateurs gèrent l'auto-renouvellement (Pomar et al., 1991b ; Teffène et Salaün, 1986 ; Singh, 1986) et peuvent ainsi sélectionner les cochettes parmi les animaux en croissance en fonction de leurs qualités intrinsèques.

3.3. La reproduction

Outre les paramètres biologiques qui permettent de déterminer la venue en chaleur et en partie la fertilité, la représentation des pratiques de surveillance des chaleurs et d'insémination peut être importante dans la productivité des animaux. Ces paramètres ne sont pris en compte que dans le modèle de Jorgensen et Kristensen (1995).

3.4. L'alimentation

L'alimentation est souvent représentée dans les modèles, dans la mesure où elle intervient de façon importante dans les résultats économiques de l'élevage. Les modèles se contentent alors d'évaluer les quantités d'aliment distribuées (et parfois leur coût) en fonction du stade physiologique (Jalvingh et al., 1992 ; Allen et Stewart, 1983 ; Teffène et Salaün, 1983 ; Teffène et al., 1986). Seuls Pomar et al. (1991b) représentent l'influence des modifications du plan d'alimentation (composition de l'aliment, quantités distribuées) sur la productivité des truies. Ils peuvent ainsi considérer les pratiques de « flushing » par exemple et plus généralement tenir compte des interactions nutrition-reproduction.

3.5. L'éleveur

L'éleveur en tant que tel est souvent absent des représentations de l'élevage porcin. Sa présence est cependant sous-jacente dans les règles de conduite et de pratique. Deux modèles vont plus loin dans la prise en compte de l'éleveur, en incluant la notion de temps de travail. Il s'agit du modèle d'Allen et Stewart (1983) et de celui de Jorgensen et Kristensen (1995). Dans le premier les tâches à réaliser sont réparties en deux types d'activités : le travail spécifique (surveiller la naissance des porcelets, inséminer les truies,...) et le travail non spécifique (déplacer et alimenter les animaux, nettoyer les loges, ...). Une sortie de la simulation consiste en une évaluation du temps passé pour chaque type de travail. Jorgensen et Kristensen (1995) vont encore plus loin en développant tout un système de prise de décision en fonction de la connaissance qu'a l'éleveur de son troupeau. Cette connaissance passe par le biais d'instruments de mesure (échographe, savoir-faire de l'éleveur, ...) qui ne sont pas fiables à 100 %. L'éleveur a donc une vue partielle de son troupeau mais doit malgré tout prendre des décisions qui sont répercutées au niveau des agents qui les mettent en oeuvre un nombre de fois et à des heures déterminés. Ce type de représentation permet d'aborder des questions telles que l'étude de l'effet d'une amélioration de la qualité de la détection des œstrus sur les performances de l'élevage et la quantité de travail.

4. LES BÂTIMENTS

La gestion optimale des salles est une préoccupation importante de l'éleveur porcin. Le nombre de places disponibles (notamment dans la maternité) ou les flux entre salles sont considérés dans certains modèles comme des contraintes jouant sur la réforme (afin d'ajuster les effectifs) alors que pour d'autres c'est une condition de la faisabilité de la conduite.

Intégrer les bâtiments dans le modèle implique de gérer finement les stades physiologiques des truies et de connaître le nombre de truies dans chaque stade. Quatre simulateurs s'y intéressent avec des implications variables sur les simulations. Ainsi, le modèle d'Allen et Stewart (1983) présente des bâtiments assignés à un stade physiologique spécifique (gestation, lactation, vide). Chaque bâtiment possède une surface disponible et à l'occasion de chaque changement

d'état physiologique d'un animal le modèle vérifie l'espace disponible dans le bâtiment où il doit être transféré. Si le bâtiment n'a pas la place suffisante pour recevoir l'animal considéré la simulation s'arrête. L'approche est voisine dans les modèles de Jorgensen et Kristensen (1995) et de Singh (1986) mis à part que le nombre de place est considéré au lieu de la surface.

Par contre, le modèle de Teffène et al. (1986) possède dans sa phase d'initialisation un module de validation des objectifs qui, à partir de la description des bâtiments (en nombre de places disponibles) et des objectifs techniques (prolificité, mortalité...), détermine un potentiel de production et propose le cas échéant des solutions concernant le nombre de bandes, la taille des bâtiments, la durée de lactation... Une fois l'objectif déterminé et la solution choisie, le simulateur génère une proposition pour passer de la conduite d'origine à une conduite en adéquation avec les bâtiments disponibles. Toutes les simulations effectuées ensuite tiennent compte de la place disponible dans les différents bâtiments d'élevage.

5. DISCUSSION ET CONCLUSION

Nous pouvons constater que l'équilibre entre les diverses composantes que sont les animaux, les bâtiments et l'éleveur, varie selon les simulateurs, ce qui conduit à des représentations différentes de l'élevage. Globalement les simulateurs mettent l'accent sur l'effet direct ou indirect des pratiques et des paramètres biologiques sur la démographie du troupeau et sur la productivité (modélisation des décisions de réformes, prise en compte du rang de portée dans les paramètres biologiques). Certains aspects de la conduite, comme par exemple le nombre de bandes de truies dans l'élevage, n'ont été que très peu étudiés jusqu'à présent alors que dans l'élevage porcin français on observe une très grande diversité des conduites en bandes (EDE Bretagne, 2002). Par ailleurs, l'intervalle entre bandes est un paramètre important dans la capacité de l'élevage à s'adapter aux problèmes de fertilité. Il est aussi le facteur primordial dans l'organisation du travail au sein de l'élevage.

Les pratiques représentées dans les simulateurs ne constituent qu'une petite partie de celles rencontrées en élevage et sont rarement justifiées par des enquêtes auprès des éleveurs. Aussi, nous pouvons nous interroger sur leur pertinence en particulier pour ce qui concerne le renouvellement et la réforme. Par exemple, le critère d'âge butoir est-il vraiment strict ou bien dépend-t-il également de la carrière de la truie ou encore de la disponibilité de jeunes truies de renouvellement ? De même les pratiques de sevrage peuvent varier entre les élevages avec dans certains cas la pratique du sevrage partiel ou le sevrage hâtif des truies primipares. L'adoption, le nombre de séances journalières de détection des chaleurs ou la façon d'inséminer les truies sont aussi des pratiques qui varient selon les éleveurs et la structure de l'élevage et qui n'ont été jusqu'à présent pas ou peu considérées dans les modèles.

La production porcine fait actuellement face à de nouveaux enjeux en relation avec l'évolution du potentiel des animaux (truies hyperprolifiques), de la réglementation (environnement, bien être animal) et de l'organisation des élevages (taille, rythme de travail). Ainsi, la génétique a permis d'accroître le nombre de porcelets nés vivants mais n'a pas sélectionné aussi rapidement les truies sur leur capacité d'allaitement. Les éleveurs doivent donc gérer de façon spécifique les porcelets surnuméraires. Les modèles existants ne permettent pas d'aborder ce type de questions. Pour cela il serait nécessaire de prendre en compte le nombre de tétines fonctionnelles de chaque truie et de connaître les pratiques d'adoption mises en place par les éleveurs.

La directive européenne concernant la gestion des effluents (directive « nitrate ») a des implications sur la nature de l'alimentation à fournir aux animaux, le type de sol (caillebotis ou paille par exemple) et la gestion des bâtiments. De plus les autorisations à exploiter imposent un suivi strict du nombre d'animaux présents dans l'élevage. Tous ces paramètres seraient donc à prendre en compte pour simuler la production d'effluents.

Dans l'optique d'étudier les modifications apportées par la conduite des truies en groupe durant la gestation en réponse à la directive « bien-être », une vision de l'animal en interaction avec les autres est nécessaire. Les pratiques d'allotement et le mode de distribution de l'aliment deviennent alors importants.

Pour étudier le travail de l'éleveur et son organisation, il faut représenter de façon exhaustive et concrète l'ensemble de ses activités. Ceci nécessite aussi de tenir compte du type de conduite en bandes, puisque la plupart de ces activités sont organisées en fonction des bandes. C'est sûrement un aspect primordial dans l'étude de l'évolution des systèmes d'élevage, aussi bien dans les troupeaux de taille importante (gestion du personnel salarié) que dans les élevages familiaux où l'éleveur et son conjoint (qui ne travaille plus forcément dans l'élevage) aspirent à libérer du temps, notamment le week-end.

Prendre en compte ces nouvelles thématiques nous amène donc à regarder l'élevage porcin sous un angle différent. Les éleveurs modifient leurs objectifs de production qui ne peuvent plus être décrits simplement comme un nombre de porcelets à sevrer mais plus comme un rapport entre l'organisation du travail, la gestion des effectifs animaux (contraintes législatives) et la rentabilité. Aussi, il devient important de pouvoir simuler des alternatives de pratiques moins coûteuses en temps ou supposées être plus performantes dans certains cas. Afin d'y parvenir il est nécessaire d'améliorer la représentation des conduites en bandes et des pratiques d'élevage dans les simulateurs. C'est pourquoi nous comptons développer notre propre démarche de modélisation, incluant notamment une phase d'enquête en élevage afin d'améliorer notre connaissance des pratiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allen M., Stewart T., 1983. A simulation model for a swine breeding unit producing feeder pigs. *Agricultural Systems*, 10, 193-211.
- Banks J. 1998. Principles of simulation. In J. Banks (Ed.) *Handbook of simulation. Principles, methodology, advances, applications, and practice*. Engineering & Management Press, 3-30.
- EDE Bretagne, 2002. La conduite en bandes en élevage porcin. Ed. EDE Bretagne, 29 p.
- Jalvingh A., Dijkhuizen A., Arendonk J., 1992. Dynamic probabilistic modelling of reproduction and replacement management in sow herds. General aspects and model description. *Agricultural Systems*, 39, 133-152.
- Jorgensen E., Kristensen A., 1995. An object oriented simulation model of a pig herd with emphasis on information flow. In : *FACTs 95* March 7, 8, 9, 1995, Orlando, Florida, *Farm Animal Computer Technologies Conferences*, 206-215.
- Pettigrew J., Cornelius S., Eidman V., Moser R., 1986. Integration of factors affecting sow efficiency: a modeling approach. *Journal of Animal Science*, 63, 1314-1321.
- Plà L., Pomar C., Pomar J., 2003. A Markov decision sow model representing the productive lifespan of herd sows. *Agricultural Systems*, 76, 253-272.
- Pomar C., Harris D., Minvielle F., 1991a. Computer simulation model of swine production systems. II. Modeling body composition and weight of female pigs, fetal development, milk production, and growth of suckling pigs. *Journal of Animal Science*, 69, 1489-1502.
- Pomar C., Harris D., Savoie P., Minvielle F., 1991b. Computer simulation model of swine production systems. III. A dynamic herd simulation model including reproduction. *Journal of Animal Science*, 69, 2822-2836.
- Singh D., 1986. Simulation of swine herd population dynamics. *Agricultural Systems*, 22, 157-183.
- Teffène O., Salaün Y., 1983. Le modèle de simulation "PORSIM" : un outil d'aide à la décision en production porcine. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 15, 129-148.
- Teffène O., Salaün Y., Querné M., 1986. La gestion prévisionnelle à court-terme en élevage porcin, un outil : PORGEP. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 18, 189-202.

Annexe B
Questionnaire d'enquête

Gilles Martel
22/02/2006

Quelle variabilité des pratiques autour de l'insémination, de la mise bas et du renouvellement réforme.

Justification de l'enquête :

Trois objectifs :

1. Obtenir des données sur la variabilité des pratiques autour du renouvellement réforme (périodicité des achats, taux de réforme, critères de réforme, moment de la réforme).
2. Regarder s'il existe des associations de pratiques autour de la mise bas, de l'insémination et du renouvellement/réforme.
3. Mettre en relation ces logiques d'associations avec d'autres paramètres tel que le nombre de bande, les attentes de travail, l'objectif de production, les contraintes d'élevage, la filière de production.

Partie 1 : la présentation de l'élevage afin d'avoir des éléments pour comprendre les choix de pratiques

Partie 2 : la description des pratiques et notamment des périodes de travail afin d'avoir des éléments concrets sur lesquels baser la variété de pratiques incluses dans le simulateur.

Apporter des éléments pour analyser la cohérence des pratiques

Cette partie contient aussi certaines questions sur des pratiques dont il est intéressant d'avoir un suivi de l'évolution au cours des années. Ces questions sont notées d'un astérisque

Partie 3 : Expression des objectifs de l'éleveur : faire dire par l'éleveur les points forts de ces façons de faire et aussi les points noirs

Partie 1 : Description de l'élevage

A. Etat des lieux

L'orientation de votre élevage porcin est-il ? NE Naisseur

Vous êtes dans une filière de production : Conventiennelle Plein air

Avez-vous d'autres activités que l'élevage porcin sur l'exploitation ?

Bovin lait Bovin allaitant Volailles Cultures FAF Autres :

SAU ? ha

Vous conduisez votre troupeau en combien de bandes ?

4 5 7 20 21

Quel âge ont les porcelets au sevrage ? jours

Combien avez-vous de truies présentes actuellement (on peut essayer de décomposer par secteur peut-être) ?

Vous avez une autorisation de production en animal équivalent de ?

Quel est le nombre de truies par bande ?

Le nombre de truies par bande correspond au nombre de place de mise bas par bande dont vous disposez ?

Et vos maternités sont organisées comment ?

Nombre de salles

Nombre de cases par salle

Nombre de cases tampons

Et vos salles d'attente saillie ?

Nombre de salles

Nombre de cases par salles

Et vos salles gestantes (si différente des salles attente saillie) ?

Nombre de salles

Nombre de cases par salle

Les truies sont-elles logées en groupe ? oui non

A quelles périodes ?

Quarantaine attente saillie gestantes confirmées maternité

Nombre d'UTH sur l'exploitation? Dont salariales ?

Le salarié touche-t-il un intéressement ?

Est-ce que l'on peut essayer de répartir les UTH selon les postes ?

Familial Salarial

Verraterie

Gestante

Maternité

Post-sevrage/Engraissement

FAF

Cultures

Autres (préciser)

Est-ce que parmi votre famille et/ou vos salariés certains ont des contraintes (enfant à aller chercher tous les jours à une heure fixe, obligation professionnelle certains jours, ...)?

B. Historique

Depuis quand êtes-vous installé ?

Quel âge avez-vous ?

Statut marital Marié Célibataire Veuf Divorcé

Nombre d'enfants

Origine de votre installation

suite des parents reprise à un tiers nouvelle installation

Quelle évolution de votre exploitation dans les 5 dernières années ?

Changement de conduite en bande ?

Variation du nombre de truies ?

Salariat ?

Diversification des activités de l'exploitation ?

Est-ce que cette évolution va continuer ou bien vous êtes arrivé à ce que vous souhaitiez ?

C. Objectifs et contraintes

Avez-vous un goulot d'étranglement au sein de votre élevage ?

Quel est votre objectif pour votre atelier naissance ?

Nombre de porcelets sevrés

Nombre de truies à la mise bas

Nombre de porcelets par truie

Diminution du temps passé dans l'élevage

Personnel interchangeable

Voici la description de 4 « styles » d'éleveur : duquel vous sentez-vous le plus proche ?

Style	Entrepreneur	Artisan	Patrimonial	Animalier
Description	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche d'un résultat économique plutôt que technique - Performances élevées, - Importance de l'organisation du travail 	<ul style="list-style-type: none"> - Passion pour les animaux - Recherche une productivité élevée des truies 	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilise le travail familial, - - Privilégie la recherche du temps libre - Attaché à son exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> - Ne cherche pas forcément à maximiser les performances, - Privilégie des animaux rustiques

Partie 2 : les pratiques actuelles

Globalement pouvez-vous me dire à quelle heure vous entrez la première fois dans votre porcherie et à quelle heure en sortez-vous la dernière fois ? Vous y restez tout le temps entre ?

S'il y a d'autres intervenants (famille, salariés), est-ce la même chose pour eux ?

***** MISE BAS *****

A. Généralités

Qui intervient pour faire le travail autour de la mise bas ?

Lors de la mise bas vos horaires sont ils modifiés ?

Quels jours surviennent les mises bas ?

Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
							%

Y-a-t-il des jours où vous surveillez plus que d'autre ?

A quelles heures effectuez-vous les surveillances ?

Toute la journée

A des moments spécifiques :

B. Avant et pendant la mise bas

Est-ce que vous pouvez me dire ce que vous faites à ces périodes ?

Surveillance de la montée de lait

Surveillance des naissances et soins aux porcelets

Aide à la consommation de colostrum

Fouilles

Autres

Déclenchez vous certaines mises bas ? oui non

Quel pourcentage des truies sont déclenchées ?

Selon quels critères ?

Si vous aviez / n'aviez pas le droit de planater modifieriez-vous certaines de vos pratiques ?

Quel pourcentage de truies pensez-vous surveiller avec vos pratiques ?

En moyenne combien de porcelets par portée pensez-vous sauver en surveillant les mise bas ?

Combien de mises-bas pensez-vous que l'on peut surveiller en même temps sans que cela affecte la qualité de la surveillance ?

Et au cours d'une journée ?

C. Après la mise bas

Pratiquez-vous des adoptions ?

Comment ca se passe concrètement et pourquoi le faites vous ?

A quel(s) moment(s) ?

Périodicité :

À la fin de chaque mise bas

X fois par jour

Une fois que la majeure partie des porcelets sont nés

Une fois que tous les porcelets de la bande sont nés

Autre

Durée :

Jusqu'à la dernière mise bas de la bande

Tous les jours jusqu'au sevrage

Autre

Dans quel but ?

Égalisation des tailles de portées

Égalisation des poids au sein d'une portée

Quels animaux ?

Parité des truies donneuses

Parité des truies adoptives

Proportion de porcelets concernés

Prenez vous une marge vis-à-vis du nombre de tétines ? Si oui de combien ?

Faites vous une injection de PG600 (ou assimilé) sur des truies tarées ? oui non

Quel jour faites-vous cette injection ? jours après le sevrage

Combien de truies sont concernées ?

Selon quels critères ? (dans quel but ?)

B. Détection des chaleurs

Lors des détections de chaleurs êtes-vous plus ou moins présent dans l'élevage que d'habitude ?

Quel jour de la semaine commencez-vous les détections ?

Vendredi	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi
<i>Heure de la détection :</i>		matin	début après midi	fin après midi	
<i>Heure précise :</i>					

Vous en faites jusqu'à quand ?

Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
----------	-------	-------	----------	-------	----------

Combien de détection faites-vous par jour ?

Quelle(s) technique(s) utilisez vous (choix parmi plusieurs proposées) ?

Homme seul

Homme + verrat à l'avant des truies

Homme + verrat à l'arrière des truies

Verrat dans les groupes de truies

Verrat dans les groupes de cochettes

Truies dans la case du verrat

Cochettes dans la case du verrat

Truies devant la case du verrat

Cochettes devant la case du verrat

Contact groin à groin

Combien de verrats utilisez-vous lors de ces détections ?

C. Insémination

Utilisez-vous un protocole fixe pour inséminer vos truies ? oui non

Pouvez-vous me le décrire ?

Nombre d'IA / truie

Intervalle entre IA

Jour de modification du protocole

Est-ce différent pour les cochettes ?

D. Confirmation de gestation

La détection des retours a-t-elle lieu au même moment que la détection des chaleurs ?

Si non : quand ?

En plus, utilisez-vous l'échographie pour vérifier l'état de vos truies ? oui non

À quel stade le diagnostic est-il réalisé ?

Sur toutes les truies ? oui non (% des truies)

E. Historique / Adaptation

Est-ce que vos pratiques autour de l'insémination changent lors de coup de bourre sur d'autres parties de votre exploitation (travaux sur les cultures par exemple) ?

Est-ce que vous avez modifié vos pratiques autour de l'insémination (sevrage, détection, insémination, confirmation) dans les 5 dernières années ?

Avez-vous autre chose à rajouter sur cette partie autour de l'insémination ?

***** RENOUELEMENT *****

A. Les cochettes

Avez-vous un taux « objectif » de renouvellement ?

Est-ce que vous achetez les cochettes ? oui non

Si achat :

Vous effectuez ces achats à quel rythme ?

Et le nombre de cochettes achetées à chaque fois est un nombre fixe ou bien vous adaptez ?

Fixe (cochettes) Variable (entre et cochettes)

Si variable :

Sur quels critères vous adaptez ce nombre ?

Si autorenouvellement :

A quel âge faites-vous la sélection ?

Sur quels critères ?

Combien sont sélectionnées ?

Combien de temps entre l'achat (sélection) et la première insémination ?

Toutes les cochettes achetées (sélectionnées) sont elles introduites dans le troupeau ?

si non

Pourquoi ?

Quand et sur quels critères faites-vous la sélection des cochettes à insérer ?

Quel âge ont les cochettes en moyenne lors de la 1ere insémination ?

B. Traitements hormonaux

Utilisez-vous un traitement pour synchroniser les venues en chaleur des cochettes ?

Oui non

Comment vous faites ?

Traitement survient forcément après une chaleur observée

Sur combien de cochettes par bande ?

Pourquoi ?

Si vous (ne) pouviez (pas) faire ce traitement vos pratiques changeraient elles ? oui non
Si oui

Lesquelles et comment ?

C. Historique.

Vos pratiques de renouvellement ont-elles changées au cours des 5 dernières années ?

Avez-vous d'autres choses à dire sur le sujet du renouvellement ?

***** REFORME *****

A. Gestion de l'effectif d'une bande.

Est-ce que vous insémez toujours le même nombre de truie par bande?

Oui non Nombre :

Comment faites-vous pour arriver à ce nombre de truies inséminées, à partir de quels éléments prévoyez-vous le nombre de cochettes à insérer ?

Nombre de truies dans la bande en cours

Nombre de truies prévues en retour

Nombre de cochettes insérées

B. Gestion des truies présentant un retour en chaleur

Combien de truies présentent un retour ?

Changent-elles de bande ? oui non

En fonction de quels critères ?

Si elles changent de bande et élevage 4/5 B :

Comment ?

Après combien de retours sont elles réformées ?

Est-ce des retours à la suite ou au cours de sa carrière productive ?

Le fait qu'une truie ait eu un épisode d'infertilité influe-t-il sur vos avis sur la truie (autrement dit : la reformerez vous plus facilement qu'une autre ?)

Oui non

C. Périodes et causes de réforme

Comment calculez-vous le nombre de truies qui seront réformées dans une bande ?

A quels moments effectuez-vous des réformes ? Proportion %

Mise bas

Sevrage

Détection des chaleurs

Détection des retours

Echographie

Pendant la gestation

Quels sont les critères / causes de réforme à chacun des moments ?

Mise bas

Sevrage

Détection des chaleurs

Détection des retours

Echographie

Pendant la gestation

Quel nombre (ou pourcentage) de truies sont réformées par an pour des causes qui ne dépendent pas de vous (mortalité, accident, maladie, ...) ?

D. Après la décision de réforme

Les truies réformées, en fonction du moment de la réforme, sont envoyées à l'abattoir après combien de temps ? Où sont-elles logées en attendant ?

Moment

Durée

Lieu

Mise bas

Sevrage

Détection des chaleurs

Détection des retours

Echographie

Gestation

E. Mise en situation

Que se passe t il si une bande est en sous effectif à la mise bas (X de moins que ce qui est voulu) ?

Que se passe t il en cas de sur effectif dans une bande à la confirmation de gestation ?

Que se passe t il si vous avez un trop grand stock de cochettes ?

Que se passe t il si il y a un problème de disponibilité des cochettes (*maladie, délai de livraison,...*) ?

Et s'il vous manque juste 2 cochettes ?

F. Historique

Vos pratiques de réforme ont-elles changées au cours des 5 dernières années ?

***** GESTION DU TROUPEAU *****

Avez-vous des repères qui vous permettent de dire que tout va bien dans l'élevage (par exemple le nombre de porcs sevrés depuis le début de l'année, le taux de fertilité,...)

Au niveau d'une bande ?

A l'échelle de l'année ?

Au niveau du troupeau ? (nombre de porcelets sevrés, nombre de truies, ...)

Partie 3 : Perspectives de l'éleveur

Pensez-vous que votre système d'élevage va évoluer (recrutement d'un salarié, agrandissement, changement de conduite, ...) dans les années à venir?

Si oui :

Est-ce que vous pensez que ça va changer certaines de vos pratiques ?

Si non :

Aimeriez vous que votre système d'élevage évolue dans les années à venir ?

Si oui :

De quelle façon ?

Qu'est ce que vous plairait dans ce système ?

Si vous ne logez pas encore vos truies en groupe est ce que vous savez déjà comment vous aller évoluer compte tenu du changement de la réglementation ?

Annexe C
Note de synthèse envoyée aux éleveurs et techniciens de
groupement présentant les principaux résultats de
l'enquête.



Quelle diversité de la gestion de la reproduction et des effectifs dans les troupeaux porcins ?

Gilles Martel, Jean-Yves Dourmad et Benoît Dedieu

Introduction

Le nombre d'élevages de porcs diminue de façon continue depuis déjà de nombreuses années alors que le cheptel de truies augmente ce qui conduit à une augmentation de la taille des élevages et à l'augmentation du nombre de truies élevée par travailleur. Cette augmentation est concomitante à des modifications de la composition de la main-d'œuvre (le nombre de salariés dans les élevages porcins est en régulière augmentation), et à une modification du rapport au travail agricole (des attentes de week-end libérés et / ou d'horaires maîtrisés sont parfois fortement exprimées). Ces éléments amènent de nombreux éleveurs à réfléchir sur leur conduite du troupeau, que ce soit le nombre de bandes (pour modifier le rythme des tâches périodiques) ou la simplification des procédures de gestion du troupeau.

Cette enquête a deux objectifs : 1) explorer la diversité des conduites du renouvellement – réforme et de la reproduction, 2) mettre en relation cette diversité avec les attentes de rythme de travail des producteurs, la productivité du travail et celle des truies.

Matériel et Méthode

Les enquêtes ont été menées auprès de 25 éleveurs bretons couvrant une large gamme de nombre de bandes (de 4 à 21), du nombre de truies par bandes (moins ou plus de 20 truies) et du nombre de salariés sur l'exploitation (0, 1 ou plusieurs) (Tableau 1). Ces élevages ont été réunis grâce à la coopération de différents groupements³ et étaient d'un niveau technique supérieur à la moyenne des élevages bretons.

L'enquête se présentait sous la forme d'un entretien semi directif abordant 3 thèmes : la situation générale de l'élevage (nombre de truies présentes, bâtiments, origine, main-d'œuvre et répartition du travail), les pratiques de reproduction (mise bas, adoptions, sevrage, détection des chaleurs, inséminations) et la gestion des effectifs (renouvellement, réforme, ajustements). Les performances zootechniques ont été collectées grâce à la GTTT.

Tableau 1 : Répartition des élevages enquêtés selon le nombre de bandes, le nombre de salariés et la taille des bandes.

Nombre de salariés	Type de conduite			Taille des bandes
	Moins de 7 bandes	7 bandes	Plus de 7 bandes	
0	1	2	3	<=20
	1	2		>20
1	1	3		<=20
	1	2		>20
2 ou +			3	<=20
	1	1	4	>20

Résultats

Pratiques autour de la mise bas

Notre analyse porte sur la diversité des pratiques touchant les truies lors de la mise bas et celles touchant les porcelets (soins à la naissance et adoptions). L'encadré 1 illustre deux façons de faire différentes.

³ Pigalys, CECAB, LT

Encadré 1 : deux façons de faire autour de la mise bas et des adoptions

Chez l'éleveur 19, les truies à problèmes sont repérées dès l'entrée en maternité et 80% des truies sont déclenchées. Un passage en maternité est parfois effectué vers 21h. Les porcelets sont isolés en début de mise bas et les plus faibles reçoivent du « booster ». Les truies sont traitées et toutes reçoivent des injections de sergotonine et de dynolitique. Les adoptions se font sur des truies adoptives d'autres bandes et les cochettes sont plus chargées que les truies. Chez l'éleveur 15, les horaires ne sont pas modifiés lors de la mise bas. Seul 10% des truies sont déclenchées car ce qui compte « ce n'est pas la surveillance, c'est la préparation du bâtiment ». Les adoptions se font en tenant compte du rang de portées des truies et de leur carrière tout en essayant de mettre moins de porcelets sur les truies qu'elles n'ont de tétines.

Dans l'échantillon, nous identifions deux styles de surveillance – assistance à la mise bas que nous pouvons résumer en « **ceux qui laissent faire les truies** » (pas ou peu de fouilles, pas de déclenchement et peu d'ocytocine) et « **ceux qui préfèrent contrôler la mise bas** » (grâce à différentes hormones, la pratique fréquente de fouilles ...).

Les pratiques sont aussi variées lorsque l'on s'intéresse aux soins et suivi des porcelets mais ne dépendent pas du style de surveillance appliqué aux truies. Ainsi, l'aide au porcelet est effectuée par tous les éleveurs mais selon des modalités diverses. Certains éleveurs réalisent, en plus du séchage des porcelets et de l'injection de fer, la traite des truies ou encore apportent du glucose aux porcelets les plus faibles. Les adoptions ne concernent, chez certains éleveurs que des truies de la même bande, par choix ou par difficulté de mettre en œuvre d'autres solutions. Ces pratiques sont associées à des critères d'adoption simplifiés (pas de prise en compte du rang de portée des truies ni du poids des porcelets). Mais d'autres éleveurs gèrent les adoptions avec des truies provenant d'autres bandes (truies de réforme ou sevrées précocement) et peuvent alors sophistiquer leurs critères d'adoption. Ainsi, nous pouvons opposer d'une part les exploitations où l'on assure des **soins importants aux porcelets avec des procédures élaborées d'adoption** et d'autre part des exploitations où les **soins aux porcelets peuvent être qualifiés d'ordinaire avec des procédures d'adoption mettant en jeu des critères simplifiés**.

Les choix réalisés pour le suivi des truies et des porcelets apparaissent assez indépendants et permettent de regrouper les élevages enquêtés en 4 classes (Figure 1). Les groupes ainsi constitués ne sont pas liés à l'une ou l'autre des conduites en bande. Notamment **les élevages avec moins de 7 bandes peuvent aussi mettre en œuvre des pratiques d'adoption sur des critères élaborés, en utilisant des truies intercalaires** (à l'origine infertiles et ré-inséminées dès la détection du retour, en dehors d'une bande). Au final, le contrôle de la mise bas (groupe 3), ainsi que les pratiques d'aide intensive aux nouveaux nés et les adoptions sur des critères élaborés (groupe 4) améliorent la productivité des truies (Tableau ci-dessous).

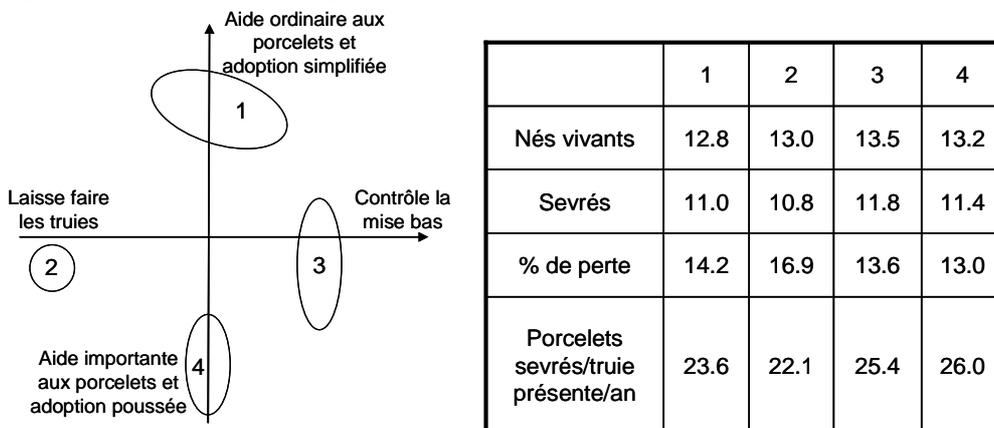


Figure 1 : Groupes d'éleveurs selon leurs pratiques autour de la mise bas et les résultats GTT associés

Pratiques autour de l'œstrus : détection des chaleurs et inséminations

Comme précédemment, les protocoles de détection des chaleurs et d'insémination sont très diversifiés. L'encadré 2 illustre deux cas.

Encadré 2 : quels ajustements des protocoles d'insémination ? Deux exemples

Chez l'éleveur 11, le sevrage est effectué sur un seul jour et les détections se font matin et soir avec le même verrat dès le lendemain du sevrage. Les protocoles d'insémination sont de 24-12-12 (durée en heure entre détection et 1^{ere} IA puis entre chaque IA) pour les truies et de 12-12-12 pour les cochettes et les truies en retour après insémination.

Chez l'éleveur 20, les truies sont déplacées le mercredi soir et les porcelets le jeudi. Toutes les truies sont traitées au PG600 au printemps et en été, et les détections commencent le dimanche. Elles sont faites 2 à 3 fois par jour avec 1 verrat. Le protocole d'insémination change en fonction du jour de la semaine (12-12-12 le lundi, 12-12 le mardi matin et 0-12-12 après le mardi soir).

S'il y a généralement plusieurs protocoles d'insémination, nous pouvons distinguer comme dans l'encadré, les ajustements de protocole selon le rang de portée des truies (distinction entre les cochettes et primipares d'une part et les multipares d'autre part) de ceux selon le jour de la semaine (et donc de l'ISO). Ces deux types d'ajustements sont rarement retrouvés au sein du même élevage et n'ont pas d'effet marqué sur la fertilité du troupeau.

Les pratiques autour de l'œstrus se distinguent aussi sur l'investissement mis pour détecter les chaleurs. Certains éleveurs cherchent à obtenir des œstrus précoces (sevrage partiel ou mise en groupe des truies juste après le sevrage) et utilisent plusieurs verrats pour faire les détections. Ces actions sont effectivement reliées à des ISO plus court. D'autres sont moins précis sur les œstrus mais sécurisent la reproduction en inséminant les truies plusieurs fois par jour.

Gestion des effectifs du troupeau de truies

La gestion des effectifs (renouvellement, réforme et ajustement du nombre de truie par bande) est fortement liée au nombre de bandes. Ainsi les élevages conduits à la semaine utilisent les facilités offertes par cette conduite pour transférer les truies d'une bande à l'autre (sevrage précoce, truie adoptive, truie en retour après insémination) et ont tendance à éviter la synchronisation des cochettes. Les élevages en 7 bandes sont généralement plus sécuritaires. Ils assurent les effectifs à l'IA grâce à l'insertion de cochettes (synchronisation et nombre fixe de cochettes livrées) et réforment majoritairement après l'échographie. Enfin les conduites avec moins de 7 bandes ont tendance à réformer les truies au moment du sevrage sur des critères d'histoire productive (succès à l'IA, nombre de porcelets sevrés) et à gérer les effectifs en adaptant le nombre de cochettes livrées/sélectionnées selon les besoins.

Productivité du travail / Productivité des truies

Dans cette étude nous avons résumé la productivité des truies au critère « nombre de porcelets sevrés par truie présente et par an ». Ce critère varie de **20,1 à 28,8** dans l'échantillon. La productivité du travail correspond à l'estimation du nombre de truies gérées par UTA « naisseur ». Par exemple un élevage avec 100 truies présentes avec 0,7 UTA dévolue à la partie naissance a une productivité du travail de $100/0,7 = 143$ truies/UTA. La productivité du travail varie au sein de l'échantillon de **71 à 327 truies par UTA**. Nous avons étudié les relations entre ces critères et avec d'autres critères techniques (fertilité, ISO, prolificité, pertes sur nés totaux). Les résultats confirment la relation entre la productivité des truies élevée et un taux faible de pertes sur nés totaux ; par contre **la productivité des truies n'apparaît pas liée au niveau de fertilité ni à la productivité du travail. Ceci indique donc qu'un élevage avec une forte productivité du travail n'entraîne pas forcément une dégradation de la productivité par truie.**

Attentes de rythme de travail

A partir des pratiques décrites lors des entretiens, nous avons reconstitué le nombre de séances de travail de détection des chaleurs, insémination, sevrage et surveillance des mise bas dans chaque élevage (travail dit « périodique »). L'analyse de ce nombre de séances de chaque type, et des éléments de justification proposés par les éleveurs a permis de mettre en évidence 4 familles d'attente vis-à-vis du travail périodique:

- **limiter le nombre de séances par jour** (une seule détection d'œstrus, insémination 1 fois par jour, peu de modification des horaires pour surveiller les mise bas).
- **suivre le rythme biologique des truies** (l'éleveur commence les détections de chaleur le dimanche soir et consent à des surveillances étendues des mises bas sans les déclencher).
- **éviter les séances de détections de chaleur durant le week-end**
- **assurer le contrôle de la reproduction, sans limiter le nombre de séances par jour. Les éleveurs préfèrent éviter les mises bas le week-end** mais viennent donc détecter les chaleurs durant tout le week-end.

Ces attentes sont fortement liées aux pratiques autour de l'œstrus : les éleveurs qui organisent leur travail de façon à pouvoir suivre le rythme des animaux et ceux qui souhaitent éviter les détections le weekend ont des protocoles d'insémination qui diffèrent en fonction du jour de la semaine alors que les autres groupes s'adaptent plutôt en fonction du statut de l'animal (cochette, primipare ou multipare). Par contre, seul le groupe qui vise à assurer le contrôle de la reproduction sans chercher à limiter le nombre de séances par jour assiste les mise bas et aide de façon importante les porcelets.

Discussion – Conclusion

Le premier commentaire issu de ces résultats confirme ce qui a déjà été observé par les chambres d'agriculture et l'IFIP : il y a une **grande diversité des pratiques** observée au sein des 25 élevages alors que l'on a l'habitude d'entendre que l'élevage porcin est homogène et très calé de part la conduite en bande. En simplifiant la réalité, **nous distinguons globalement deux attitudes qui dirigent le choix des pratiques : ceux qui agissent et ceux qui surveillent**. Selon les sections de l'élevage considérées, un éleveur peut avoir une attitude ou une autre (par exemple, laisser venir en chaleur les cochettes sans synchronisation mais déclencher les mises bas).

Cette étude met aussi en évidence qu'on retrouve ici, comme dans les autres secteurs de l'agriculture, des éleveurs qui souhaitent limiter le travail durant le weekend ou par jour alors que d'autres non. L'objectif de **limitation du travail, dans cet échantillon techniquement très performant, marque surtout la gestion de la détection des chaleurs et les protocoles d'insémination**. Il ne s'agit ici que de premières indications, qu'il faudrait approfondir pour étudier les interactions entre la conduite en bande, la présence de salariés et les attentes de rythmes de travail. D'une façon plus générale, les questions de travail devraient être analysées en tenant compte de l'ensemble de la main-d'œuvre et des autres activités présentes sur l'exploitation (engraissement, autre élevage, cultures, autres...).

Le niveau de productivité du travail telle que nous l'exprimons dans cette étude apparaît indépendant du niveau de productivité des truies. Par contre la productivité du travail augmente avec la taille des bandes, pouvant indiquer une économie d'échelle. La taille des bandes est par ailleurs en relation avec les pratiques d'adoption : **les grandes bandes permettant la mise en place plus facile de critères élaborés d'adoption ce qui permet de diminuer le pourcentage de pertes**.

Pratiques d'élevage, productivité des troupeaux de truies et rythmes de travail des éleveurs en production porcine : une approche par modélisation

L'objectif de cette thèse était de construire un modèle de fonctionnement de troupeau de truies qui permette d'explorer l'effet de combinaisons de pratiques d'élevage, cohérentes avec les attentes des éleveurs, sur la production et la répartition des tâches périodiques au cours du temps. Pour y parvenir nous avons réalisé un premier modèle à partir des données de la bibliographie. Ce modèle permet de représenter le fonctionnement des troupeaux de truies quelles que soient la conduite en bandes et la durée de lactation, les deux facteurs les plus importants vis-à-vis du rythme de travail inter hebdomadaire. Il produit des résultats sur la productivité des truies et la répartition des tâches périodiques et permet ainsi de comparer les différentes conduites en bandes sur ces critères. Nous avons soumis le modèle et ses résultats à l'avis d'experts de la filière. Ceux-ci ont proposé d'améliorer i) la représentation des attentes des éleveurs en lien avec les pratiques ; ii) la représentation de la carrière des animaux et son effet sur la productivité. Ceci nous a conduits à réaliser une enquête auprès d'éleveurs et une analyse de la base de données de la Gestion Technique des Troupeaux de Truies. L'enquête a permis d'identifier deux types d'attentes des éleveurs : i) vis-à-vis de la répartition intra hebdomadaire du travail en lien avec les pratiques autour de l'insémination ; ii) vis-à-vis de la productivité des truies en lien avec les pratiques autour de la mise bas. Nous avons aussi identifié une relation entre le nombre de bandes et les pratiques de renouvellement et de réforme. L'analyse de la base de données a fourni les éléments nécessaires à la prise en compte des effets de la carrière sur la productivité des truies, mais aussi des références techniques par type de conduite en bandes qui n'étaient pas disponibles jusqu'alors. L'ensemble de ces résultats nous a permis de proposer la maquette d'un modèle conceptuel qui reprend les bases du premier modèle en y intégrant i) une représentation des attentes des éleveurs reliées à des cohérences de pratiques, ii) une plus grande diversité des pratiques et iii) l'effet des pratiques des éleveurs et de la carrière des truies sur les performances.

Mots-clés : truies, modélisation du fonctionnement de troupeaux, pratiques d'élevage, travail, performances

Husbandry practices, sow herd performance and distribution of work load in swine farming systems: a modelling approach

The objective of this thesis was to build a sow herd dynamic model which allows exploring the effect of combinations of practices, according to farmer preferences, on the productivity and the temporal distribution of periodic tasks. To achieve this goal a first model was developed using the data available in the literature. This model made it possible to represent the operation of a sow herd whatever the number of batches and the duration of lactation, the two major elements affecting the between-week work load distribution. It produces results on sows productivity and the temporal distribution of periodic tasks, and thus makes it possible to compare various batch managements on these criteria. We submitted the model and its results to the opinion of experts in swine production. Those proposed to improve i) the representation of farmer's preferences and their links with the practices; ii) the representation of sows' lifetime performances and their effects on their productivity. Following these proposals we carried out an on-farm investigation and we performed an analysis of the data base from the Technical Sow Herd Management System. The investigations made it possible to identify two types of farmer's preferences: i) towards the weekly distribution of work load which was found to be related to the insemination practices; ii) towards sow productivity which was related to the farrowing practices. We also identified a relationship between the number of batches and replacement and culling practices. The analysis of the data base provided the information required to represent the effects of sow's lifetime performances on its productivity, but it also provided technical references for each batch management, which was not available until now. These results enabled us to produce a conceptual model based on the first model with i) a representation of farmers preferences connected to combinations of practices, ii) a greater diversity in the practices and iii) an effect of the practices and sows' lifetime performances on their productivity.

Keywords: sows, herd dynamics model, husbandry practices, labour, performances