



HAL
open science

Évaluation des performances environnementales d'élevages porcins de demain

Sandrine Espagnol, Nadine Guingand, Yvonnick Rousselière, Pascal Levasseur,
Valérie Courboulay, Laurent Alibert, Christine Roguet, Christophe Durand

► **To cite this version:**

Sandrine Espagnol, Nadine Guingand, Yvonnick Rousselière, Pascal Levasseur, Valérie Courboulay, et al.. Évaluation des performances environnementales d'élevages porcins de demain. 54es Journées de la Recherche Porcine, Ifip; Inrae, Feb 2022, en ligne, France. pp.239-244. hal-03752039

HAL Id: hal-03752039

<https://hal.inrae.fr/hal-03752039>

Submitted on 16 Aug 2022

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

Évaluation des performances environnementales d'élevages porcins de demain

Sandrine ESPAGNOL (1), Nadine GUINGAND (1), Yvonnick ROUSSELIERE (1), Pascal LEVASSEUR (1), Valérie COURBOULAY (1), Laurent ALIBERT (1), Christine ROGUET (1), Christophe DURAND (2)

(1) IFIP-Institut du Porc, La Motte au Vicomte, 35360 Le Rheu, France

(2) Midiporc, 2 Allée Brisebois, Auzeville Tolosan, 31322 Castanet-Tolosan, France

sandrine.espagnol@ifip.asso.fr

Évaluation des performances environnementales d'élevages porcins de demain

La filière porcine d'Occitanie a construit, avec des experts et des parties prenantes, des modèles d'élevage pour demain, répondant notamment à des enjeux de bien-être animal et d'impacts environnementaux. La conception des bâtiments intègre, du grand volume en lumière naturelle, des zones de vie différenciées selon les besoins des porcs, une surface plus grande par animal, des matériaux manipulables organiques, la liberté de déplacement des animaux, l'accès à une courette pour les porcs à l'engrais, l'utilisation de ressources alimentaires non associées à la déforestation, des équipements réduisant les émissions gazeuses et les consommations d'énergie, et une production d'énergie renouvelable. Différents prototypes sont construits et évalués par modélisation concernant, les impacts de la production des aliments, les consommations d'énergie de l'élevage, et les émissions gazeuses (NH₃ et GES) de la gestion des effluents. Pour ces dernières, des facteurs d'émissions de la bibliographie sont appliqués aux excréments, ventilés entre les zones de vie, suivant deux hypothèses : une première d'utilisation appropriée des zones de vie par les porcs et une version dégradée où des déjections se font en partie sur les zones de repos. Les résultats montrent une conciliation possible des enjeux bien-être et environnement, avec des améliorations environnementales par rapport à des élevages conventionnels, à l'exception des émissions de GES qui sont augmentées dans le cas d'une utilisation de litière accumulée pour les truies en gestation. Les performances environnementales sont également fragilisées avec des émissions de NH₃ augmentées en cas de déjections sur les zones de repos. Il en ressort que les performances environnementales de ces élevages seront globalement fortement dépendantes de la gestion de l'ambiance et des matériaux manipulables conditionnant la bonne appropriation des porcs. Des mesures terrain s'avèrent nécessaires pour acquérir des références.

Environmental assessment of pig farms for the future

With the help of experts and stakeholders, the pig industry in southwestern France has built models of pig farms for the future that address animal welfare and environmental issues in particular. The design of buildings includes large open spaces with natural daylight, several housing areas adapted to pig needs, more surface area per animal, use of organic enrichments, freedom of movement for animals, access to a yard for fattening pigs, feed with ingredients not related to deforestation, equipment to reduce gaseous emissions and energy consumption, and production of renewable energy. Several prototypes have been built, and their impacts of feed production, energy consumption and gaseous emissions (NH₃, GHG) of the pig unit were assessed. To estimate gaseous emissions, emissions factors from the literature were applied to animal excretions, which were allocated among floor types based on one of two assumptions: pigs excreted mainly in an area designed for it, or pigs excreted partly in resting areas. Results showed the potential of prototypes to reconcile welfare and environmental issues, with lower environmental impacts than those of conventional pig units, except for the prototype with some gestating sows in deep litter (increased GHG emissions). Performances were also lower due to increased NH₃ emissions if pigs excreted in resting areas. This study illustrates that environmental performances of such pig units depend greatly on managing the indoor climate and organic enrichment to that pigs use them. Field observations and measurements will be necessary to obtain reference values.

INTRODUCTION

La question du modèle d'élevage porcin pour demain se pose et Midiporc (l'Interprofession Porcine d'Occitanie), accompagné de l'IFIP sur les aspects techniques, a cherché à y répondre avec les acteurs de la filière d'Occitanie. L'objectif était de trouver un modèle répondant à la fois aux attentes des éleveurs, de la filière, des consommateurs et des citoyens, et également aux évolutions réglementaires. Les éleveurs et la filière souhaitaient des modes d'élevage maintenant le tissu humain et économique tout en accroissant l'attrait, la durabilité et la résilience des exploitations porcines. Leur demande allait vers le maintien d'acquis comme les performances techniques et la sécurité sanitaire, avec un souhait d'amélioration sur l'ergonomie du travail, la prise en compte du bien-être des animaux et la réduction des incidences environnementales. Les attentes sociétales convergeaient sur l'importance des enjeux environnement, bien-être animal et sécurité sanitaire mais s'exprimaient également sur les moyens, avec l'arrêt de certaines pratiques d'élevage (castration, coupe de queue...) et le souhait d'un accès au plein air pour les animaux (Roguet *et al.*, 2020).

Dans ce contexte, des modèles d'élevage ont été imaginés, déclinés en versions techniques et évalués du point de vue de leurs performances environnementales.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Construction de modèles d'élevage de demain

Une démarche de co-design a été menée par Midiporc avec une animation confiée à l'agence de communication ICOM. Une douzaine d'éleveurs volontaires y ont participé ainsi que des interlocuteurs de la filière, des conseillers de Chambre d'Agriculture et des consommateurs. À l'issue de six rencontres organisées sous forme d'ateliers itératifs, des lignes directrices ont émergé. Les attentes sur le bien-être animal se traduisent par des bâtiments grand volume avec lumière naturelle, des zones de vie répondant aux besoins des porcs (alimentation et activité, repos, excrétion), l'accès à des matériaux manipulables organiques, des surfaces par animal augmentées par rapport aux standards actuels d'élevage conventionnel, des maternités « liberté » et un accès à l'air libre au cours de la croissance des porcs. Les enjeux environnementaux sont pris en compte avec l'utilisation de ressources alimentaires non associées à la déforestation, une maîtrise des émissions gazeuses et des

consommations d'énergie, et une production d'énergie renouvelable.

Sur la base de ces principes, l'IFIP a décliné à dire d'experts des prototypes d'élevage. Chacun est une combinaison de leviers techniques compatibles dont les principales caractéristiques sont précisées dans le tableau 1. Des leviers sont spécifiques du bien-être animal et d'autres de l'environnement. Deux versions de salle de verraterie et de maternité sont prises en compte avec une évacuation gravitaire des lisiers (V1 et M1) ou du lisier flottant (V2 et M2). Deux options structurelles, « DAC » et « réfectoire », sont considérées pour les truies gestantes, avec des râteliers de paille pour l'option « DAC » (G1) et de la paille raclée (G2) ou accumulée (G3) sur une zone de gisoir pour l'option « réfectoire ». Six versions de post-sevrage (PS) sont retenues croisant deux modalités d'apport de matériaux manipulables (paille ou rondin), deux modalités d'évacuation des effluents (lisier flottant ou raclage en V), et deux destinations possibles des effluents en cas de raclage (fosse couverte ou méthanisation) : râtelier et lisier flottant (PS1), rondin et lisier flottant (PS2), râtelier et raclage en V, avec destination en fosse couverte (PS3), ou en méthanisation (PS4), et rondins avec raclage en V suivi, d'un stockage en fosse couverte (PS5), ou d'une méthanisation (PS6). En engraissement, le bâtiment est divisé en deux zones de vie intérieure et extérieure : deux options structurelles sont configurées. L'option 1 est un bâtiment avec 1/3 de la zone de vie en intérieure sur gisoir plein et 2/3 sur une courette extérieure. Quatre versions sont prises en compte, croisant deux versions de courette extérieure (caillebotis intégral ou partiel) et deux destinations des effluents issus du raclage (fosse couverte ou méthanisation) : courette sur caillebotis intégral et destination des effluents en fosse couverte (E1) ou en méthanisation (E2), et courette avec caillebotis partiel et fosse couverte pour le stockage (E3) ou méthanisation (E4). L'option 2 inverse les proportions avec une partie bâtiment sur 2/3 de la zone de vie et une partie courette extérieure pour 1/3. Six versions résultent de la combinaison de modalités d'évacuation des effluents en bâtiment, de types de sol sur la partie courette, et de destination des effluents en cas de raclage en V :

- lisier flottant, courette sur gisoir plein (E5) ou caillebotis partiel (E6) ;
- raclage en V, courette sur gisoir plein, gestion extérieure des effluents en fosse couverte (E7) ou en méthanisation (E8)
- raclage en V, courette sur caillebotis partiel, gestion des effluents en fosse couverte (E9) ou en méthanisation (E10).

Tableau 1 – Description de l'élevage de demain avec les options (cellules gris foncé) et sous-options (cellules gris clair), liées à des bonnes pratiques dédiées au bien-être animal (*en italique*) et à l'environnement (**en gras**)

Stades physiologiques	Verraterie	Gestantes		Maternité	Post-sevrage	Engraissement			
		Option 1	Option 2			Option 1		Option 2	
Type bâtiment	BF	BF		BF	BF	$\frac{1}{3}$ BF	$\frac{2}{3}$ C	$\frac{2}{3}$ BF	$\frac{1}{3}$ C
Surface (m ² /animal)	2,25	2,25	3,37	6,76	0,4	1,5		1,5	
Types sol	CI	CI&GP	CI&GP	CI	CI	GP	CI / CI&GP	CI	GP / CI&GP
Matériaux manipulables	<i>Ra</i>	<i>Ra</i>	<i>PR / PA</i>	<i>Ra</i>	<i>Ra / Ro</i>	<i>Ra / Ro</i>		<i>Ra / Ro</i>	<i>P</i>
Gestion animaux et équipements	<i>Groupe REF</i>	<i>Groupe DAC</i>	<i>Groupe REF</i>	<i>Case liberté</i>	<i>Niche</i>				<i>Niche</i>
Gestion air	Ventilation	dyn.	dyn.	dyn.	dyn.	stat.	stat.	dyn.	stat.
	Lavage air	oui	oui	oui	oui	non	non	oui	non
Gestion effluents	Bâtiment	G / LF	LF	LF & R	G LF	LF / RV		RV	
	Stockage	FC	FC	FC	FC	FC / M		M	
	Épandage	Pendillard							

Signes utilisés : types bâtiment (BF : bâtiment fermé ; C : courette extérieure), types de sol (CI : caillebotis intégral ; GP : gisoir plein), matériaux (Ra : râtelier à paille ; Ro : rondins de bois), gestion de la paille (PR : raclée ; PA : accumulée), gestion des animaux (REF : réfectoire ; DAC : distribution automatique de concentrés), gestion de l'air (dyn : dynamique ; stat : statique), gestion des effluents (G : gravitaire ; LF : lisier flottant ; RV : raclage en V ; R : raclage ; FC : fosse couverte ; M : méthanisation)

1.2. Évaluation des performances environnementales

L'évaluation des performances est réalisée par modélisation et concerne exclusivement l'environnement. L'intérêt vis-à-vis du bien-être se mesure davantage à ce stade par la liste des bonnes pratiques mises en œuvre dans la construction technique (Tableau 1). Les performances environnementales sont estimées sur trois postes : la production des aliments, les émissions gazeuses directes de l'élevage liées à la gestion des effluents (ammoniac et gaz à effet de serre), et les consommations d'énergie directes. Pour la quantification des flux, un élevage naisseur-engraisseur de 225 truies a été pris en compte avec 176 places en verrerie-gestante, 52 en maternité, 1 008 en post-sevrage et 2 016 en engraissement.

1.2.1. Alimentation des animaux

Une alimentation biphasée est retenue pour les truies et les porcelets en post-sevrage, et triphasée pour l'engraissement. Les aliments sont formulés avec une basse teneur en protéines et l'utilisation de phytases afin de réduire les excréments azotés et phosphorés des animaux (Tableau 2). Ils sont fabriqués à la ferme (FAF), avec une utilisation de céréales produites localement (blé, orge et maïs), à l'exception de l'aliment 1^{er} âge qui est acheté. Une utilisation de sources de protéines non associées à la déforestation est prise en compte en substitution du tourteau de soja brésilien, avec soit une utilisation de soja expeller régional soit une importation de tourteau de soja garanti sans OGM et sans déforestation.

Tableau 2 – Caractéristiques des aliments

(kg/t)	G	M	PS2	N	C	F
Céréales	857	761	734	782	786	818
Tt. Tournesol	109	150	150	150	150	150
Tt. soja expeller		46	72	28	30	
CMV	31,8	34,9	30,1	26,7	26,1	25,2
Acides aminés	2,2	8,1	13,9	13,4	8,0	6,9
Protéines (g/kg)	128	150	170	145	142	131
EN (MJ/kg)	9,2	9,8	9,4	9,9	9,9	9,9
Lys.dig. (g/kg)	5,05	8,82	11,28	9,92	8,41	7,43

G : gestantes ; M : maternité ; PS2 : post-sevrage 2^{ème} âge ; N : nourrain ; C : croissance ; F : finition. EN : Énergie nette ; Lys.dig : lysine digestible

1.2.2. Performances et excrétion des animaux

Les performances techniques des animaux sont celles de la GTE 2016 réactualisées pour 2019 à partir des tendances d'évolution observées dans l'intervalle (Badouard, 2021, communication personnelle). Sur la base de l'alimentation et des performances techniques des animaux, les excréments d'azote sont calculés avec les équations de Dourmad *et al.* (2015) en considérant une répartition entre une fraction urinaire et une fraction fèces ; l'excrétion de matière organique est calculée par celles du Tier 2 de l'IPCC (2019).

Deux hypothèses de localisation des déjections sont considérées selon l'appropriation effective des différentes zones de vie par les porcs en engraissement et les truies gestantes : une hypothèse *h+* avec 90% des déjections (urines et fèces) dans les zones dédiées ; une hypothèse dégradée *h-* avec 60% des urines et 80% des fèces dans ces zones. Pour *h+* et *h-*, les fractions restantes des effluents sont réparties de façon équivalente entre les autres types de sol.

1.2.3. Impacts environnementaux des aliments

Les impacts environnementaux des aliments sont estimés à partir des formulations des aliments, des quantités consommées et des impacts de chaque matière première donnés par ECOALIM v7 (Wilfart *et al.*, 2016) pour les impacts sur le changement climatique (ILCD), l'acidification (CML) et la

consommation d'énergie non renouvelable (CED1.8).

1.2.4. Émissions gazeuses de la gestion des effluents

Les émissions gazeuses calculées concernent l'ammoniac (NH₃) et les gaz à effet de serre (GES), protoxyde d'azote (N₂O) et méthane (CH₄), exprimés en équivalent CO₂, tout au long de la gestion des effluents (bâtiment, stockage et épandage). Afin de prendre en compte les types de sol et modalités de gestion des effluents, des facteurs d'émission (en % de l'azote total, de l'azote ammoniacal ou de la matière organique excrétée(e)) et d'abattement spécifiques (en % de réduction) proviennent de la bibliographie.

Les facteurs d'émissions de NH₃ proviennent du Tier 2 de l'EMEP (2019). Les émissions peuvent être réduites via des coefficients d'abattement publiés par le RMT élevages et environnement (2019) qui sont, au bâtiment, de 25% avec du lisier flottant et de 45% avec du raclage en V, au stockage de 80% avec une couverture de fosse et à l'épandage de 60% avec un épandage des lisiers avec pendillard. En cas de lisier flottant combiné avec des râteliers de paille en bâtiment, une réduction de 10% supplémentaire est prise en compte, conformément aux résultats de Guingand et Courboulay (2019). Pour le sol avec paille raclée vs paille accumulée, une augmentation de 10% est prise en compte suivant les résultats de Philippe *et al.* (2012).

Les facteurs d'émissions CH₄ proviennent essentiellement de l'IPCC Tier2 (2019) en répartissant une fraction émise au bâtiment et une fraction émise au stockage au prorata du temps respectif passé (1/3 au bâtiment pour les itinéraires avec stockage des effluents sous les animaux pendant l'engraissement ou 1/5 au bâtiment en cas de litière raclée). Le bâtiment et le stockage sont respectivement considérés à 22°C et 12°C en moyenne sur l'année. Spécifiquement pour le raclage en V en engraissement, le facteur d'émission de Lagadec *et al.* (2019) de 1,95 g CH₄/j/animal est utilisé. Des facteurs d'abattement sont pris en compte, de 50% pour le bâtiment avec du raclage en V en post-sevrage, et de 95% pour l'étape méthanisation (vs un stockage en fosse) en se basant sur les résultats de Espagnol *et al.* (2019). Aucune émission de CH₄ n'est considérée à l'épandage des effluents.

Les facteurs d'émissions de N₂O proviennent pour la partie bâtiment sur lisier de Philippe et Nicks (2015) et pour les autres types de sol du bâtiment (gisoir plein nu ou avec litière) de l'IPCC Tier2 (2019). Un abattement de 60% est considéré pour la litière raclée vs accumulée suivant les résultats de Philippe *et al.* (2012). Un abattement de 50% est également considéré en cas de raclage en V d'après les résultats de Landrain *et al.* (2009). Pour le stockage en fosse couverte et l'épandage les facteurs utilisés sont ceux de l'IPCC Tier 2 (2019). Les émissions N₂O sont négligées pour le poste méthanisation.

1.2.5. Consommation et production d'énergie

Les performances énergétiques de l'élevage de demain sont considérées au regard de consommations de référence en y appliquant des économies permises par les bonnes pratiques (IFIP, 2013). Pour le photovoltaïque, une installation de 200 m² est prise en compte. Seules les consommations d'énergie en bâtiment sont considérées dans les calculs ; l'unité FAF et l'éventuelle méthanisation ne sont pas prises en compte.

1.2.6. Élevages de référence

Les performances environnementales des élevages de demain sont comparées à celles d'élevages de référence en production conventionnelle. Des aliments représentatifs des pratiques actuelles de fabrication à la ferme sont pris en compte avec

respectivement pour les truies et l'engraissement, 82-79% de céréales, 10-13% de tourteau de tournesol décortiqué et 4,2-5,5% de tourteau de soja importé. Les performances techniques des animaux, ainsi que leurs excréments (N et MO) sont considérées identiques à celles de l'élevage de demain. Deux références sont prises en compte : sans bonne pratique (Ref), et en combinant du lavage d'air pour réduire les émissions de NH₃ avec une couverture psychrophile au stockage pour réduire les émissions de GES (Ref env+). Les consommations d'énergie directes de référence considérées sont de respectivement 160, 900, 85 et 40 kWh/place/an pour la gestante, la maternité, le post-sevrage et l'engraissement (IFIP, 2013).

2. RESULTATS

2.1.1. Excrétion des animaux

L'excrétion azotée de l'élevage est de 25 038 kg N par an, soit 13% de moins qu'une excrétion standard calculée avec les références de Dourmad *et al.* (2015), respectivement de 20,3 kg N/truie, 0,55 kg N/porcelets en PS et 3,80 kg N/porc charcutier de 121 kg. L'azote urinaire (TAN) représente 17 699 kg, soit 71% de l'azote total. L'excrétion de matière organique (MO) est de 282 317 kg VS par an. Ces excréments sont identiques pour les deux stratégies d'alimentation testées car les caractéristiques nutritionnelles des aliments, sont également identiques.

2.1.2. Impacts liés à la production des aliments

Grâce à l'incorporation de sources de protéines non liées à la déforestation, l'impact des aliments sur le changement climatique est réduit de respectivement 7%, 15%, 19% et 11% par tonne d'aliment gestante, maternité, post-sevrage et engraissement, en comparaison à l'élevage de référence (Tableau 3). A l'échelle de l'élevage, en prenant en compte les quantités d'aliments consommés, cela fait une réduction annuelle de 108 t eqCO₂.

Tableau 3 – Impacts (moyenne et écart type entre les deux stratégies alimentaires) de la production des aliments et consommation d'énergie directe de l'élevage

Stades	Impacts ACV des aliments (/t)			Conso énergie, kWh/place
	CC, kg eqCO ₂	AC, molc H+	CE, MJ	
Gest.	368 (0)	8,68 (0)	2819 (0)	73,6
Mater.	425 (8,7)	10,21 (0,22)	4780 (68)	408,6
PS	471 (3,5)	9,63 (0,28)	5494 (70)	31,8
Eng.	424 (1,8)	10,93 (0,03)	4666 (3)	4 (opt1) 40-45 (opt2)

CC : changement climatique ; AC : acidification ; CE : consommation d'énergie fossile.

Les impacts acidification et consommation d'énergie des aliments de l'élevage de demain restent inchangés par rapport à l'élevage de référence (différence inférieure ou égale à 1%).

2.1.3. Consommation et production d'énergie sur l'élevage

Avec les bonnes pratiques de l'élevage de demain et en comparaison à l'élevage de référence, les consommations d'énergie (Tableau 3) sont réduites de respectivement 54%, 55%, 63% en verraterie-gestante, maternité et post-sevrage. Pour l'engraissement, l'option 1 permet une réduction de 90% contre 0% pour l'option 2. En effet, les économies sur la ventilation dues à la gaine centralisée de cette dernière sont annulées par le passage en surpression. La consommation d'énergie annuelle de l'élevage de demain s'élève à 74 320 kWh pour l'option 1 et 157 000 kWh pour l'option 2. Pour l'option 2, 200 m² de panneaux photovoltaïques permettent de produire environ 48 000 kWh/an, ce qui correspond à un taux

d'autoconsommation de 31% (fréquemment rencontré sur le terrain). Pour l'option 1 le taux sera le même mais avec moins de m² de panneaux. L'ensemble permet une réduction de pression environnementale sur les ressources en énergie fossile de respectivement 89% et 55% pour les options 1 et 2.

2.1.4. Émissions en ammoniac

Les postes d'émissions les plus importants sont le bâtiment et l'épandage (Figure 1). Les émissions lors du stockage sont fortement réduites du fait de l'utilisation d'une couverture des fosses extérieures ou d'une mobilisation des effluents dans une filière de méthanisation (dont les étapes de gestion des effluents se font dans des unités majoritairement couvertes). Les propositions d'élevage de demain ont toutes des émissions d'ammoniac identiques ou inférieures à celles de Ref env+ avec h+ pour tous les stades physiologiques. Les modalités qui émettent le moins pour les porcs en croissance sont celles qui combinent en bâtiment le raclage en V des effluents et le lavage d'air (cas des PS2, PS4, E7, E8, E9 et E10). Pour l'engraissement, toutes les modalités de l'option 2 avec 2/3 du logement des porcs en bâtiment (y compris le lisier flottant) sont moins émettrices que celles de l'option 1 avec 1/3 du logement en bâtiment. C'est la possibilité de lavage d'air dans l'option 2 qui fait la différence. Pour les truies gestantes, la version la moins émettrice est celle de l'option 2 en litière accumulée (G3) : la part d'azote des déjections excrétée dans la paille émet moins que sur du caillebotis et va se retrouver immobilisée pour le stockage (pas d'émission d'ammoniac). Pour les truies en verraterie et en maternité, les moindres émissions se font pour la version qui combine le lisier flottant et le lavage d'air ; pour ces animaux, il n'y a pas d'option de raclage en V.

Tableau 4 – Émissions gazeuses (moyenne et écart type entre les différentes versions d'élevage) de la gestion des effluents bâtiment – stockage – épandage (kg/place/an)

Stades	NH ₃	N ₂ O	CH ₄	eqCO ₂
Verrat.	1,11 (0,2)	0,07 (0)	3,45 (0)	116 (1)
Gest. h+	7,54 (0,13)	0,73 (0,13)	24,69 (1,21)	886 (68)
Gest. h-	9,48 (0,33)	1,16 (0,46)	23,86 (2,41)	976 (191)
Mater.	6,35 (0,8)	0,28 (0,01)	12,44 (0)	423 (2)
PS	0,61 (0,03)	0,06 (0)	2,29 (1,08)	79 (31)
Eng. h+	2,39 (0,15)	0,22 (0,02)	5,6 (3,94)	216 (116)
Eng. h-	3,09 (0,22)	0,25 (0,02)	5,6 (3,92)	224 (114)

Avec h- pour les porcs à l'engrais et les truies gestantes, les émissions de NH₃ des élevages de demain augmentent au-dessus des versions les plus élevées de l'hypothèse h+ et également de l'élevage Ref env+ (sauf pour G1). Pour autant, les émissions restent inférieures à Ref. En engraissement, la hiérarchie entre les options 1 et 2 reste la même avec h- et h+. Au sein de l'option 2, les émissions sont plus élevées dans les versions où la zone de repos est exclusivement en sol plein (vs sol plein + caillebotis) : le facteur d'émission de 53% de l'azote ammoniacal explique ce résultat. En gestante, les émissions deviennent plus importantes pour l'option 2 avec litière (G2 et G3). En effet, en cas d'hypothèse pessimiste, 40% des urines et 20% des fèces se font dans la partie litière, ce qui conduit à la formation d'un fumier qui émet davantage qu'un lisier lors du bâtiment et du stockage du fumier qui suit.

2.1.5. Émissions en gaz à effet de serre (GES)

Les émissions de GES des élevages de demain en verraterie, maternité, post sevrage et engraissement sont proches de celles de l'élevage Ref (figurées à 100%) pour les valeurs les plus élevées des diverses versions, ou inférieures de 30 à 50% par rapport à Ref env+ pour les valeurs les plus faibles des versions

d'élevage. Les versions pour lesquelles il y a une réduction sont celles avec du raclage en V au niveau du bâtiment suivi d'une méthanisation. En engraissement, les localisations des déjections des hypothèses h+ et h- ne montrent pas de différences concernant les émissions de GES.

Pour les gestantes, les émissions de GES sont supérieures à l'élevage Ref avec l'option2 (G2 et G3) : l'augmentation va jusque 10% en h+ et elle peut atteindre 61% en h-. Ceci est lié au fumier qui se forme lorsqu'une partie des déjections se fait au niveau de la zone paillée. Des processus de nitrification / dénitrification s'y opèrent et forment du protoxyde d'azote qui est un gaz à effet de serre avec un pouvoir de réchauffement global 298 supérieur à celui du dioxyde de carbone.

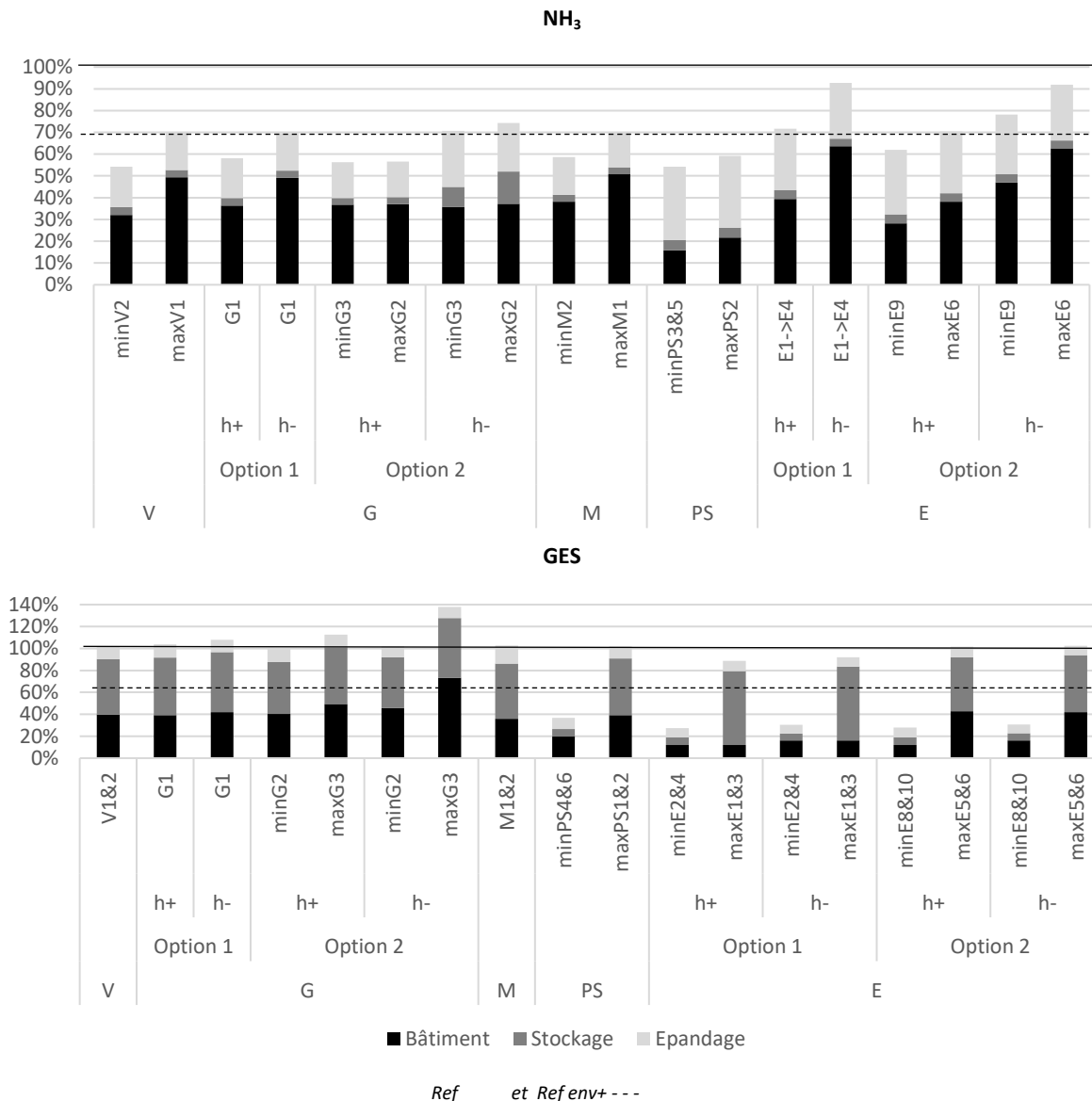


Figure 1 – Émissions gazeuses (NH₃ et GES) de la gestion des effluents des modèles d'élevage de demain (avec les versions min et max de chaque stade pour les hypothèses h+ et h-) en pourcentage de l'élevage de référence (Ref) sans bonnes pratiques

3. DISCUSSION

L'approche par modélisation des performances d'élevage de demain présente des limites.

En l'absence de données, les hypothèses de performances zootechniques des élevages de demain n'ont pas été modifiées par rapport aux élevages conventionnels actuels. Or il est possible que ce soit le cas. La question se pose essentiellement en engraissement, où les bâtiments sont ouverts vers l'extérieur et où les animaux disposent de deux fois plus de surface que dans un élevage standard ce qui peut jouer sur leur niveau d'activité et donc leur besoin énergétique journalier. Pour l'option 1 où la zone d'activité physique est à l'extérieur, le mode d'élevage pourrait se rapprocher d'une configuration en ventilation statique classique.

Il pourrait s'y opérer une dégradation des performances, du même ordre que celle observée entre les systèmes sur litière accumulée et les systèmes sur caillebotis : 0,16 point d'indice de consommation en plus en 2016 (source GTE IFIP). Dans l'option 2, seule la zone de repos donne sur l'extérieur. Les 2/3 de la surface de vie restent en ventilation dynamique à l'intérieur. Les porcs iront là où c'est le plus confortable pour eux et cela devrait peu affecter les résultats.

Une autre limite rencontrée est l'existence de facteurs d'émissions spécifiques à chacun des types de sol, en configuration intérieure et extérieure. Les facteurs d'émissions NH₃ de l'EMEP (2019) des systèmes lisier sur caillebotis en bâtiment ont été utilisés pour les courettes extérieures sur caillebotis, et ceux des gisoirs pleins de courette extérieure ont

été utilisés pour les gisoirs à l'intérieur des bâtiments. Ces choix privilégient l'incidence des types de sol et modes de gestion des effluents comme démontré par Ivanova-Peneva *et al.* (2008) sur des courettes extérieures, mais induisent des biais car les températures et renouvellements d'air en surface du lisier, qui influencent fortement les émissions d'ammoniac, sont différentes en bâtiment et en extérieur.

L'ajout de matériaux manipulables est également un facteur de variation non négligeable du comportement des porcs et des émissions gazeuses comme l'ont montré Olsson *et al.* (2016a et 2016b) et Blanes-Vidal *et al.* (2008). Le type de matériau, sa quantité mise à disposition des porcs, la configuration des différentes zones de vie et le comportement des porcs (qui pourra changer d'une bande à l'autre, ainsi que d'une saison à l'autre) sont des éléments qui peuvent engendrer une utilisation de matériau plus ou moins importante, et également différentes destinations. De la paille mise à disposition peut réduire les émissions de NH₃ en passant sous le caillebotis et en « couvrant » le lisier comme démontré par Guingand et Courboulay (2019). Elle peut aussi rester en surface du caillebotis et l'obstruer en se mélangeant aux déjections et en formant une zone d'émissions de type « fumier », ce qui n'a pas été pris en compte dans les modélisations réalisées.

Ainsi, des facteurs de variabilité sont identifiés en lien avec les matériaux manipulables utilisés et le comportement des porcs, avec des conséquences sur les performances environnementales. Le pilotage du système (choix des matériaux, des zones d'apports, des quantités et de la fréquence d'apport) sera tout aussi déterminant que les choix structurels de départ (option de gisoirs thermorégulés, système de goutte à goutte) pour encadrer une bonne appropriation des zones de vie par les porcs.

CONCLUSION

Les résultats des élevages de demain montrent une conciliation possible des enjeux de bien-être et d'environnement (avec une réduction des impacts) par rapport à des élevages conventionnels, sur les postes fabrication des aliments, consommations d'énergie et gestion des effluents de l'élevage. Toutefois, le travail a pointé des fragilités dans les conclusions obtenues, notamment sur la partie émissions gazeuses directes. Il s'agira d'accompagner les éleveurs avec du conseil de pilotage de ce type de systèmes pour assurer une bonne appropriation des zones de vie par les porcs et de préciser les émissions gazeuses sur les différents types de sol et modalités de gestion des effluents, notamment sur courettes extérieures. Ces limites pointent la nécessité de réaliser des mesures sur des élevages pilotes pour acquérir des références. À noter qu'au-delà des questions de performance, ces bâtiments de demain présentent un surcoût élevé par place. L'acceptabilité effective de ces nouveaux élevages et surtout le consentement à payer des consommateurs seront donc également déterminants sur leur émergence et leur durabilité.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Fonds Européen pour le Développement Rural pour le soutien financier apporté à ce travail dans le cadre du projet GOPEI Occitanie. Les auteurs remercient également le bureau d'étude ICOM pour sa contribution au projet et notamment l'organisation des ateliers de concertation entre les acteurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blanes-Vidal V., Hansen M.N., Pedersen S., Rom H.B., 2008. Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. *Agr. Ecosys. Envir.*, 124, 237-244
- Dourmad J-Y., Levasseur P., Daumer M., Hassouna M., Landrain B., Lemaire N., Loussouarn A., Salaün Y., Espagnol S., 2015. Evaluation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs. RMT élevages et environnement, Paris. 26 p.
- EMEP, 2019. Guidebook 2019: Manure management. 70 p.
- Espagnol S., Wilfart A., Gac A., Aissani L., Levasseur P., 2019. Analyse environnementale d'installations de méthanisation agricole en élevage porcin. *Journées Rech. Porcine*, 51, 187-192.
- Guingand N., Courboulay V., 2019. Effet du fractionnement des apports d'eau dans la technique du lisier flottant pour réduire les émissions d'ammoniac et d'odeurs en engraissement. *Journées Rech. Porcine*, 51, 181-186.
- IPCC, 2019. Chapter 10: emissions from livestock and manure management. 225p.
- IFIP, 2013. Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive (BEBE+) : solutions pour réduire sa consommation d'énergie et produire des énergies renouvelables dans la filière porcine. 72 p.
- Ivanova-Peneva S.G., Aarnink A.J-A., Verstegen M.W.A., 2008. Ammonia emissions from organic housing systems with fattening pigs. *Biosystems Engineering*, 99, 412-422.
- Lagadec S., Toudic A., Decoopman B., Espagnol S., Richard R., Genermont S., Trochard R., Voylokov P., Hassouna M., 2019. Évaluation des pertes d'azote et de carbone de filières de gestion de déjections porcines associées au raclage en V Émissions d'ammoniac et de GES au bâtiment, stockage et compostage des effluents produits, valorisations énergétique et agronomique. *Journées Rech. Porcine*, 51, 175-180
- Landrain B., Ramonet Y., Quillien J-P., Robin P., 2009. Incidence de la mise en place d'un système de raclage en « V » en préfosse dans une porcherie d'engraissement sur caillebotis intégral sur les performances techniques et les émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote. *Journées Rech. Porcine*, 41, 259-264.
- Olsson A-C., Botermans J., Andersson M., Jeppsson K-H., Bergsten C., 2016a. Use of different rooting materials to improve hygiene and to lower ammonia emission within the outdoor concrete area in organic growing finishing pig production. *Livest. Sci.*, 191, 64-71.
- Olsson A-C., Botermans J., Andersson M., Jeppsson K-H., Bergsten C., 2016b. Design of rooting yards for better hygiene and lower ammonia emissions within the outdoor concrete area in organic pig production. *Livest. Sci.*, 185, 79-88.
- Philippe F.X., Laitat M., Nicks B., Cabaraux J.F., 2012. Ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs kept on two types of straw floor. *Agr. Ecosys. Envir.*, 150, 45-53.
- Philippe F-X., Nicks B., 2015. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: Production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure. *Agr. Ecosys. Envir.*, 199, 10-25.
- RMT Élevage et Environnement, 2019. Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage. 356p.
- Roguet C., Delanoue E., Dockès A.-C., Magdelaine P., van Tilbeurgh V., Grannec M.-L., 2020. Acceptabilité des élevages par la société en France: cartographie des controverses, mobilisations collectives et prospective. *Innovations Agronomiques*, 79 (2020), 315-329.
- Wilfart A., Espagnol S., Daugey S., Tailleur A., Gac A., Garcia-Launay F., 2016. ECOALIM: A Dataset of Environmental Impacts of Feed Ingredients Used in French Animal Production. *PLoS ONE* 11(12): e0167343. doi:10.1371/journal.pone.0167343