

# Évaluation par simulation de l'impact nutritionnel et économique d'une alimentation de précision chez la truie en gestation

Octobre 2017

Rapport



Patrick Gagnon, Ph. D.

Laetitia Cloutier, agr. M.Sc.

Collaboration :

Joël Rivest, Ph. D., consultant

Jean-Yves Dourmad, INRA

Candido Pomar, AAC

Dan Bussièrès, Groupe CERES

Alain Lefebvre, Jyga Technologies

©Centre de développement du porc du Québec inc.  
Dépôt légal 2017  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
Bibliothèque et Archives Canada  
ISBN 978-2-924413-38-8

## Équipe de réalisation

### Responsable scientifique

Laetitia Cloutier, agr. M. Sc., responsable alimentation et nutrition, CDPQ

### Collaborateurs

Patrick Gagnon, PhD, analyste, CDPQ  
Jean-Yves Dourmad, PhD., INRA  
Joël Rivest, PhD., consultant  
Candido Pomar, PhD., Agriculture et Agroalimentaire Canada  
Dan Bussièrès, Groupe Cérès  
Alain Lefebvre, Jyga Technologies

### Rédaction

Patrick Gagnon, PhD, analyste, CDPQ  
Laetitia Cloutier, agr. M. Sc., responsable alimentation et nutrition, CDPQ

## Remerciements

Ce projet a été rendu possible grâce au soutien financier accordé en vertu du Programme Agri-innovation le volet Activités de recherche et développement dirigées par l'industrie dans le cadre de Cultivons l'avenir 2, une initiative fédérale-provinciale-territoriale et grâce aux partenariats financiers avec La Coop Seigneurie, JYGA Technologies, le CDPQ ainsi que les Éleveurs de porcs du Québec.

**Cultivons l'avenir 2**  
Une initiative fédérale-provinciale-territoriale

Canada

Québec



Merci également à Dan Bussièrès du Groupe Cérès, à Pierre Lessard de Olymel SEC, à Richard Bilodeau de F. Ménard, à Marie Despars de Provimi Canada, à Emmanuelle Lewis d'Agri-Marché et à Francis Simard de Shur-Gain, une entreprise de Nutreco pour leur temps et leur conseil dans le cadre de ce projet.

Finalement, des remerciements sont adressés à La Coop fédérée ainsi qu'à Shur-Gain, une entreprise de Nutreco, pour les bases de données de performances de truies ayant servi aux simulations.

## Résumé

Dans les élevages actuels, les truies en gestation sont alimentées avec un aliment unique dont la composition nutritionnelle est constante pour toute de la durée de la gestation et ce, pour l'ensemble des truies. L'alimentation de précision chez la truie en gestation consiste à utiliser deux aliments, l'un pauvre et l'autre riche en nutriments, que l'on mélange en différentes proportions afin de répondre plus adéquatement aux besoins des truies.

L'objectif de cette première partie du projet est d'évaluer par simulation l'impact de l'alimentation de précision sur le coût d'alimentation des truies en gestation dans un contexte de gestion des truies en groupe, soit entre le 35<sup>e</sup> jour et le 110<sup>e</sup> jour de gestation c'est-à-dire entre la période en bloc saillie et en chambre de mise-bas.

Le modèle d'estimation retenu pour les analyses est le modèle INRAporc<sup>®</sup>. Au total, 2081 gestations provenant de 1051 truies différentes ont été retenues pour effectuées les simulations. Plusieurs scénarios ont été testés en fonction de deux traitements alimentaires (alimentation conventionnelle et alimentation de précision), de différents degrés de précision (valeurs individualisées ou par parité et selon des performances moyennes ou ciblées) et en fonction de la composition en lysine (Lys) digestible iléale standardisé (DIS) des aliments conventionnelles (0,50 et 0,55 % Lys DIS) et ceux servant à l'alimentation de précision (0,65 et 0,70 % pour l'aliment A (riche) et 0,35, 0,40 et 0,45 % pour l'aliment B (pauvre)).

Les résultats montrent que l'alimentation de précision permet de mieux cibler les besoins en Lys en fin de gestation et plus particulièrement pour les cochettes où l'alimentation conventionnelle ne parvient pas à subvenir pleinement aux besoins en Lys. En ce qui a trait au degré de précision, l'alimentation spécifique par rang de portée donnaient des résultats comparables à l'alimentation individualisée. Considérant l'ampleur du travail qu'implique la collecte des données individuelles, l'alimentation par rang de portée est un choix justifié. Concernant le choix de la composition en Lys DIS des différents aliments, cela est grandement influencé par le contexte de prix. En effet, concernant les aliments A et B, un changement de composition en Lys de l'aliment A ou B influence directement l'utilisation de l'autre aliment et, selon les prix des ingrédients, il peut être parfois avantageux de faire varier les compositions en Lys de ces aliments. Finalement, les résultats des simulations montrent que l'alimentation de précision permet de réduire substantiellement les surplus en lysine et, par conséquent, en azote. Cela permettrait donc aux élevages d'améliorer leur empreinte environnementale.

Au final, l'alimentation de précision présente plusieurs avantages, dont les principaux sont une meilleure alimentation des truies en fin de gestation, une meilleure alimentation des cochettes et une réduction des apports excédentaires en Lys. Un essai en milieu commercial est actuellement en cours permettant ainsi de valider les réels impacts de l'alimentation de précision.

## Table des matières

1. Introduction et mise en contexte .....	1
2. Objectifs.....	2
3. Matériel et méthodes .....	2
3.1 Modèles d'estimation .....	2
3.2 Données utilisées .....	5
3.3 Estimation des besoins individuels en lysine .....	5
3.3.1 Calibration.....	7
3.3.2 Valeurs de référence.....	7
3.4 Scénarios d'alimentation testés .....	8
3.4.1 Traitement.....	9
3.4.2. Degré de précision .....	9
3.4.3 Choix des aliments.....	10
3.5 Évaluation des scénarios.....	11
3.5.1 Économique.....	12
3.5.2 Nutritionnel.....	12
3.5.3 Environnemental .....	15
4 Résultats.....	16
4.1 Troupeau – Jours 36 à 110.....	16
4.2. Troupeau et cochette – Jour 91 à 110 .....	18
4.3 Déficits individuels .....	20
5 Discussion .....	22
5.1 Scénarios d'alimentation retenus.....	22
5.2 Portée des résultats.....	25
6 Conclusion .....	26
Références .....	27

## Liste des tableaux

Tableau 1. Caractéristiques moyennes par rang de portée pour les gestations retenues. ....	5
Tableau 2. Scénarios testés par traitement alimentaire. ....	12
Tableau 3. Pourcentage de truies par rang de portée pour le troupeau fictif utilisé dans l'évaluation des scénarios. ....	12
Tableau 4. Exemple d'un déficit cumulatif relatif en fin de gestation (Équation (5)) calculé pour une truie donnée et un scénario donné. ....	13
Tableau 5. Sommaire de la performance des quatre scénarios retenus. Pour chaque variable de performance, le meilleur scénario est en gras. ....	24

## Liste des figures

Figure 1. Besoin en lysine en fonction du jour en gestation d'une truie de rang de portée 3 estimé avec le logiciel INRAporc® .....	4
Figure 2. Schéma illustrant la méthode d'estimation des besoins individuels en lysine et des apports selon les divers scénarios analysés. ....	6
Figure 3. Cible de poids après mise bas en fonction du poids à la saillie; Patron de l'apport en énergie pour l'estimation des besoins de référence. ....	8
Figure 4. Coût de sept aliments formulés à trois moments différents en fonction du taux en lysine.. ..	11
Figure 5. Exemple de déficits individuels en fin de gestation pour un troupeau fictif (au centre) calculés selon l'Équation (6).....	14
Figure 6. Performance des scénarios testés par rapport aux trois critères évalués sur la moyenne d'un troupeau entre les jours 36 et 110 .....	17
Figure 7. Besoin moyen en lysine et apport moyen pour un scénario d'alimentation conventionnelle et un scénario d'alimentation de précision. ....	19
Figure 8. Performance des scénarios testés par rapport aux critères économique et nutritionnel en fin de gestation (jours 91 à 110) .....	20
Figure 9. Distribution cumulative empirique du déficit en lysine en fin de gestation (jours 91-110) pour quatre scénarios testés .....	21
Figure 10. Apport en énergie par rang de portée et apport en lysine par rang de portée pour les quatre scénarios retenus.....	23



## 1. Introduction et mise en contexte

Dans les élevages actuels, les truies en gestation sont alimentées avec un aliment unique dont la composition nutritionnelle est constante pour toute de la durée de la gestation et ce, pour l'ensemble des truies. Or, plusieurs études ont montré que les besoins nutritionnels des truies varient en fonction de leur stade de gestation (Levesque *et al.*, 2011) et selon leurs caractéristiques individuelles telles que leur poids, leur état de chair, etc. (Pettigrew et Yang, 1997; Pomar, 2013). Le manque d'adéquation entre les apports alimentaires et les besoins des truies en gestation occasionne de grandes fluctuations des réserves corporelles des truies ce qui se répercute sur les performances reproductrices et la longévité des truies (Ball *et al.*, 2008; Dourmad *et al.*, 1994). À titre d'exemple, il est important de prendre en considération l'âge des truies, car celui-ci influence de façon importante les besoins nutritionnels de ces dernières. En effet, les truies de rang de portée 1, 2 et même 3 continuent de croître en plus d'être gestantes alors que les truies de rang de portée 4 et plus ont atteint leur poids de maturité, ce qui signifie que leurs besoins se limitent à leurs besoins d'entretien et de gestation. Cette distinction entre les truies montre donc la pertinence de développer des stratégies d'alimentation permettant de les alimenter de façon plus personnalisée, en fonction de leurs caractéristiques individuelles.

L'alimentation de précision chez la truie en gestation a été relativement peu étudiée, mais suscite cependant beaucoup d'intérêt présentement dû, entre autres, au changement du mode de gestion des truies, passant d'un mode d'élevage en cage individualisée à une gestion des truies en groupe et à l'évolution des connaissances sur l'alimentation de précision chez le porc.

Plus spécifiquement, en ce qui concerne les changements du mode de gestion des truies en gestation, le nouveau Code de pratiques pour le soin et la manipulation des porcs officialisé le 6 mars 2014 exige que les producteurs logent leurs truies gestantes en groupe et ce, à partir du 1<sup>er</sup> juillet 2014 pour tous les projets de rénovation majeure et de construction et à partir du 1<sup>er</sup> juillet 2024 pour l'ensemble des producteurs (CSNAE, 2014). Cette nouvelle réalité de gestion des truies en groupe impliquant l'achat de nouveaux équipements amène les producteurs à se questionner à savoir s'il vaut la peine d'investir dans des systèmes d'alimentation de précision permettant l'alimentation mélangée, communément appelé *blend feeding* en anglais, c'est-à-dire le mélange de deux aliments dont les proportions évoluent durant la gestation.

L'alimentation de précision a surtout été étudiée chez le porc à l'engraissement (Pomar *et al.*, 2015). Les résultats de ces études indiquent que cette approche permet de réduire le coût d'alimentation et d'améliorer l'efficacité d'utilisation des nutriments, en particulier l'azote (N) et le phosphore (P), réduisant par le fait même les rejets dans l'environnement. Des travaux réalisés par simulation indiquent que cette approche serait aussi très prometteuse pour la truie en gestation (Bussièrès et Boyaud, 2013; Dourmad *et al.*, 2013).

Le présent projet a donc pour objectif d'évaluer l'effet d'une alimentation de précision chez la truie en gestation, sur le coût d'alimentation, mais également sur les performances zootechniques. Dans un premier temps, des simulations ont été effectuées à l'aide de bases de données de performances de truies dans l'objectif d'estimer le potentiel économique de cette stratégie

d'alimentation et d'établir le modèle qui serait le plus intéressant à tester en milieu commercial. C'est d'ailleurs sur ce premier volet du projet que porte le présent rapport. Dans un second temps, le modèle retenu sera appliqué dans un élevage commercial afin de valider les effets de l'alimentation de précision sur les performances zootechniques des truies et de leurs porcelets. Les résultats de cette deuxième partie du projet seront abordés dans un second rapport.

## 2. Objectifs

L'objectif principal de ces travaux est d'évaluer par simulation l'impact nutritionnel et économique d'une alimentation de précision des truies en gestation.

Plus spécifiquement :

- Évaluer l'impact nutritionnel et économique des différents modèles d'estimation des besoins nutritionnels des truies en gestation publiés dans la littérature par le biais de simulations;
- Simuler l'impact nutritionnel et économique de simplifications de ces modèles considérant le grand nombre de prises de données que nécessitent certains de ces modèles;
- Établir le modèle qui sera retenu pour l'essai expérimental, celui étant à la fois le plus intéressant en matière d'impacts nutritionnels et économiques et de facilité d'implantation.

## 3. Matériel et méthodes

Les étapes importantes ayant permis de répondre aux objectifs sont détaillées dans cette section. L'estimation des besoins individuels en lysine (Section 3.3) a d'abord été réalisée afin d'établir des valeurs de référence. Ensuite, différents scénarios d'alimentation ont été élaborés (Section 3.4) et leurs apports en lysine ont été comparés aux valeurs de référence (Section 3.5). Pour toutes les étapes, le modèle INRAporc<sup>®</sup> (Section 3.1) et des données observées sur des milliers de gestations (Section 3.2) ont été mis à contribution.

### 3.1 Modèles d'estimation

Il existe peu de modèles d'estimation des besoins nutritionnels des truies en gestation dans la littérature. Les deux principaux modèles sont le modèle de l'Institut national de la recherche agronomique INRAporc<sup>®</sup> (Dourmad *et al.*, 2008, 2013) et le modèle NRC (2012), ce dernier étant d'ailleurs principalement basé sur le modèle INRAporc<sup>®</sup>.

Le modèle INRAporc<sup>®</sup> estime les besoins en entretien de la truie, les besoins pour les fœtus (contenu utérin), les besoins pour le développement utérin, les besoins pour le développement de la glande mammaire et les besoins pour la croissance de la truie (Dourmad *et al.*, 2013). Ces différents types de besoins sont déterminés selon plusieurs paramètres, soit le poids de la truie, l'épaisseur de gras dorsal, ci-après appelé *P2*, le nombre de porcelets prévu, la température ambiante, l'activité physique, le rang de portée et le stade de gestation. Si les nutriments donnés

dans l'alimentation excèdent les besoins de la truie, ces nutriments seront utilisés par la truie pour ses réserves corporelles comme dans le cas de l'énergie ou seront excrétés dans le cas de la protéine et des minéraux. Le modèle permet donc de déterminer les besoins en énergie et en protéines en fonction du gain de poids et du gain de gras dorsal souhaités durant la période de gestation en prévision de la période de lactation où la mobilisation des réserves est importante.

De manière très synthétisée, la démarche de détermination des besoins en énergie et en azote des truies selon le modèle INRAporc<sup>®</sup> est la suivante :

- Étape 1 : Établissement du besoin quotidien en énergie métabolisable pour l'entretien ( $Em_M$ ) :  
 $Em_M = f(\text{Poids, activité supplémentaire, température ambiante}) ;$
- Étape 2 : Établissement du besoin quotidien en azote total ( $N_{Rtot}$ ) incluant le besoin en azote pour le contenu utérin ( $N_U$ ) :  
 $N_{Rtot} = f(N_U, \text{jour en gestation, rang de portée, énergie disponible } (Em_{Aliment} - Em_{Ms}))$   
 où
  - $N_U = f(\text{taille de portée, poids moyen des porcelets, jour en gestation}) ;$
  - $Em_{Aliment}$  = énergie métabolisable provenant de l'alimentation;
  - $Em_{Ms} = Em_M$  à la saillie;
- Étape 3 : Établissement du besoin quotidien en énergie métabolisable pour le contenu utérin ( $Em_U$ ), la rétention protéique ( $Em_{RP}$ ) et la rétention lipidique dans les tissus maternels ( $Em_{RL}$ ) :  
 $Em_U = f(\text{taille de portée, poids moyen des porcelets, jour en gestation, efficacité d'utilisation de l'EM pour les dépôts utérins}) ;$   
 $Em_{RP} = f(\text{rétention en azote maternelle } (N_{Rtot} - N_U), \text{efficacité de rétention pour la protéine, efficacité d'utilisation de l'EM pour les dépôts de protéines}) ;$   
 $Em_{RL} = f(\text{énergie restante, efficacité de rétention pour les lipides, efficacité d'utilisation de l'EM pour les dépôts de lipides}) .$

L'établissement du besoin en lysine se fait par la suite simplement en considérant 6,25 g de protéine par g d'azote, 6,7 % de lysine dans la protéine (Everts, 1994) et en divisant par une efficacité de rétention de la lysine de 65 % (Dourmad et Etienne, 2002). À titre d'exemple, la Figure 1 présente l'évolution du besoin en lysine par jour d'une truie de rang de portée 3. Le lecteur intéressé par les détails de ces équations est référé à Dourmad *et al.* (2008).

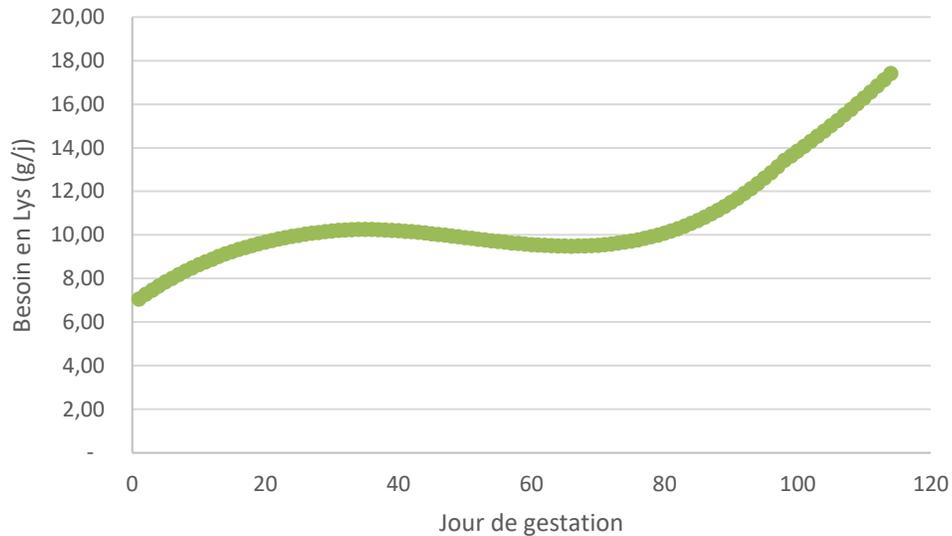


Figure 1. Besoin en lysine en fonction du jour en gestation d'une truie de rang de portée 3 estimé avec le logiciel INRAporc®

Considérant que le modèle INRAporc® est actuellement principalement utilisé pour une alimentation par troupeau et que les performances varient d'un troupeau à l'autre, des facteurs d'ajustement sur le besoin d'entretien ainsi que sur la rétention azotée ont été ajoutés au modèle. Ces facteurs permettent d'ajuster les besoins en fonction des performances zootechniques réellement observées sur chaque troupeau. Ainsi, un producteur peut entrer directement ses performances zootechniques des précédents lots dans le logiciel INRAporc® et le modèle s'ajustera à ses performances afin de mieux cibler les besoins de son troupeau. Dans une perspective d'estimer les besoins individuels des truies avec ce modèle, ces coefficients d'ajustement ont été utilisés afin d'ajuster les besoins aux performances individuelles réellement observées (Section 3.3.1).

En ce qui concerne le modèle d'estimation des besoins nutritionnels du NRC, ce dernier est basé en grande partie sur le modèle INRAporc® bien que des différences existent (NRC, 2012). La principale différence entre les deux modèles concerne le besoin protéique qui est davantage décomposé. En effet, la rétention protéique du NRC représente la somme des dépôts protéiques associés aux éléments suivants : le dépôt protéique des fœtus, le dépôt protéique pour les tissus mammaires, le dépôt protéique pour le placenta, le dépôt protéique pour l'utérus, le dépôt protéique maternel associé à l'énergie consommée et le dépôt protéique maternel associé au temps (« energy intake-dependent and time-dependent maternal body protein deposition ») (NRC, 2012).

Dans le cadre du présent projet, les simulations ont été réalisées seulement avec le modèle INRAporc®. La principale raison est que, suite à des discussions avec le chercheur ayant développé le modèle INRAporc®, les deux modèles auraient donné des résultats similaires (communication personnelle, Jean-Yves Dourmad, mai 2016). De plus, considérant la complexité de bien décortiquer, comprendre puis utiliser un modèle afin de faire des simulations et qu'il a été

possible d'avoir la collaboration tout au long du projet du chercheur principal ayant élaboré le modèle INRAporc<sup>®</sup>, il était plus logique de ne faire des simulations qu'avec ce modèle. Cependant, tel que mentionné précédemment, les résultats observés dans le cadre du présent projet pourraient très bien être extrapolés au modèle NRC.

### 3.2 Données utilisées

Des données recueillies sur près de 8000 gestations en fermes de recherche commerciales étaient disponibles pour le projet. De ce nombre, 2511 gestations de rang de portée inférieur ou égal à 8 avaient des données complètes pour les variables nécessaires en entrée pour le modèle INRAporc<sup>®</sup> et ont pu être utilisées pour les simulations. Au final, après le retrait de certaines observations (voir Section 3.3.1), 2081 gestations provenant de 1051 truies différentes ont été retenues. En plus des variables présentées au Tableau 1, les quantités journalières d'aliments pour chaque truie ont également été utilisées.

Tableau 1. Caractéristiques moyennes par rang de portée pour les gestations retenues.

Rang de portée	Nb obs	Nb porcelets totaux	Poids porcelets (g)	Poids à la saillie (kg)	P2 à la saillie (mm)	Poids après mise bas (kg)	P2 à la mise bas (mm)
1	357	13.2	1406	163.0	17.7	205.4	19.2
2	329	13.3	1557	190.8	15.9	233.2	18.4
3	322	14	1523	209.5	15.0	246.8	17.9
4	314	14.8	1478	225.8	14.4	258.1	16.8
5	279	15	1469	233.8	14.2	265.2	16.4
6	211	14.8	1449	240.1	14.0	268.9	16.2
7	145	13.8	1440	244.6	14.4	272.5	16.3
8	124	13.8	1448	249.7	14.9	276.4	17.2
<b>Total</b>	<b>2081</b>	<b>14.1</b>	<b>1477</b>	<b>212.2</b>	<b>15.3</b>	<b>247.5</b>	<b>17.5</b>

### 3.3 Estimation des besoins individuels en lysine

L'approche utilisée pour l'estimation des besoins individuels en lysine est schématisée à la Figure 2 (parties de gauche et du centre). Deux séries de simulations avec le modèle INRAporc<sup>®</sup> ont été exécutées.

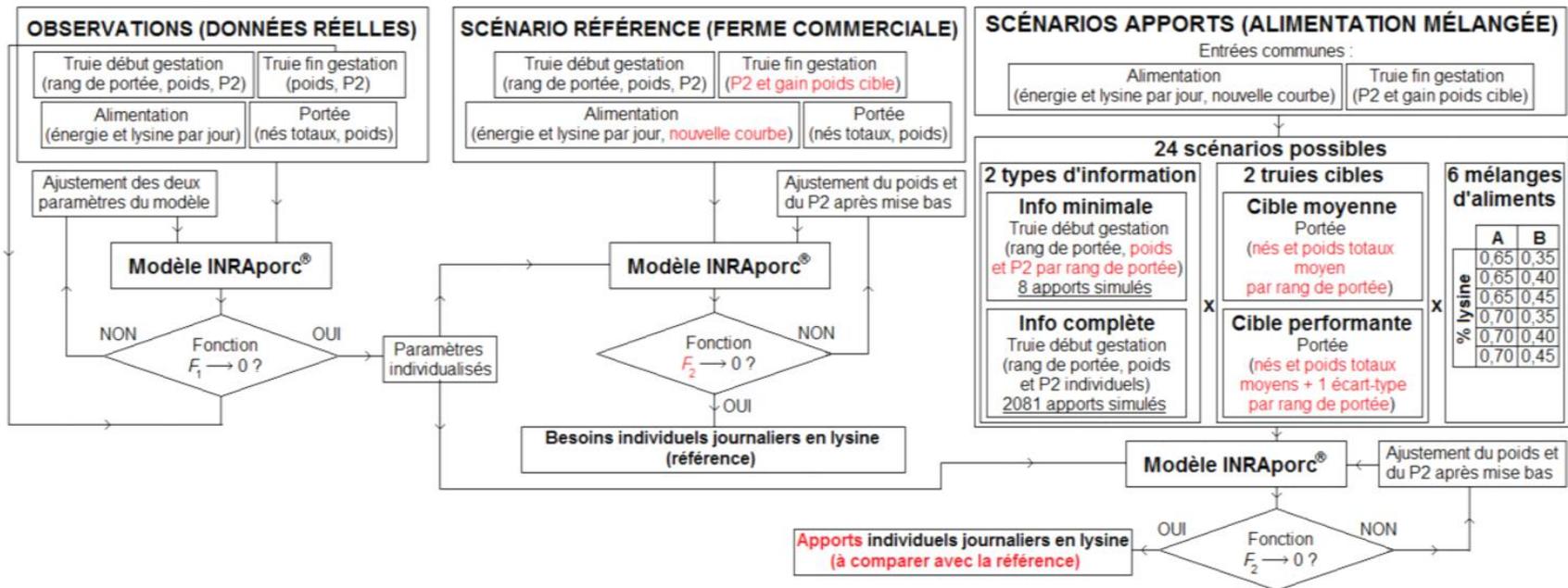


Figure 2. Schéma illustrant la méthode d'estimation des besoins individuels en lysine et des apports selon les divers scénarios analysés.

### 3.3.1 Calibration

La première série de simulations, ci-après nommée *simulations de calibration*, avait pour objectif d'obtenir des paramètres individualisés pour chaque truie. Les valeurs par défaut des paramètres du modèle INRAporc<sup>®</sup> sont considérées adéquates pour estimer les besoins moyens d'un troupeau, mais n'ont pas été définies initialement dans le but d'estimer des besoins individuels. Ainsi, deux paramètres, soit les coefficients d'ajustement sur le besoin d'entretien et sur la rétention azotée (Section 3.1), ont été ajustés pour chaque truie. Pour ce faire, les simulations étaient basées sur les données observées en ferme (Section 3.2). Pour chaque truie, le rang de portée, le poids à la saillie, le P2 à la saillie, le nombre de nés totaux, le poids de la portée et les quantités journalières d'aliment ont été entrés dans le modèle. Les teneurs en énergie et en lysine de l'aliment n'étaient pas disponibles, mais ont pu être estimées avec l'avis d'experts affiliés à ces fermes de recherche. Les données observées de poids et de P2 après la mise bas ont été utilisées lors de l'ajustement des paramètres dans la fonction objective suivante :

$$F_1(c_1, c_2) = (X_{INRAporc}(c_1, c_2) - X_{obs})^2 + (Y_{INRAporc}(c_1, c_2) - Y_{obs})^2 \quad (1)$$

où  $X_{INRAporc}(c_1, c_2)$  et  $Y_{INRAporc}(c_1, c_2)$  sont respectivement le poids et le P2 à la mise bas simulés par le modèle INRAporc<sup>®</sup> avec  $c_1$  comme valeur de coefficient d'ajustement sur la rétention azotée et  $c_2$  comme valeur de coefficient d'ajustement sur le besoin d'entretien;  $X_{obs}$  et  $Y_{obs}$  sont respectivement le poids (kg) et le P2 (mm) à la mise bas observés. Pour chaque gestation, les valeurs de paramètres sélectionnées minimisaient la fonction  $F_1$ ; la méthode du G.R.G. (*Generalized Reduced Gradient*) a été utilisée pour assurer la convergence de la fonction  $F_1$  vers 0. Sur les 2511 gestations simulées, deux types de problèmes ont été rencontrés :

- Pour 25 gestations (1 %), la fonction  $F_1$  n'a pas convergé vers 0;
- Même dans les cas où la fonction  $F_1$  a convergé, le modèle est arrivé parfois à des besoins en lysine considérés comme peu probables (e.g., concentration en lysine de l'aliment > 1 %).

Afin d'éliminer ces deux problèmes, seules les 2081 gestations (83 %) avec des valeurs de coefficient d'ajustement sur la rétention azotée allant de 0,5 à 2 ont été retenues.

### 3.3.2 Valeurs de référence

Une deuxième série de simulations, ci-après *simulations de référence*, a été exécutée avec quatre modifications (en rouge sur la partie du centre de la Figure 2) :

- Le poids et le P2 à la mise bas sont cette fois donnés en entrée au modèle;
- Les valeurs de poids et de P2 à la mise bas utilisées ne sont pas les valeurs observées, mais plutôt des cibles qui pourraient être appliquées dans une ferme commerciale. Le poids cible à la mise bas dépend du poids à la saillie (Figure 3; partie de gauche). Le P2 cible à la mise bas a été fixé en fonction de la génétique des truies utilisées;
- Le patron d'ingestion a été modifié pour tenir compte des pratiques standards en ferme selon l'avis d'experts (Figure 3; partie de droite). Pour les 35 premiers jours, des apports différents sont donnés pour les truies considérées comme très grasses (80 % par rapport à une truie adéquate), grasses (90 %), maigres (110 %) et très maigres (120 %). Ces

classifications sont données par le P2. Toutes les truies ont le même patron à partir du jour 36, avec une augmentation de 30 % à partir du jour 91;

- Une nouvelle fonction objective  $F_2$  ciblant l'énergie de la truie est utilisée :

$$F_2 = (Z_{INRAporc} - Z_{cible})^2 \quad (2)$$

où  $Z_{cible}$  et  $Z_{INRAporc}$  sont respectivement l'énergie de la truie cible et simulée; l'équation de l'énergie se calcule comme suit (légèrement modifiée par rapport à Dourmad *et al.*, 2008) :

$$Z_{cible} = -1024,13 + 13,66X_{cible} + 45,94Y_{cible} \quad (3)$$

où  $X_{cible}$  et  $Y_{cible}$  sont respectivement les cibles pour le poids (kg) et le P2 (mm) à la mise bas; La variable  $Z_{INRAporc}$  est calculée de la même façon avec le poids et le P2 simulés.

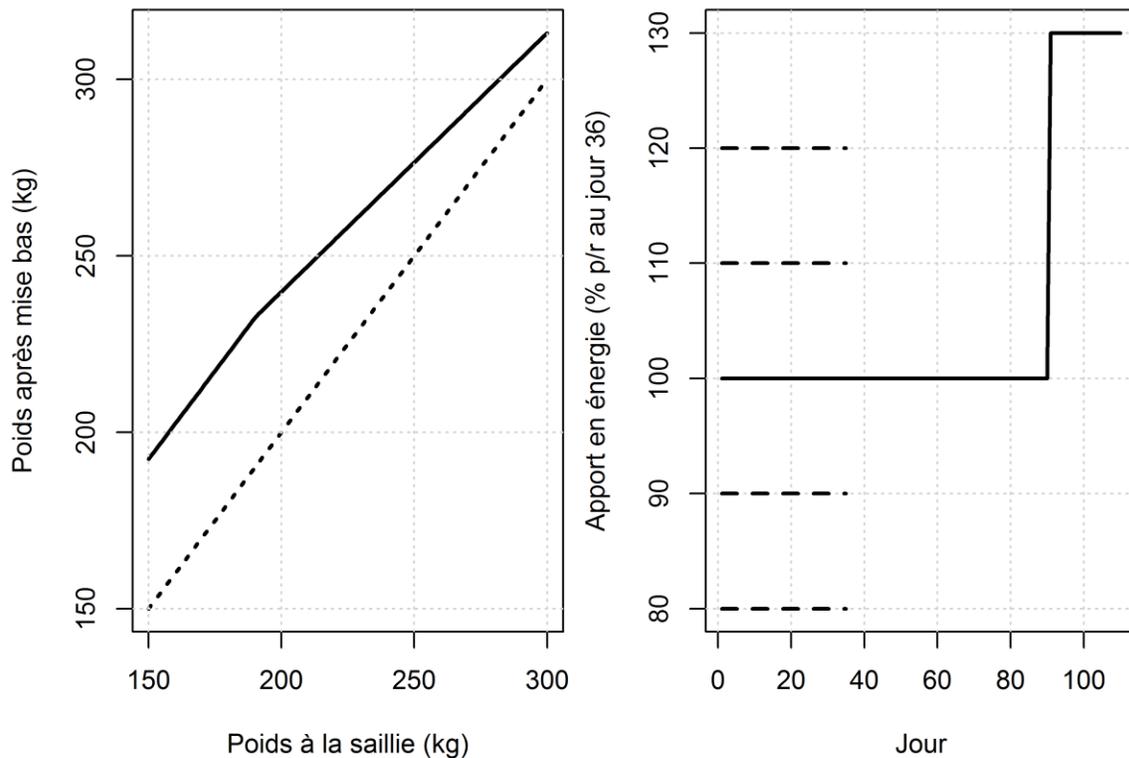


Figure 3. Gauche : Ligne continue : Cible de poids après mise bas en fonction du poids à la saillie; La différence entre la ligne continue et la ligne pointillée est le gain de poids cible. Droite : Patron de l'apport en énergie pour l'estimation des besoins de référence.

Les autres variables sont demeurées inchangées par rapport aux simulations de calibration et les paramètres individualisés ont été utilisés. C'est ainsi que 2081 séries journalières de besoins en lysine représentatifs des besoins réels des truies en gestation ont été estimées.

### 3.4 Scénarios d'alimentation testés

Le principal objectif de l'activité est d'évaluer par simulation l'impact d'une alimentation de précision par rapport à une alimentation conventionnelle. Or, l'impact d'un traitement alimentaire

dépend aussi de facteurs tels le degré de précision (ou de simplification) considéré et le choix des aliments. L'approche utilisée pour traiter ces facteurs est détaillée ci-dessous.

### 3.4.1 Traitement

Les deux traitements comparés sont :

- Alimentation conventionnelle : Un seul aliment *C* est donné à la truie durant toute sa gestation;
- Alimentation de précision : Deux aliments, *A* à forte et *B* à faible concentration en lysine et donc en protéines, sont mélangés et donnés durant toute la gestation à la truie; la proportion de chacun des deux aliments évolue durant la gestation en fonction des besoins ciblés (la proportion de l'aliment à forte concentration augmente durant la gestation).

Le but de l'alimentation de précision est de mieux cibler les besoins en lysine par rapport à l'alimentation conventionnelle. Elle permet de fournir moins de lysine en début de gestation pour sauver des coûts et d'en donner plus à la fin pour potentiellement améliorer les performances. En outre, il a été supposé ici que l'alimentation conventionnelle permet de combler les besoins en énergie. Ainsi, les aliments *A*, *B* et *C* considérés dans les simulations sont isoénergétiques. Aussi, le patron d'alimentation (apport en énergie par jour) utilisé pour les simulations de référence (Section 3.3.2; Figure 3; partie de droite) a été appliqué aux deux traitements. Cependant, au lieu d'avoir une courbe d'apport en énergie par individu, deux courbes au total ont été retenues : une pour les cochettes et une pour les autres truies. Le choix de retenir deux courbes a été fait selon l'avis d'experts, considérant les pratiques courantes en ferme. Dans les deux cas, la courbe cible les besoins moyens en énergie provenant des simulations de référence (Section 3.3.2).

La seule différence entre les deux traitements est l'apport en lysine. Alors qu'il est constant (en proportion de l'aliment) pour l'alimentation conventionnelle, il augmente avec le jour de gestation et varie d'une truie à l'autre pour l'alimentation de précision. Pour ce traitement, le choix des courbes d'apport en lysine par jour dépend du degré de précision ciblé (ci-dessous).

### 3.4.2. Degré de précision

Les besoins réels en lysine, estimés ici par les simulations de référence (Section 3.3.2), dépendent de variables qui peuvent être connues en début de gestation (poids, P2, rang de portée), mais aussi de variables qu'il est impossible de connaître avec précision, telles le poids et le P2 à la mise bas, les propriétés de la portée et le potentiel de la truie, dont les différences individuelles sont représentées ici par les deux paramètres individualisés (Section 3.3.1). Ainsi, même si toutes les informations pouvant être récoltées en pratique étaient considérées dans l'élaboration d'un scénario d'alimentation, il serait impossible d'ajuster parfaitement les apports aux besoins réels. De plus, la collecte d'information peut demander un temps substantiel de manipulations et s'avérer coûteuse. D'un point de vue pratique et économique, il peut donc être avantageux de récolter peu d'informations quitte à possiblement sacrifier les apports en lysine de certaines truies.

Différents scénarios ont été analysés afin d'identifier un bon compromis entre les besoins en lysine à combler et la quantité d'informations à récolter. Quatre combinaisons (deux facteurs x deux modalités par facteur) ont été simulées avec INRAporc® (Figure 2; partie de droite). Les

valeurs d'ingestion et les cibles pour la truie à la mise bas étaient les mêmes que pour les simulations de référence, mais les données à la saillie et sur la portée ont été modifiées (en rouge sur la partie de droite de la Figure 2) :

- Information recueillie :
  - « Minimale » : Le poids et le P2 à la saillie en entrée sont les moyennes par rang de portée (une courbe d'apport en lysine journalier par rang de portée);
  - « Complète » : Le rang de portée, le poids et le P2 à la saillie de chaque truie sont utilisés en entrée (une courbe d'apport en lysine journalier par truie gestante);
- Truie cible (par rapport aux nés et poids totaux de la portée) :
  - « Moyenne » : Moyenne par rang de portée;
  - « Performante » : Moyenne plus un écart-type par rang de portée (correspond approximativement au 84<sup>e</sup> centile, comme c'est le cas pour la distribution normale).

Les moyennes et écart-types par rang de portée ont été déterminés à partir des 2081 gestations retenues (Section 3.2). Les modalités « information minimale » et « truie moyenne » ont comme avantage leur plus faible coût. Les modalités « information complète » et « truie performante » ont comme avantage de fournir un meilleur apport en lysine.

### 3.4.3 Choix des aliments

L'impact du choix des aliments dépend du traitement. Pour l'alimentation conventionnelle, le défi est de faire un bon compromis entre les coûts et les besoins. Un aliment avec une concentration en lysine plus forte coûtera plus cher, mais comblera mieux les besoins en fin de gestation. Le meilleur choix n'est pas nécessairement fixe dans le temps puisqu'il peut dépendre du contexte de prix. Basé sur les pratiques actuelles selon l'opinion d'experts, deux concentrations en lysine digestible iléale standardisée ont été retenues pour l'alimentation conventionnelle (aliment C) : 0,50 et 0,55 % (Figure 4).

Pour l'alimentation de précision, les apports en lysine ciblés (Section 3.4.2) peuvent normalement être atteints, sauf dans certains cas en toute fin de gestation. Le choix d'un aliment A moins fort augmenterait le nombre de cas où les apports ciblés ne seraient pas atteints. À l'inverse, le choix d'un aliment B moins faible pourrait mener à un surplus en lysine pour les truies en début de gestation. Ceci étant dit, il reste qu'en alimentation de précision, le principal facteur qui influe sur le choix des aliments est leur coût. Le coût de l'alimentation de précision est plus complexe à évaluer que pour l'alimentation conventionnelle. Pour comparer deux aliments en alimentation conventionnelle, il suffit de connaître la différence de prix entre les deux aliments et la multiplier par la quantité consommée. En alimentation de précision, le choix d'un aliment B plus fort en lysine (donc plus cher) pourrait s'avérer moins coûteux puisqu'il fera diminuer la proportion de l'aliment A (aliment le plus coûteux) à fournir à l'animal. Basé sur l'avis d'experts, 6 combinaisons d'aliments A et B ont été testés (Figure 2, partie de droite), soit deux aliments A (0,65 et 0,70 % de lysine) chacun testés avec trois aliments B (0,35, 0,40 et 0,45 %).

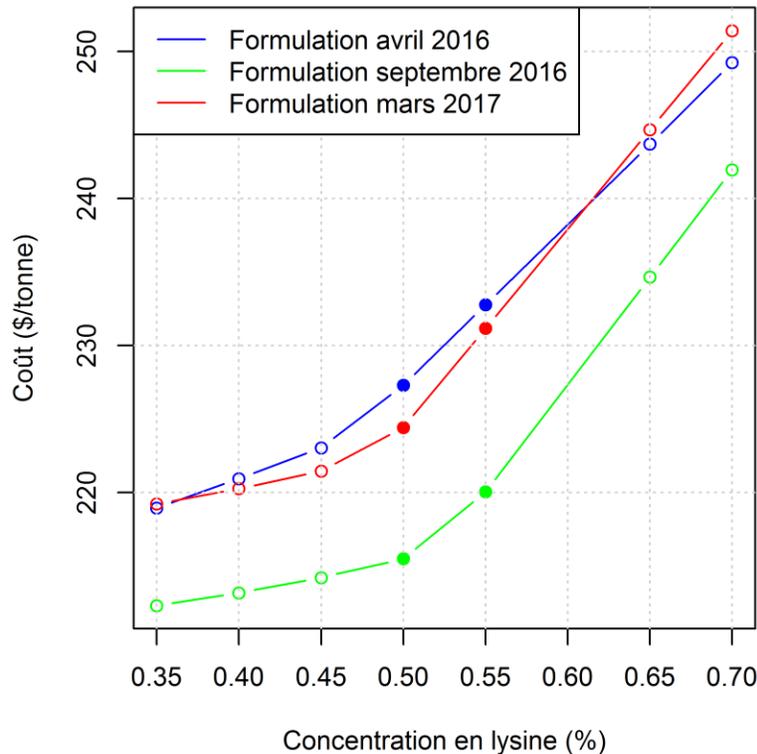


Figure 4. Coût de sept aliments formulés à trois moments différents en fonction du taux en lysine. Les cercles pleins correspondent aux aliments C (alimentation conventionnelle). Les cercles vides à droite et à gauche des cercles pleins correspondent respectivement aux aliments A et B (alimentation de précision).

L'impact du contexte de prix a été analysé en intégrant sept aliments (deux A, trois B et deux C) formulés à trois moments différents au cours d'une période de 13 mois (Figure 4). Ces aliments sont isoénergétiques et les ingrédients peuvent varier en fonction de leur disponibilité et du contexte de prix. Ces aliments à trois moments différents ont été utilisés pour l'évaluation des différents scénarios. Cette approche vise à représenter l'impact de l'alimentation de précision et du choix des aliments dans un contexte d'application actuel et réaliste. Il est à noter qu'une deuxième approche visant à évaluer le potentiel économique de l'alimentation de précision à plus long terme sera présentée dans un rapport distinct.

### 3.5 Évaluation des scénarios

Au total, les 78 scénarios (Tableau 2), soit 26 scénarios d'alimentation x 3 contextes de prix, ont été évalués selon trois critères : économique, nutritionnel et environnemental. Dans tous les cas, les mesures ont été calculées sur les 2081 gestations retenues (section 3.3.2). Des mesures moyennes par rang de portée ont été calculées, puis une moyenne globale pour un troupeau a été calculée en pondérant par les proportions par rang de portée données au Tableau 3. De plus, des analyses ont ciblé spécifiquement la cochette (rang de portée 1) qui a des besoins en lysine supérieurs (en %) aux autres truies gestantes.

Tableau 2. Scénarios testés par traitement alimentaire.

Traitement	Modalités par facteur			Nombre de scénarios
	Degré de précision	Choix des aliment	Contexte de prix =	
Alimentation conventionnelle	-	2	3	6
Alimentation de précision	4	6 (3 A x 2 B)	3	72
<b>Total :</b>				<b>78</b>

Tableau 3. Pourcentage de truies par rang de portée pour le troupeau fictif utilisé dans l'évaluation des scénarios.

Rang de portée	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Pourcentage des truies	20,0	17,7	15,7	13,3	11,3	8,7	6,3	7,0	100,0
Nombre de truies (troupeau fictif)	60	53	47	40	34	26	19	21	300

### 3.5.1 Économique

Dans ce rapport, le critère économique est uniquement basé sur le coût de l'alimentation. Les revenus supplémentaires potentiels liés à l'alimentation de précision seront estimés à la deuxième partie du projet (essai en ferme commerciale) et seront discutés dans un prochain rapport.

Le coût est ramené en coût par année par truie en supposant 2,5 gestations par truie par année en moyenne. Deux mesures ont été calculées : une en considérant que les traitements commencent à la sortie du bloc saillie (jour 36) et l'autre en supposant qu'il est possible de commencer le traitement dès la saillie (jour 1).

### 3.5.2 Nutritionnel

Le critère nutritionnel est défini en fonction des besoins comblés en lysine. Soit  $L_{j,k}$  l'apport en lysine (en g) avec le scénario  $k$  (Section 3.4) au jour  $j$  pour une truie donnée et  $R_j$  le besoin en lysine de référence (en g) au jour  $j$  pour la même truie (Section 3.3.2). Le déficit en lysine  $D_{j,k}$  au jour  $j$  avec le scénario  $k$  pour cette truie est donné par

$$D_{j,k} = \max(R_j - L_{j,k}, 0). \quad (3)$$

Cette équation ne donne pas d'avantage à un scénario qui suralimente en lysine par rapport à un scénario qui cible les besoins. Le déficit cumulatif relatif avec le scénario  $k$  pour une truie donnée a été calculé sur toute la période (jours 36 à 110) :

$$D_{total,k} = \frac{\sum_{j=36}^{110} D_{j,k}}{\sum_{j=36}^{110} R_j} \quad (4)$$

et en ciblant la fin de la gestation (exemple au Tableau 4) :

$$D_{fin,k} = \frac{\sum_{j=91}^{110} D_{j,k}}{\sum_{j=91}^{110} R_j} \quad (5)$$

Tableau 4. Exemple d'un déficit cumulatif relatif en fin de gestation (Équation (5)) calculé pour une truie donnée et un scénario donné.

<b>Jour</b>	<b>91</b>	<b>92</b>	<b>93</b>	<b>94</b>	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>100</b>
Besoin (g)	13,6	13,8	14,0	14,2	14,4	14,6	14,8	15,0	15,2	15,4
Apport (g)	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
Déficit (g)	0	0	0	0	0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
<b>Jour</b>	<b>101</b>	<b>102</b>	<b>103</b>	<b>104</b>	<b>105</b>	<b>106</b>	<b>107</b>	<b>108</b>	<b>109</b>	<b>110</b>
Besoin (g)	15,5	15,7	15,9	16,1	16,3	16,5	16,7	16,9	17,0	17,3
Apport (g)	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
Déficit (g)	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
Déficit jours 91-100 (g)										21,7
Besoin jours 91-110 (g)										308,6
<b>Déficit cumulatif relatif (%)</b>										<b>7,0</b>

La distribution des déficits individuels en fin de gestation a aussi été générée en supposant un troupeau de 300 truies (Tableau 3). Le  $j^{\text{e}}$  plus petit déficit relatif en fin de gestation pour les truies de rang de portée  $i$  ( $i \in \{1, \dots, 8\}$ ) dans le troupeau fictif pour le scénario  $k$ , noté  $D_{fin,k}^* \left( i_j \right)$ , est donné par

$$D_{fin,k}^* \left( i_j \right) = D_{fin,k} \left( i_{\left( \frac{j}{n_{i+1}} \right)} \right) \quad (6)$$

où  $D_{fin,k} \left( i_{\left( \frac{j}{n_{i+1}} \right)} \right)$  est le quantile d'ordre  $\frac{j}{n_i + 1}$  du déficit relatif en fin de gestation pour le

scénario  $k$  calculé à partir des besoins de référence (Équation (5)) uniquement sur les truies de rang de portée  $i$  et où  $n_i$  est le nombre de gestations de rang de portée  $i$  dans les données de référence (Tableau 1). La Figure 5 illustre la procédure.

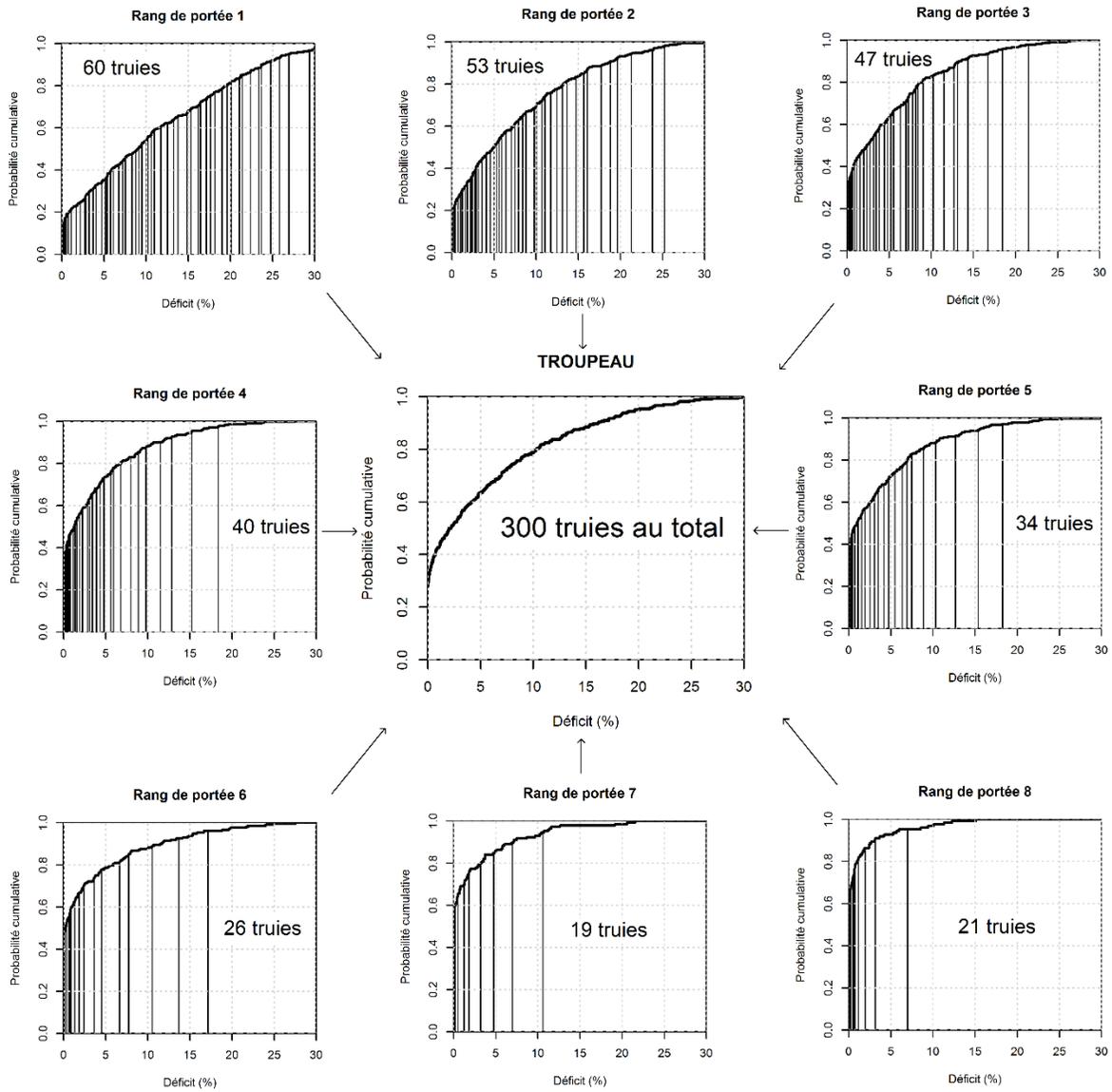


Figure 5. Exemple de déficits individuels en fin de gestation pour un troupeau fictif (au centre) calculés selon l'Équation (6). Les lignes verticales représentent les truies de la base de données de référence retenues pour le troupeau fictif.

### 3.5.3 Environnemental

Le même principe que pour le critère nutritionnel est appliqué pour le surplus en lysine ( $S$ ), qui est défini comme suit pour le jour  $j$  et le scénario  $k$  pour une truie donnée :

$$S_{j,k} = \max(L_j - R_{j,k}, 0) . \quad (7)$$

Le surplus cumulé relatif est calculé uniquement sur la période totale (jours 36 à 110) :

$$S_{total,k} = \frac{\sum_{j=36}^{110} S_{j,k}}{\sum_{j=36}^{110} R_j} . \quad (8)$$

Le critère environnemental étant associé à l'ensemble de la ferme, les surplus n'ont pas été calculés spécifiquement pour la fin de la gestation, ni sur les truies individuellement.

## 4 Résultats

### 4.1 Troupeau – Jours 36 à 110

La Figure 6 représente la performance des 78 scénarios pour un troupeau du jour 36 au jour 110 pour chaque paire de critères. Plusieurs constats peuvent être tirés :

- Non seulement le contexte de prix affecte le coût des aliments, mais il affecte aussi les différences de coût entre les traitements; les prix varient légèrement moins avec l'alimentation de précision;
- Pour l'alimentation conventionnelle, l'impact moyen de passer d'un aliment à 0,50 % vers un aliment à 0,55 % en lysine est une réduction du déficit en lysine de 1,2 %, une augmentation du surplus en lysine de 11,8 % et une augmentation du coût annuel par truie de 2,21 à 3,27 \$ selon le contexte de prix;
- Pour l'alimentation de précision, il y a plusieurs facteurs à analyser séparément :
  - L'impact de l'information recueillie (minimale vs complète; Section 3.4.2) est pratiquement nul en moyenne pour les trois critères de performance;
  - Cibler la truie performante au lieu de la truie moyenne (Section 3.4.2) mène à une augmentation du surplus moyen de 2,2 à 4,7 %, mais permet de réduire le déficit moyen d'environ 1 à 2 % avec une augmentation du coût annuel par truie de seulement 0,63 à 1,16 \$; les variations dépendent surtout de l'aliment *B* choisi et très peu du contexte de prix;
  - La sélection d'un aliment *A* à 0,65 % au lieu de 0,70 % en lysine permet de réduire très légèrement le coût par truie (entre 0,01 et 0,43 \$ dépendamment du scénario) sans avoir d'impact sur le déficit et le surplus moyen en lysine;
  - L'effet de la sélection d'un aliment *B* à 0,45 % au lieu de 0,35% varie selon la truie ciblée; Lorsque la truie moyenne est ciblée, la réduction du déficit est d'environ 2 % et le surplus augmente d'environ 13 %; Lorsque la truie performante est ciblée, la réduction du déficit est d'environ 1 % et le surplus augmente d'environ 10 %; L'impact sur le coût est variable selon le contexte de prix, il peut mener à une réduction de 1,05 \$ jusqu'à une augmentation de 0,43 \$ par truie par année.

Ces constats sont valides uniquement pour la moyenne par troupeau calculée sur l'ensemble de la période de traitement (jours 36 à 110). Avant de sélectionner le ou les meilleurs scénarios, d'autres analyses ont été nécessaires.

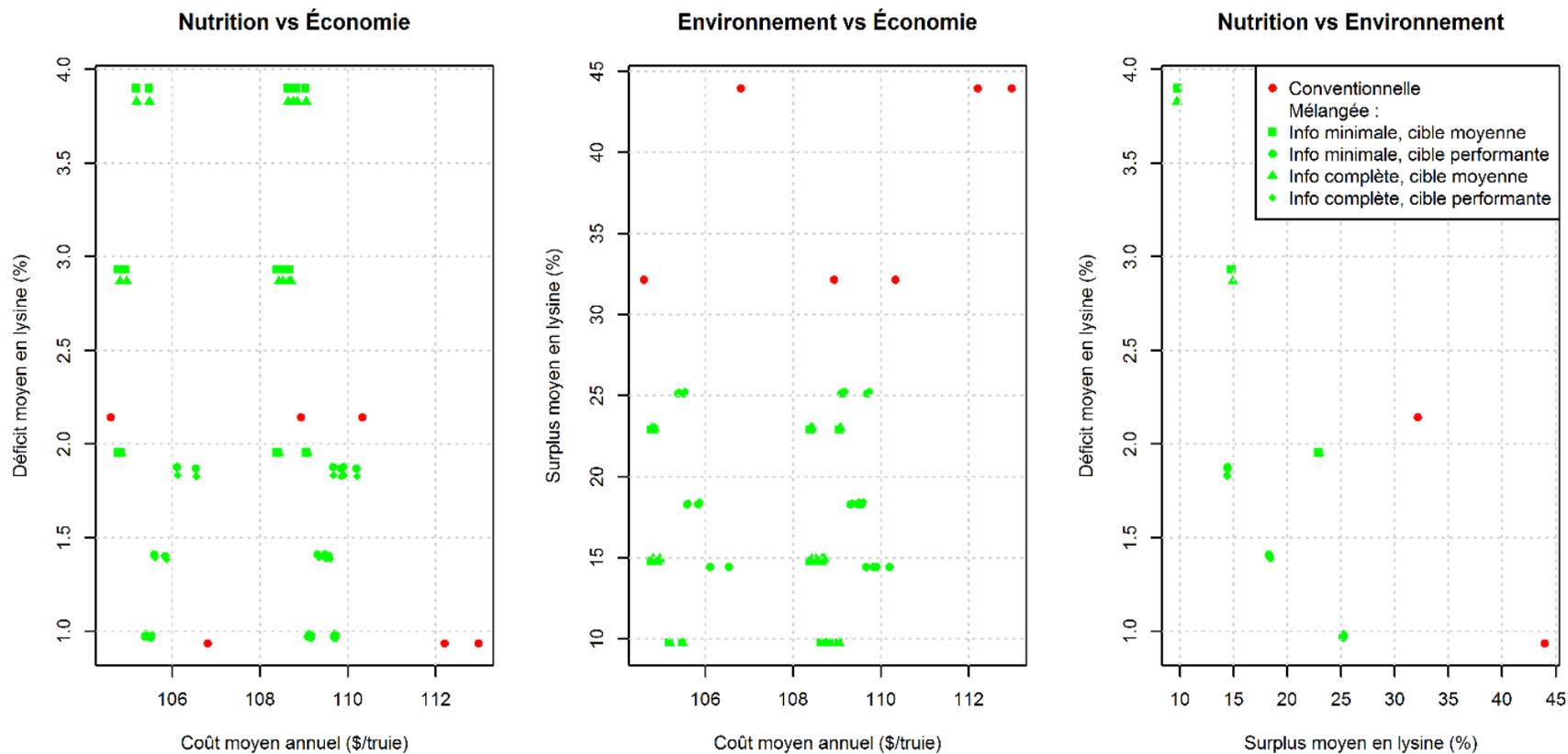


Figure 6. Performance des scénarios testés par rapport aux trois critères évalués sur la moyenne d'un troupeau entre les jours 36 et 110. Les symboles d'une même couleur et d'une même forme partagent le même traitement alimentaire (Section 3.4.1) et le même degré de précision (Section 3.4.2), mais les aliments et/ou les contextes de prix sont différents (Section 3.4.3)

## 4.2. Troupeau et cochette – Jour 91 à 110

Les besoins en lysine sont plus forts à la fin de la gestation et il est attendu qu'un déficit en lysine à la fin risque d'avoir un impact plus important qu'en milieu de gestation. En effet, la croissance foétale augmente significativement lors des derniers jours de la gestation (McPherson *et al.*, 2004). Or, l'analyse du déficit moyen telle que réalisée à la sous-section précédente peut confondre un scénario d'alimentation produisant un faible déficit constant sur toute la période avec un scénario produisant aucun déficit au début, mais un déficit plus important à la fin de la gestation (Figure 7). En effet, malgré le meilleur ajustement du scénario d'alimentation de précision, ce dernier montre un déficit moyen de 3,9 % du jour 36 au jour 110 comparativement à 2,1 % pour le scénario d'alimentation conventionnelle. Il est important d'analyser le déficit en lysine en fin de gestation séparément (Figure 8), particulièrement pour les cochettes qui ont des besoins plus élevés (en %).

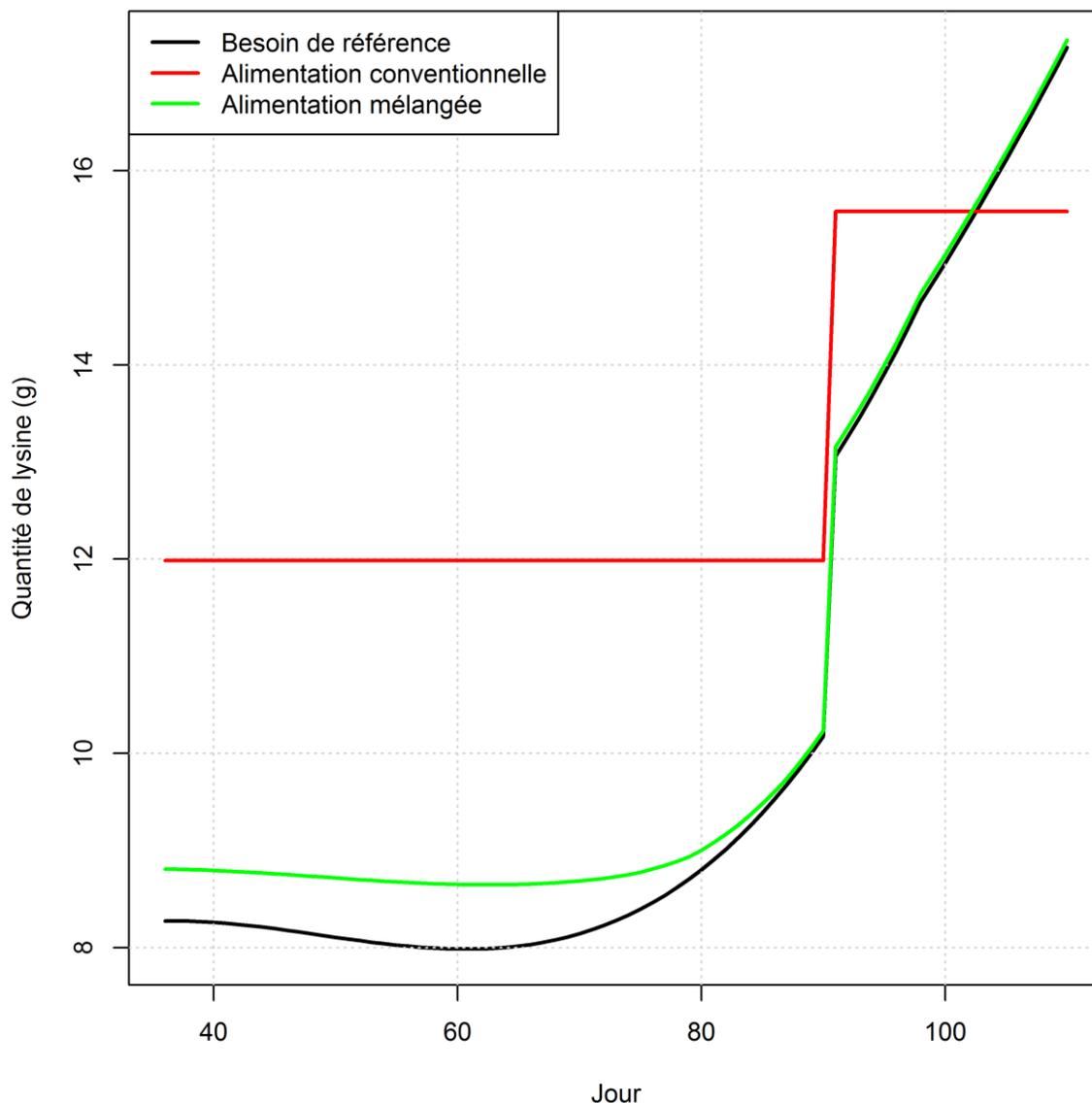


Figure 7. Besoin moyen en lysine (courbe noire) et apport moyen pour un scénario d'alimentation conventionnelle (aliment C à 0,50 % en lysine; courbe rouge) et un scénario d'alimentation de précision (information minimale, truie cible moyenne, aliments A à 0,65 % et B à 0,35 % en lysine).

De nouveaux constats peuvent être tirés :

- Pour tous les scénarios, le déficit moyen est plus élevé à la fin de la gestation que durant toute la période (jours 36 à 110), mais l'augmentation est moins importante pour les scénarios d'alimentation de précision;
- Le choix de l'aliment B a peu d'impact sur les déficits en fin de gestation lorsque la truie moyenne est ciblée (Section 3.4.2); l'impact est nul lorsque la truie performante est ciblée;
- Pour les cochettes, tous les scénarios d'alimentation de précision produisent de plus faibles déficits moyens en fin de gestation que les scénarios d'alimentation conventionnelle.

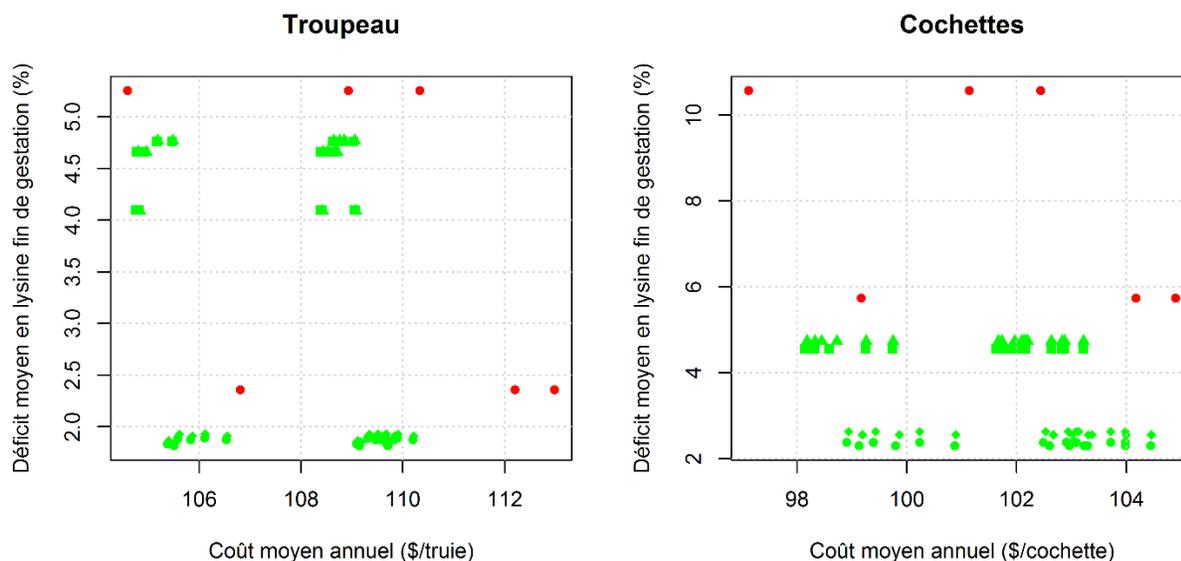


Figure 8. Performance des scénarios testés par rapport aux critères économique et nutritionnel en fin de gestation (jours 91 à 110). Gauche : Performance évaluée sur la moyenne d'un troupeau. Droite : Performance évaluée sur les cochettes uniquement. Pour les deux graphes, les symboles d'une même couleur et d'une même forme partagent le même traitement alimentaire (Section 3.4.1) et le même degré de précision (Section 3.4.2), mais les aliments et/ou les contextes de prix sont différents (Section 3.4.3).

Comme pour l'ensemble de la période, cibler la truie performante donne encore de plus faibles déficits en fin de gestation que cibler la truie moyenne. Également, l'impact de l'information recueillie est pratiquement nul sur les déficits moyens en fin de gestation. Il faut cependant considérer qu'il pourrait y avoir un impact à l'échelle individuelle.

### 4.3 Déficits individuels

L'alimentation de précision vise non seulement à mieux alimenter le troupeau en moyenne, mais aussi à bien alimenter tous les individus selon leurs besoins spécifiques. Pour comparer les déficits individuels des scénarios d'alimentation, un troupeau fictif de 300 truies basé sur les données de référence avec les proportions par rang de portée du Tableau 3 a été créé (Équation (6)).

La distribution cumulative empirique du déficit en lysine en fin de gestation a été calculée sur ce troupeau (Figure 9; partie de gauche) et pour les 357 cochettes du jeu de données de référence (Figure 9; partie de droite) pour chaque scénario. En fait, seuls quatre scénarios d'alimentation sont présentés à la Figure 9, soit les deux en alimentation conventionnelle et seulement deux en alimentation de précision. En effet, seule la truie cible a un impact sur le déficit individuel simulé en fin de gestation pour l'alimentation de précision. Le choix des aliments *A* et *B* (Section 3.4.3) et les informations recueillies (Section 3.4.2) n'ont pratiquement aucun impact sur le déficit individuel en fin de gestation (pas présenté).

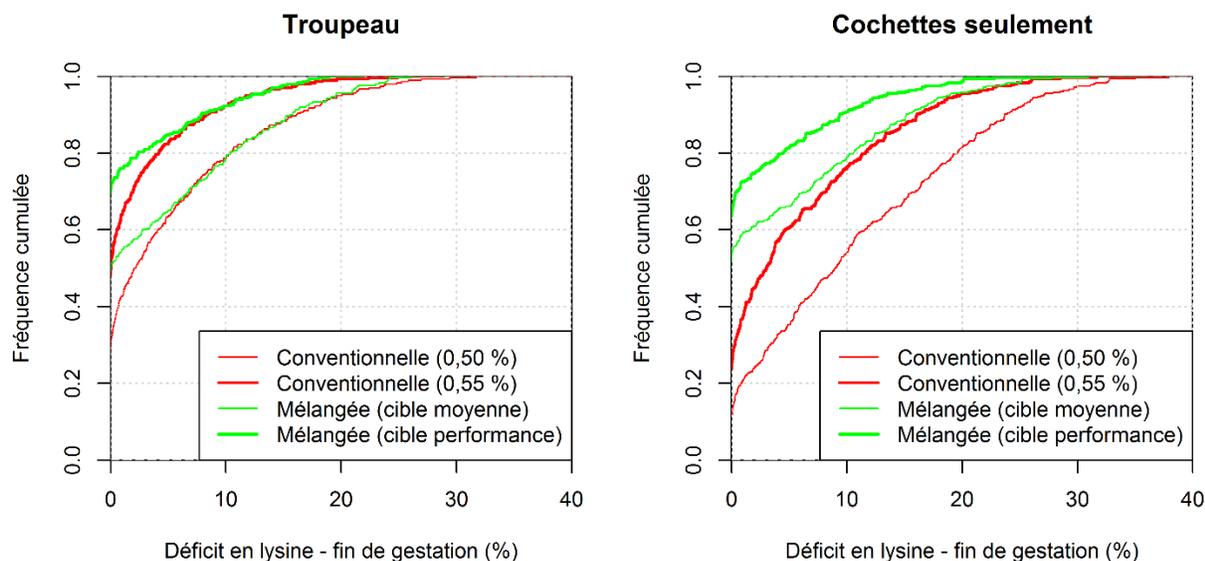


Figure 9. Distribution cumulative empirique du déficit en lysine en fin de gestation (jours 91-110) pour quatre scénarios testés. Gauche : Déficit calculé sur un troupeau fictif de 300 truies. Droite : Déficit calculé sur les 357 cochettes des données de référence. Pour les scénarios d'alimentation de précision des deux graphes (courbes vertes), l'information recueillie est minimale (Section 3.4.2) et les aliments A et B sont à 0,65 et 0,35 % en lysine respectivement.

Ces résultats individuels amènent de nouvelles informations :

- Pour des déficits en fin de gestation plus grands que 5 %, la distribution cumulative empirique calculée sur le troupeau est similaire pour les deux paires de scénarios suivants :
  - Alimentation conventionnelle avec taux de lysine 0,50 % et alimentation de précision avec cible moyenne;
  - Alimentation conventionnelle avec taux de lysine 0,55 % et alimentation de précision avec cible performante;
- Pour les scénarios d'alimentation de précision, les distributions sont sensiblement les mêmes pour le troupeau fictif et les cochettes;
- Pour les cochettes, les déficits individuels pour les scénarios d'alimentation de précision sont plus petits que ceux pour les scénarios d'alimentation conventionnelle pour l'ensemble des quantiles.

## 5 Discussion

### 5.1 Scénarios d'alimentation retenus

Suite aux résultats obtenus, le nombre de scénarios d'alimentation potentiellement intéressant en ferme a été restreint à quatre. Les deux scénarios d'alimentation conventionnelle ont été retenus. Celui avec l'aliment à 0,50 % de lysine est moins dispendieux et mène à moins de surplus en lysine alors que l'aliment à 0,55 % de lysine permet de réduire les déficits en lysine. Pour l'alimentation de précision, les éléments suivants ont été considérés :

- L'information recueillie (Section 3.4.2) n'a pratiquement pas d'impact sur les critères évalués; il ne vaut donc pas la peine de retenir les scénarios avec information complète; seuls les scénarios avec information minimale, c'est-à-dire une courbe d'alimentation par rang de portée, sont retenus;
- Pour la truie ciblée (Section 3.4.2), chacune des deux modalités a ses forces : cibler la truie moyenne permet de sauver des coûts et de produire moins de surplus alors que cibler la truie performante permet de réduire le déficit en lysine;
- Les deux aliments *A* donnent sensiblement les mêmes résultats, mais celui à 0,65 % en lysine est toujours légèrement moins dispendieux avec les contextes de prix considérés; seul l'aliment *A* à 0,65 % est retenu;
- Les trois aliments *B* donnent sensiblement les mêmes coûts; la principale différence est durant les jours 36 à 90 où l'aliment à 0,45 % en lysine agit en quelque sorte comme un facteur de sécurité en limitant légèrement les déficits en lysine (jusqu'à 2 % de diminution par rapport à l'aliment à 0,35 %), mais il mène du même coup à une augmentation du surplus (10 à 13 % par rapport à l'aliment à 0,35 %); comme les déficits en milieu de gestation sont faibles et ont moins d'importance sur les performances que les déficits en fin de gestation, seul l'aliment *B* à 0,35 % en lysine a été retenu.

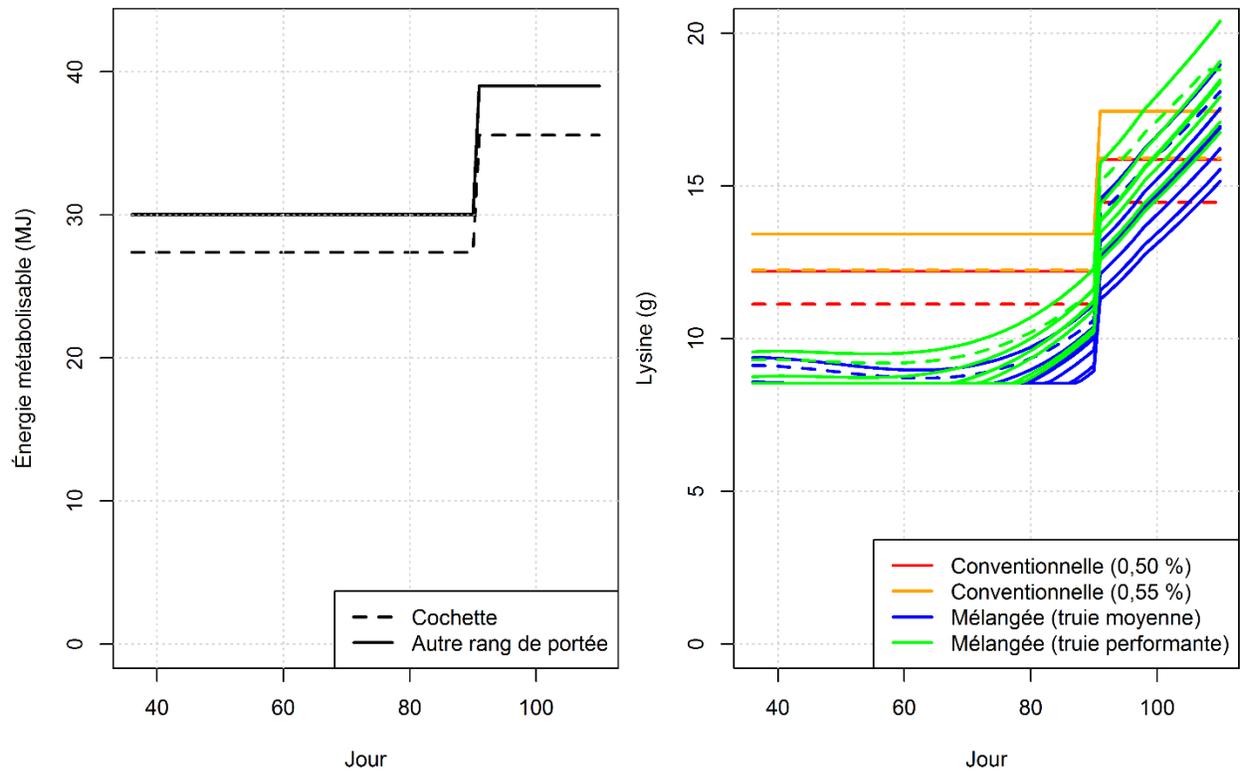


Figure 10. Gauche : Apport en énergie par rang de portée, identique pour les quatre scénarios retenus. Droite : Apport en lysine par rang de portée pour les quatre scénarios retenus. Les lignes pointillées représentent les cochettes.

Ainsi, deux scénarios d'alimentation de précision ont été retenus, soit avec truies cibles moyenne et performante, toutes deux avec information minimale (une courbe d'alimentation par rang de portée), aliment A à 0,65 % et aliment B à 0,35 % en lysine. La Figure 10 illustre les apports en énergie et en lysine des quatre scénarios retenus et le Tableau 5 synthétise leur performance selon les critères économique, nutritionnel et environnemental. Une nouvelle variable économique apparaît dans le Tableau 5, soit le coût de l'alimentation en supposant que les traitements alimentaires sont appliqués dès la saillie (J1-110). Appliquer l'alimentation de précision durant les 35 premiers jours permettrait d'économiser de 0,50 \$ à près de 3 \$ supplémentaires par truie par année par rapport à l'alimentation conventionnelle.

Tableau 5. Sommaire de la performance des quatre scénarios retenus. Pour chaque variable de performance, le meilleur scénario est en gras.

Scénario d'alimentation	Coût (\$/truite x an)						Déficit en lysine (%)		Surplus en lysine (%)
	Avril 2016		Septembre 2016		Mars 2017		J36-110	J91-110	J36-J110
	J36-110	J1-110	J36-110	J1-110	J36-110	J1-110	J36-110	J91-110	J36-J110
Conventionnel (0,50 % en lysine)	110,33	158,00	<b>104,60</b>	<b>149,79</b>	108,93	156,00	2,1	5,3	32,2
Conventionnel (0,55 % en lysine)	112,98	161,80	106,81	152,96	112,20	160,69	<b>0,9</b>	2,4	44,0
Mélangé (cible moyenne)	<b>108,62</b>	<b>154,67</b>	105,17	149,82	<b>108,83</b>	<b>154,94</b>	3,9	4,8	<b>9,8</b>
Mélangé (cible performante)	109,66	155,73	106,11	150,78	109,90	156,03	1,9	<b>1,9</b>	14,4

À ce stade, il est difficile de conclure de manière objective lequel de ces quatre scénarios est le meilleur. Les trois critères n'ont pas tous les mêmes unités et n'ont pas tous le même impact pour la truie et le producteur. Pour les fins de comparaison, il serait pertinent d'exprimer les déficits et les surplus en lysine en dollars par truie par année comme pour le coût de l'alimentation. Pour le déficit en lysine, cela passe par l'évaluation de l'impact des scénarios alimentaires sur les performances à court terme (poids moyen du porcelet né et gain de poids moyen des porcelets en lactation) et à long terme (longévité de la truie) et le calcul de l'impact économique des variations pour chacune de ces variables. La prochaine partie du présent projet vise à évaluer par un essai en ferme commerciale l'impact de l'alimentation de précision sur les performances à court terme de la truie. Au terme de cette activité, il sera possible d'estimer plus précisément le potentiel de gain de l'alimentation de précision pour le producteur, soit par la somme de la réduction potentielle des coûts d'alimentation (estimée dans le présent rapport) et des revenus supplémentaires potentiels liés à l'amélioration de la performance, le cas échéant.

Pour le critère environnemental, la conversion du surplus en lysine en dollars par truie par année est plus complexe. Le gain économique potentiel pour le producteur d'une réduction du surplus n'est pas direct. Les bienfaits potentiels sont surtout collectifs, que ce soit par la réduction d'émissions de gaz à effet de serre et par la réduction des problèmes d'odeurs.

## 5.2 Portée des résultats

Avant d'étendre les constats à d'autres contextes d'applications, il faut prendre connaissance des facteurs permettant de le faire ou pouvant limiter la portée des résultats.

Premièrement, les résultats obtenus dépendent des données utilisées (Section 3.2). Un grand nombre de gestations étaient disponibles, mais elles ne sont pas nécessairement représentatives de l'ensemble des maternités. Les gestations provenaient de truies ayant toutes la même génétique; les résultats pourraient varier pour des génétiques différentes. Également, certaines informations, principalement relatives à l'alimentation, n'étaient pas disponibles et ont dû être estimées. Cette absence d'information et, dans une moindre mesure, de possibles erreurs de mesures ajoutent de l'incertitude sur les besoins à estimer. Dans certains cas, cette incertitude a pu mener à des valeurs de besoins invraisemblables, qui mènent à des valeurs loin de ce qui est attendu pour les coefficients d'ajustement du modèle et ainsi au rejet de la gestation (Section 3.3.1). Dans d'autres cas, l'incertitude a pu mener à des valeurs de besoins vraisemblables, mais tout de même plus loin du besoin moyen que le besoin réel. Ainsi, les distributions des besoins et déficits individuels simulés sont, selon toute vraisemblance, plus étendues que les distributions réelles. Il en résulte une probable surestimation des déficits et des apports simulés pour la truie performante. L'impact de l'incertitude sur les besoins et déficits moyens devrait être plus limité. Il est à noter que la plupart des informations nécessaires aux simulations étaient connues et l'avis d'experts a été mis à contribution pour les informations manquantes afin de limiter l'impact de l'incertitude.

Deuxièmement, le modèle lui-même représente une source d'incertitude. Tout modèle, aussi complexe soit-il, est une représentation simplifiée de processus réels et INRAporc<sup>®</sup> n'y fait pas exception. Cette simplification pourrait mener à un biais systématique sur les besoins. Bien que rien n'indique que le modèle INRAporc<sup>®</sup> soit biaisé, il est conseillé pour l'essai en ferme de se baser sur des données observées et sur des pratiques déjà appliquées en ferme pour tout ce qui n'est pas lié au besoin relatif en lysine, dont l'estimation était la principale raison de l'application du modèle INRAporc<sup>®</sup>. La simplification des processus par le modèle peut aussi augmenter l'incertitude et avoir le même impact que l'incertitude sur les données d'entrée. Le fait d'avoir utilisé le modèle qui est la référence dans la littérature et d'avoir pu compter sur l'expertise du chercheur principal ayant développé le modèle a certainement permis de limiter les risques de mauvaise interprétation des résultats.

Troisièmement, l'impact de l'alimentation de précision sur le coût de l'aliment est extrêmement variable selon le contexte de prix et l'entreprise faisant la formulation. Dans ce rapport, des ingrédients ont été formulés à trois reprises dans un intervalle de 13 mois par la même entreprise. Les résultats économiques présentés sont des représentations de cas actuels et réalistes, mais l'impact exact par truie par année variera constamment dans le temps et d'une entreprise à l'autre. Tel que mentionné, un prochain rapport analysera l'impact sur le coût d'alimentation de l'alimentation de précision sur une plus longue période.

En somme, les valeurs obtenues peuvent varier selon le contexte, mais certains constats sont robustes, en supposant une application adéquate de l'alimentation de précision :

- Si la truie ciblée en alimentation de précision est bien choisie et si elle mène à un déficit en fin de gestation égal à celui de l'alimentation conventionnelle, le coût de l'alimentation de précision devrait être substantiellement plus bas;

- De même, si des scénarios d'alimentations conventionnelle et de précision arrivent au même coût, le déficit en lysine devrait substantiellement être plus petit pour l'alimentation de précision; l'impact sur les performances reste à déterminer;
- L'impact de l'alimentation de précision devrait être plus grand pour les cochettes;
- Les rejets d'azote, liés au surplus en lysine, devraient être inférieurs avec l'alimentation de précision.

## 6 Conclusion

Le principal objectif de ce rapport était d'évaluer par simulation l'impact de l'alimentation de précision sur le coût d'alimentation des truies en gestation. Le modèle d'estimation INRAporc® (Dourmad *et al.*, 2008, 2013) a été retenu pour les analyses.

Les résultats montrent que l'alimentation de précision permet de mieux cibler les besoins en lysine en fin de gestation. Pour un troupeau, si l'alimentation conventionnelle est ajustée pour obtenir des apports en lysine en fin de gestation équivalents à ceux de l'alimentation de précision, l'alimentation conventionnelle coûte généralement plus cher que l'alimentation de précision pour les contextes de prix actuels analysés. Pour les cochettes, aucun scénario d'alimentation conventionnelle n'a permis de subvenir aux besoins en lysine aussi bien que les scénarios d'alimentation de précision.

De plus, en alimentant à des taux différents en lysine selon le rang de portée, il a été possible d'obtenir des apports équivalents que l'on tienne compte du poids et du P2 à la saillie ou non. Ces résultats suggèrent qu'il n'est pas nécessaire d'augmenter le nombre de mesures habituellement prises à la ferme lorsqu'on veut cibler les besoins en lysine avec l'alimentation de précision.

En outre, l'alimentation de précision permet de réduire substantiellement les surplus en lysine, ce qui peut potentiellement mener à une réduction des émissions de gaz à effet de serre et des problèmes d'odeurs. Ainsi, la cohabitation pourrait être facilitée, ce qui peut représenter un avantage économique indirect pour l'alimentation de précision.

Au final, quatre scénarios, deux chacun pour les stratégies d'alimentation conventionnelle et de précision, ont été retenus. Chacun de ces scénarios présentent des forces, soit un faible coût d'alimentation ou un meilleur apport en lysine en fin de gestation. À ce stade, le choix du meilleur scénario ne peut être effectué puisqu'il dépend de l'impact réel du déficit en lysine sur les performances. Un essai en ferme est actuellement en cours dans le cadre de ce projet afin d'évaluer cet impact. Il est attendu qu'un meilleur apport en lysine en fin de gestation pourrait avantager notamment le poids moyen des porcelets nés. Si un tel avantage était démontré à l'essai en ferme, cela s'ajouterait aux bienfaits de l'alimentation de précision.

## Références

- Ball, R.O., Samuel, R.S. et S. Moehn. 2008. Nutrient requirement of prolific sows. *Advances in Pork Production*, 19 : 223-236.
- Bussièrè, D. et D. Boyaud. 2013. Les tendances actuelles et futures en nutrition des truies, Déjeuner AQAZ, 19 novembre.
- Conseil national pour les soins aux animaux d'élevage (CNSAE). 2014. Code de pratiques pour le soin et la manipulation des porcs. [En ligne] [https://www.nfacc.ca/pdfs/codes/porcs\\_code\\_de\\_pratiques.pdf](https://www.nfacc.ca/pdfs/codes/porcs_code_de_pratiques.pdf) (Consulté le 4 avril 2017).
- Dourmad, J.Y., Van Milgen, J., Valancogne, A., Dubois, S., Brossard, L. et J. Noblet. 2013. Modeling nutrient utilization in sows, a way towards the optimization of nutritional supplies. *International Symposium : Modelling in pig and poultry production*, 18-20 June, Jaboticabal, Sao Paulo, Brésil.
- Dourmad, J.Y., Étienne, M., Valancogne, A., Dubois, S., Van Milgen J. et J. Noblet. 2008. InraPorc : A model and decision support tool for the nutrition of sows. *Animal Feed Science and Technology*, 143(1-4) : 372-386.
- Dourmad, J.Y. et M. Etienne. 2002. Dietary lysine and threonine requirements of the pregnant sow estimated by nitrogen balance. *Journal of Animal Science*, 80 : 2144–2150.
- Dourmad, J.Y., Etienne, M., Prunier, A. et J. Noblet. 1994. The effect of energy and protein intake of sows on their longevity: A review. *Livestock Production Science*, 40(2) : 87-97.
- Everts, H., 1994. Nitrogen and energy metabolism of sows during several reproductive cycles in relation to nitrogen intake. Ph.D. thesis, Wageningen Agricultural University, The Netherlands
- Levesque, C.L., Moehn, S., Pencharz, P.B. et R.O. Ball. 2011. The Threonine requirement of sows increases in late gestation. *Journal of Animal Science*, 89(1) : 93-102.
- McPherson, R.L., Ji, F., Wu, G., Blanton, J.R. et S.W. Kim. 2004. Growth and compositional changes of fetal tissues in pigs. *Journal of Animal Science*, 82 : 2534-2540.
- National Research Council (NRC). 2012. Models for estimating nutrient requirements of swine. Dans: *Nutrient requirement of swine*. 11th revised edition. Washington: National Academy Press, pp. 127-156.
- Pettigrew, J.E. et H. Yang. 1997. Protein nutrition of gestating sows. *Journal of Animal Science*, 75(10) : 2723-2730.

Pomar, C., Pomar, J., Rivest, J., Cloutier, L., Letourneau-Montminy, M.P., Andretta, I. et L. Hauschild. 2015. Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs : towards a new definition of nutrient requirements? In Nutritional modelling for pigs and poultry Eds. NK Sakomura, R Gous, I Kyriazakis and L Hauschild), pp. 157-174. CAB International, Wallingford, UK.

Pomar, C. 2013. Repenser l'alimentation des truies. Impact d'une alimentation multiphase, Déjeuner AQAZ, 19 novembre.



Centre de développement du porc du Québec inc.  
Place de la Cité, tour Belle Cour  
2590, boulevard Laurier, bureau 450  
Québec (Québec) G1V 4M6

☎ 418 650-2440 • 📠 418 650-1626

[cdpq@cdpq.ca](mailto:cdpq@cdpq.ca) • [www.cdpq.ca](http://www.cdpq.ca)

 @cdpqinc

