

Evaluation environnementale de systèmes de production de porc contrastés

Claudine BASSET-MENS et Hayo VAN DER WERF

*INRA, UMR Sol Agronomie Spatialisation de Rennes-Quimper,
65, rue de Saint Brieuc CS 84215, 35042 Rennes Cedex*

Evaluation environnementale de systèmes de production de porc contrastés

L'objectif de cette étude était de produire une évaluation environnementale multicritères pour trois systèmes de production contrastés du porc : Bonnes Pratiques Agricoles conventionnel (BPA), Label Rouge (LR) et Agriculture Biologique (AB), au moyen de la méthode d'Analyse de Cycle de Vie (ACV). Pour chaque mode de production, des scénarios « référence », « favorable » et « défavorable » ont été définis et évalués pour sept catégories d'impact environnemental. Aussi bien par kg de porc que par ha, LR présente des impacts inférieurs à ceux de BPA pour l'eutrophisation et l'acidification, plus élevé pour le changement climatique et similaires pour les autres impacts. Les résultats pour AB sont très dépendants du choix de l'unité fonctionnelle. Par ha, AB a des impacts plus faibles que ceux de BPA pour eutrophisation, acidification, utilisation d'énergie, utilisation de pesticides et des impacts similaires pour changement climatique et toxicité terrestre. Par kg de porc, les impacts sont similaires pour eutrophisation et acidification mais sont supérieurs pour changement climatique, utilisation d'énergie, utilisation de surface. Pour les trois scénarios, des points critiques ont été identifiés ainsi que d'importantes marges d'amélioration. Les variantes favorables et défavorables des scénarios ont permis la prise en compte de l'incertitude des résultats.

Environmental assessment of contrasting pig production systems

The aim of this study was to produce a multicriteria environmental assessment of three contrasting pig farming systems : conventional Good Agricultural Practice (GAP), "Label Rouge" (LR) and "Agriculture Biologique" (AB), using the Life Cycle Assessment (LCA) method. « Reference », « favourable » and « unfavourable » scenarios were defined and evaluated for each production mode for seven impact categories. Both per kg of pig and per ha, LR had lower impacts than GAP for eutrophication and acidification, a higher impact for climate change and similar other impacts. The results for AB were very dependant on the choice of the functional unit. Per ha, AB had lower impacts than GAP for eutrophication, acidification, energy use and pesticide use and similar impacts for climate change and terrestrial toxicity. Per kg of pig, eutrophication and acidification were similar but climate change, energy use and land use were higher. For the three scenarios, critical points were identified as well as important margins of improvement. The favourable and unfavourable variants of the scenarios were usefull as indicators of uncertainty.

INTRODUCTION

En Bretagne, le développement considérable de la production porcine s'est accompagné d'une dégradation de l'environnement. Aujourd'hui, le modèle de production courant est en crise. Même si des systèmes de production alternatifs bénéficient d'une image favorable par la société, aucun des systèmes existants n'a été à ce jour évalué pour ses performances environnementales globales. Si le diagnostic de la performance environnementale de systèmes courants ou plus prospectifs apparaît comme un besoin grandissant, cette évaluation devrait inclure une estimation de l'incertitude des principaux résultats. (HUIJBREGTS et al., 2001 ; GUINÉE et al., 2002). Parmi les méthodes d'évaluation environnementale, l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) a été identifiée comme un outil pertinent pour l'évaluation des systèmes de production agricoles (VAN DER WERF et PETIT, 2002).

Les objectifs de cette étude sont :

- d'évaluer les impacts environnementaux de systèmes de production contrastés,
- de fournir un mode de prise en compte simple de l'incertitude des résultats,
- d'identifier les points critiques et les marges d'amélioration de chaque système.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les impacts environnementaux associés aux systèmes de production porcine ont été évalués par la méthode ACV. Cette méthode s'appuie sur un inventaire des ressources et émissions de chaque étape de la vie d'un produit : extraction et transformation des matières premières, production et utilisation du produit, mise en déchet et/ou recyclage. Ces ressources et émissions sont ensuite converties et agrégées en indicateurs d'effets qui permettent d'évaluer la contribution du système étudié à une gamme de problèmes environnementaux. La présente étude ne traite que des étapes du cycle de vie en amont de la ferme et à la ferme. Trois scénarios de production de porc ont été comparés. Les impacts ont été exprimés selon deux unités fonctionnelles correspondant à deux fonctions des systèmes de production agricoles : en unité de porc produite (kilo de poids vif à l'abattage) et en unité de surface utilisée (ha).

1.1. Scénarios de production

Le scénario Bonnes Pratiques Agricoles (BPA) correspond à la production conventionnelle, optimisée notamment en ce qui concerne les pratiques fertilisantes, qui respectent les règles spécifiées par l'Agriculture Raisonnée (ROSENBERG et GALLOT, 2002). Le scénario Agriculture Biologique (AB) respecte la version française des règles européennes de production animale biologique (MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE, 2000) et les règles européennes de production biologique des cultures (CEE, 1991). Le scénario Label Rouge (LR) correspond au label de qualité "Porc Fermier Label Rouge", comme spécifié dans le cahier des charges du porc fermier d'Argoat (GROUPEMENTS DES FERMIERS D'ARGOAT, 2000).

Les données sur la production des cultures, les distances de transport, la composition des aliments et la performance des

systèmes ont été basées sur des statistiques, des estimations d'experts et des données fournies par les groupements de producteurs. La composition des aliments respecte les règles spécifiques à chaque mode de production. Selon la fonction et le stade de développement de l'animal, six rations ont été utilisées pour les scénarios BPA (VAN DER WERF et al., soumis) et LR et cinq pour AB.

Pour toutes les cultures, de bonnes pratiques agricoles sont respectées, notamment la fertilisation et l'utilisation de pesticides sont raisonnées. Pour les trois scénarios, il a été supposé que les effluents porcins (lisier pour BPA, fumier pour LR et fumier composté pour AB) sont utilisés pour fertiliser les cultures produites en Bretagne servant d'ingrédients pour les aliments. La quantité totale d'effluents utilisée pour les ingrédients à base de cultures produites en Bretagne a été ajustée de façon à correspondre à la quantité d'effluents produite par un porc consommant l'aliment composé de ces mêmes ingrédients. Des compléments d'engrais N, P et K ont été appliqués selon les besoins des cultures. Pour LR et BPA, les niveaux de rendement sont des moyennes pour 1996 - 2000 (AGRESTE, 2001 ; FAO, 2002). Les niveaux de rendement pour les cultures du scénario AB ont été définis selon l'avis d'experts de leur région de production. Ils sont inférieurs aux rendements conventionnels : de -15 % pour le maïs à -40 % pour le blé et l'orge. Pour les procédés concernant la transformation des produits des cultures en ingrédients pour aliment et la production d'aliments, l'inventaire a été limité aux ressources et émissions associées à l'utilisation d'énergie non renouvelable. Pour les ingrédients issus d'un procédé produisant plus d'un produit (ex. tourteau de soja, gluten de blé), l'utilisation de ressources et les émissions ont été allouées selon la valeur économique. Les données pour la production d'aliments (impliquant notamment : chauffage, broyage, bouchonnage...) sont tirés de SANDERS (2000).

Deux stades ont été distingués pour la production porcine : la production des porcelets (PP) et la phase entre sevrage et vente (SV). Pour BPA, les données sur les performances techniques à la fois pour PP et SV (tableau 1) sont basées sur des statistiques publiées (ITP, 2001). Pour LR, les données concernant PP proviennent de l'ITP (2001), et celles concernant SV sont des moyennes fournies par le groupement des Fermiers d'Argoat. Pour AB, les données de performance technique sont basées sur un modèle optimisé de production de porc biologique (BERGER, 2000) ajusté par avis d'experts.

Pour BPA et LR, les effluents sont stockés alors que pour AB, le fumier est composté pendant 4 à 5 mois avec un ou deux retournements. Au final, BPA est plus intensif que AB : moindre consommation d'aliment, âge à l'abattage plus faible et moindre surface par porc. LR présente une intensité intermédiaire.

1.2. Données d'inventaire

Les données concernant l'utilisation de ressources et les émissions associées à la production et la livraison d'intrants pour les cultures (fertilisants, pesticides, fuel et machines) sont basées sur NEMECEK et HEIL (2001). Les données pour

Tableau 1 - Caractéristiques des scénarios de production Bonnes Pratiques Agricoles, Label Rouge et Agriculture Biologique

	Bonnes Pratiques Agricoles	Label Rouge	Agriculture Biologique
<i>Production de porcelets</i>			
Logement	Caillebotis	Plein air	Plein air
Porcelets sevrés/truie productive/an	25,5	22,6	20,3
Age au sevrage, jours	25,7	28	42
Surface par truie, m ²	<4	1000	1000
Aliment par truie (verrats inclus), kg/an	1313	1490	1695
<i>Sevrage/vente</i>			
Logement	Caillebotis	Litière de paille	Litière de paille
Surface par porc, m ²	0,85	2,6	2,3
Indice de consommation	2,7	2,9	3,2
Age à l'abattage, jours	175	190	195
Poids à l'abattage, kg	113	115	120

l'énergie des transports par route ou par mer sont issues de la base de données BUWAL 250 (BUWAL, 1996). Les données concernant l'utilisation de ressources et les émissions associées aux bâtiments (production et livraison de matériaux, construction) sont tirées de KANYARUSHOKI (2001). Les émissions d'ammoniac liées à l'application d'ammonitrate sont estimées selon ECETOC (1994) et les émissions d'ammoniac suivant l'application du lisier sont estimées selon MORVAN et LETERME (2001). Les émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote émanant du lisier dans les bâtiments sont de IPCC (1996) et UNECE (1999). Les émissions de méthane dues à la fermentation entérique et au bâtiment sont de IPCC (1996). Pour LR et AB, les données sur les quantités excrétées, les émissions dans les bâtiments, durant le stockage, durant le compostage et au niveau des cultures et des enclos plein air ont essentiellement été obtenues avec le soutien d'un panel d'experts de l'INRA comprenant : J. Y. DOURMAD, Th. MORVAN, J.M. PAILLAT, P. ROBIN et F. VERTÈS. Le panel a basé son expertise sur ses résultats expérimentaux, des simulations à l'aide de modèles et sur l'interprétation des références bibliographiques disponibles.

1.3. Analyse d'incertitude

Afin d'explorer la robustesse de nos résultats, une analyse d'incertitude a été réalisée. Des paramètres-clés ont été identifiés comme déterminants pour la variabilité des résultats finaux : rendement des cultures, indice de consommation sevrage/vente, émissions au champ (NH₃, N₂O et NO₃) et émissions de NH₃ et N₂O en bâtiment, au stockage et lors du compostage. Pour ces paramètres, une valeur haute et une valeur faible reflétant ce que nous avons appelé une variabilité « réaliste » plutôt que totale ont été définies en plus de la valeur de référence par défaut. L'incertitude « réaliste » ainsi définie contient de l'ordre des deux tiers de l'incertitude totale de chaque paramètre. Pour chaque scénario de référence, deux variantes ont été obtenues en combinant d'une part les valeurs favorables (meilleure performance, moindres émissions) en un scénario favorable et en combinant d'autre part les valeurs défavorables (moindre performance, émissions supérieures) en un scénario défavorable. Encadrant le scénario de référence obtenu avec les valeurs de référence des paramètres, ces

deux variantes sont proposées comme indicateurs de l'incertitude de chaque scénario.

1.4. Evaluation d'impact

Les catégories d'impact environnemental considérées dans cette étude sont : eutrophisation (en kg PO₄-eq), changement climatique (en kg CO₂-eq), acidification (en kg SO₂-eq), toxicité terrestre due à l'accumulation de métaux lourds (en kg 1.4-dichlorobenzène-eq), utilisation d'énergie (en MJ de Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI)-eq), utilisation de surface (en m².an) et utilisation de pesticides (en kg de matière active). Les potentiels d'eutrophisation, d'acidification et de toxicité terrestre ont été calculés en utilisant les facteurs de caractérisation de GUINÉE et al. (2002). Le potentiel de réchauffement global à un horizon de 100 ans (GWP₁₀₀) a été calculé grâce aux facteurs GWP₁₀₀ proposés par IPCC (HOUGHTON et al., 1996). L'utilisation d'énergie a été calculée en utilisant le PCI proposé dans la méthode SIMAPRO 1.1 (PRÉ CONSULTANTS, 1997). L'utilisation de pesticides (en kg de matière active) correspond à la quantité globale de pesticide utilisée pour la production des cultures.

2. RÉSULTATS

Par kg de porc, l'eutrophisation est inférieure pour LR (0,0166 kg PO₄-eq) suivi par BPA (0,0208) et AB (0,0216). Par ha, l'eutrophisation est supérieure pour BPA (38,3 kg PO₄-eq) intermédiaire pour LR (26,4) et plus faible pour AB (22,9). Que ce soit par kg ou par ha, l'incertitude globale est large, particulièrement pour AB (figure 1). De 64 % (AB) à 71 % (LR) de l'eutrophisation sont dus à la production des cultures et aliments, 10 % (AB) à 27 % (BPA) à la phase entre sevrage et vente (SV), 6 % (BPA) à 10 % (AB) à la production de porcelets (PP) et pour AB, 15 % sont dus à la production de compost. La production de litière représente 1,3 % (AB) et 2,8 % (LR). Le poste bâtiment contribue à hauteur de 0,1 % (BPA, LR, AB) (figure 2).

Par kg de porc, le changement climatique est de 2,3 kg CO₂-eq pour BPA, 3,46 pour LR et 3,97 pour AB. Par ha, le changement climatique est supérieur pour LR (5510 kg CO₂-eq) par rapport à AB (4022) et BPA (4236). Que ce

soit par kg ou par ha les intervalles d'incertitude sont très larges pour les trois scénarios (figure 1). De 54 % (AB) à 73 % (BPA) du changement climatique sont dus à la production de cultures et aliments, 20 % (BPA) à 35 % (LR, AB) sont dus à la phase SV, 4 % (LR, AB) à 6 % (BPA) à PP et pour AB 5 % sont dus à la production de compost. La production de paille (litière) compte pour 1,2 % (AB) et 2,1 % (LR) et le poste bâtiment pour 0,7 % (AB) à 1,4 % (BPA) (figure 2).

L'acidification par kg de porc est de 0,0226 kg SO₂-eq pour LR, 0,0372 pour AB et 0,0435 pour BPA. Par ha, l'acidification est très proche pour LR (36,0) et AB (37,7) et beaucoup plus élevée pour BPA (80,1). A la fois par kg et par ha, les intervalles d'incertitude pour l'acidification sont inférieurs à ceux de l'eutrophisation et du changement climatique, en particulier quand on les exprime par ha pour LR et AB (figure 1). La production de porc (PP et SV) est le contributeur principal à l'acidification pour BPA (71 %) et LR (64 %), alors que pour AB, la production de compost contribue davantage (40 %) que la production de porc (35 %). La production des cultures et aliments contribue à hauteur de 24 % (AB) à 34 % (LR), la production de paille à hauteur de 0,5 % (AB) et 1,4 % (LR). Le poste bâtiment représente 0,3 % (BPA, AB) à 0,6 % (LR) (figure 2).

Par kg de porc, la toxicité terrestre est de 0,0165 kg 1.4-dichlorobenzène-eq pour BPA, 0,0184 pour LR et 0,0304 pour AB. Par ha, les trois scénarios ont des impacts similaires. Les intervalles d'incertitude sont réduits (non présenté). La production de cultures et aliments est la cause principale pour la toxicité terrestre pour LR (81 %) et AB (92 %) et la seule pour BPA. Pour LR, la production de porcelets (plein air) contribue à hauteur de 14 % et 2,6 % pour AB. La production de paille représente 5 % pour LR et AB (figure 2).

L'utilisation d'énergie par kg de porc est proche pour BPA (15,9 MJ) et LR (17,9). Pour AB, l'utilisation d'énergie est supérieure (22,2). A l'inverse, l'utilisation d'énergie par ha est proche pour BPA (29282 MJ) et pour LR (28503) mais inférieure pour AB (22492). Les intervalles d'incertitude sont réduits (figure 1). La production de cultures et aliments contribue majoritairement à la consommation d'énergie, à hauteur de 74 % pour BPA à 96 % pour AB. Pour BPA, PP plus SV contribuent pour 23 % alors que pour LR et AB, l'énergie utilisée est nulle pour ces stades. Le poste bâtiment compte pour 2,0 % (AB) à 2,7 % (BPA) de l'énergie utilisée. La production de paille concerne 1,3 % (AB) à 1,9 % (LR) (figure 2).

L'utilisation de surface par kg de porc est plus élevée pour AB (9,87 m².an) que pour BPA (5,43) et LR (6,28). Les intervalles d'incertitude sont relativement réduits (figure 1). La production de cultures et aliments contribue majoritairement à l'utilisation de surface, à hauteur de 89 % (LR) à 100 % (BPA) (non présenté). La production de porcelets en plein air compte pour 6 % (AB) et 8 % (LR) de l'utilisation de surface. La production de paille représente 3,1 % (AB) et 3,4 % (LR) de l'utilisation de surface (non présenté). Concernant la quantité de porc produit par ha, BPA est le scénario le plus productif (1840 kg/ha) suivi par LR (1590) et AB (1010) (figure 1).

Aussi bien par kg de porc que par ha, l'utilisation de pesticides est proche pour BPA (1,37 g/kg et 2,52 kg/ha) et LR (1,44 g/kg et 2,29 kg/ha) et beaucoup plus faible pour AB (0,239 g/kg et 0,24 kg/ha). Les intervalles d'incertitude sont réduits. Pour BPA et AB, la production de cultures et aliments est le seul poste utilisant des pesticides. Pour LR, la production de paille contribue pour 4 % (non présenté).

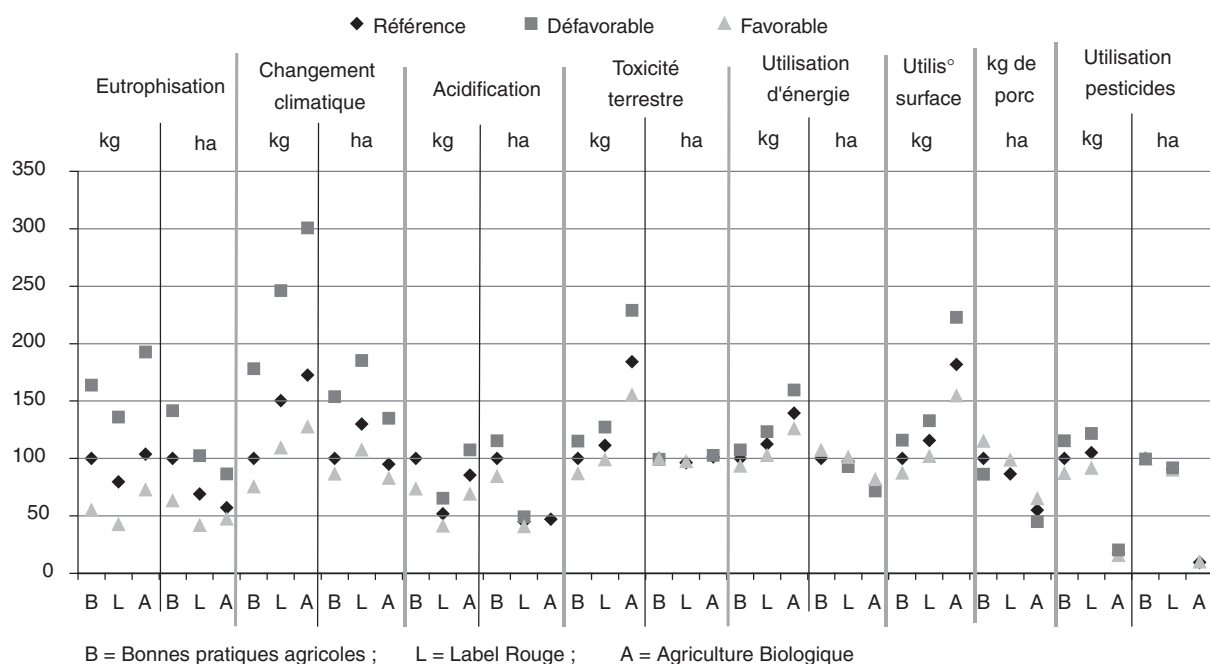


Figure 1 - Résultats d'ACV et incertitude estimée pour les scénarios BPA, LR et AB, par kg de porc et par ha (en % du résultat de référence pour BPA)

3. COMPARAISON DES TROIS SCÉNARIOS POUR LEURS IMPACTS ET LEUR PRODUCTIVITÉ

Que ce soit par kg ou par ha, LR a des impacts eutrophisants et acidifiants inférieurs à BPA, un impact plus élevé pour le changement climatique, les autres impacts étant similaires. La production de porc par ha est inférieure de 14 % pour LR par rapport à BPA (figure 1).

Par ha, AB présente des impacts inférieurs pour eutrophisation et acidification, une utilisation d'énergie moindre et une utilisation de pesticides beaucoup plus faible. Pour le changement climatique et la toxicité terrestre, les impacts sont similaires. La production de porc est inférieure de 45 % à celle de BPA. Par kg de porc, l'image est très différente : AB utilise beaucoup moins de pesticides que BPA, présente une eutrophisation et une acidification équivalentes mais conduit à des impacts plus importants pour le changement climatique, la toxicité terrestre, l'utilisation d'énergie et l'utilisation de surface (figure 1).

4. POINTS CRITIQUES ET MARGES D'AMÉLIORATION

BPA a des impacts supérieurs ou similaires pour l'eutrophisation et l'acidification par rapport à LR et AB. Le NO_3 (production de cultures et aliments) et le NH_3 (production de cultures et aliments et production de porc : PP et SV) sont les deux substances majeures contribuant à ces deux impacts régionaux. Comme la fertilisation est optimisée pour BPA,

l'introduction plus systématique de cultures piège à nitrates apparaît comme la mesure la plus prometteuse pour réduire les émissions de nitrates. Les émissions de NH_3 peuvent être réduites par des mesures d'ordre alimentaire mais aussi aux différents stades de gestion du lisier : meilleur contrôle de l'ambiance dans le bâtiment, optimisation du design des bâtiments, couverture des stockages de lisier. Enfin, les pertes d'ammoniac peuvent être réduites au niveau de la parcelle en adoptant des techniques d'injection du lisier.

LR contribue plus au changement climatique que BPA, à cause de la phase de production de porc sur paille (SV). Le N_2O , gaz à effet de serre puissant, a été identifié comme la principale substance responsable du changement climatique pour ce stade. Pour ce système, des marges d'amélioration existent également : au travers de l'optimisation de la nature et de la quantité de litière employée, du mode de conduite, de la densité animale, de l'alimentation et de l'ambiance interne.

Pour AB, 15 % de l'eutrophisation et 40 % de l'acidification sont dus aux émissions de NH_3 lors du compostage ce qui constitue un désavantage majeur. Les facteurs permettant de réduire les émissions de NH_3 au cours du compostage sont : de faibles pH (<7), des rapports C/N élevés, des taux d'aération faible et une porosité réduite. Comme pour LR, le système de production sur paille apporte une importante contribution au changement climatique. Dans certains contextes, la faible productivité par ha de AB peut être un frein à son développement.

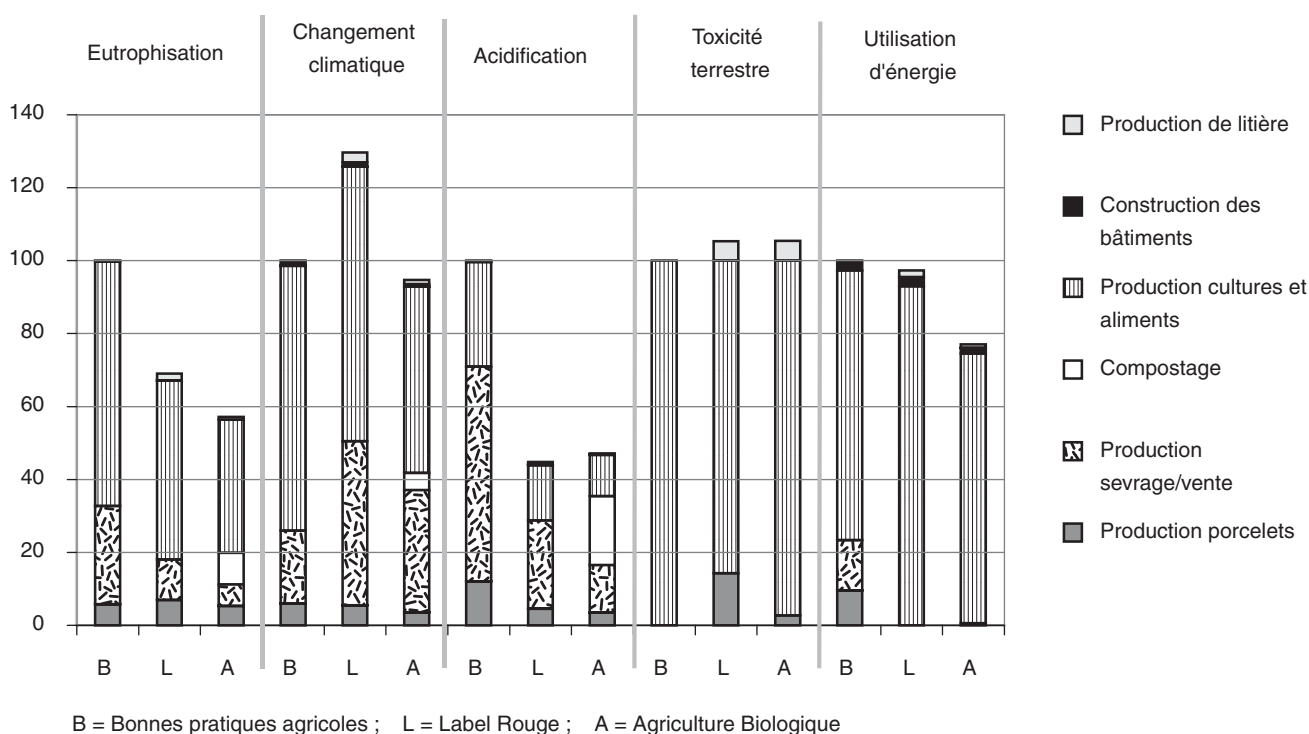


Figure 2 - Contribution de six étapes du cycle de vie du porc à cinq catégories d'impact pour les scénarios BPA, LR, AB, par ha et en % du scénario BPA

Pour BPA et LR, l'utilisation de pesticides est un autre point noir important. Enfin, les trois systèmes contribuent à l'accumulation de métaux lourds dans les sols.

CONCLUSION

Notre évaluation environnementale pour trois scénarios de production de porc contrastés a permis d'examiner d'éventuelles alternatives au modèle courant mais surtout de pointer pour chaque scénario les points critiques ainsi que d'importantes

marges de manœuvre. L'utilisation de scénarios favorable et défavorable a permis la prise en compte de l'incertitude des résultats.

REMERCIEMENTS

Ce travail fait partie du programme « Porcherie Verte » et a été financé avec le concours de l'ADEME et de l'OFIVAL. Il n'aurait pu être réalisé sans la contribution substantielle de plusieurs experts de l'INRA, des groupements de producteurs et des exploitants agricoles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGRESTE, 2001. Tableaux de l'Agriculture Bretonne 2001. Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt, Service Régional de Statistique Agricole, Rennes, France.
- BERGER F., 2000. Les défis du porc biologique. Chambre régionale d'agriculture des Pays de Loire. France.
- BUWAL, 1996. Ökoinventare für Verpackungen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 250/1+2, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, Switzerland.
- CEE, 1991. Règlement (CEE) n°2092/91 du conseil du 24 juin 1991 concernant le mode de production biologique de produits agricoles et sa présentation sur les produits agricoles et les denrées alimentaires (JO L 198 du 22.7.1991).
- ECETOC, 1994. Ammonia emissions to air in western Europe. Technical report no. 62. European Chemical Industry Ecology & Toxicology Centre, Brussels, Belgium.
- FAO, 2002. FAOSTAT Agriculture Data. Available at : <http://apps.fao.org/>.
- GROUPEMENT DES FERMIERS D'ARGOAT, 2000. Cahier des charges éleveur – porcs fermiers élevés en plein air. Homologation n°20-88. Saint-Brieuc, France.
- GUINÉE J.B., GORRÉE M., HEIJUNGS R., HUPPES G., KLEIJN R., DE KONING A., VAN OERS L., WEGENER SLEESWIJK A., SUH S., UDO DE HAES H.A., DE BRUIJN H., VAN DUIN R., HUIJBREGTS M.A.J., 2002. Life cycle assessment. An operational guide to the ISO standards. Centre of Environmental Science, Leiden University, Leiden, The Netherlands.
- HOUGHTON J.T., MEIRA FILHO L.G., CALLANDER B.A., HARRIS N., KATTENBERG A., MASKELL K., 1996. Climate change 1995: the science of climate change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- HUIJBREGTS M.A.J., NORRIS G., BRETZ R., CIROTH A., MAURICE B., VON BAHR B., WEIDEMA B. DE BEAUFORT A.S.H., 2001. Framework for Modelling Data Uncertainty in Life Cycle Inventories. Int. J. LCA 6 (3), 127-132.
- IPCC, 1996. Intergovernmental Panel on Climate Change. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories : Reference Manual (3). Available at : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.htm>.
- ITP, 2001. Résultats Gestion Technico-économique. ITP, Paris, France.
- KANYARUSHOKI C., 2001. Evaluation de l'impact environnemental des bâtiments porcins – Application de la méthode d'analyse du cycle de vie. Mémoire de fin d'études DESS. Université Rennes 1, Rennes, France.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE, 2000. Cahier des charges concernant le mode de production et de préparation biologique des animaux et des produits animaux définissant les modalités d'application du règlement CEE n° 2092/91 modifié du conseil et/ou complétant les dispositions du règlement CEE n° 2092/91. Homologué par l'arrêté interministériel du 28 août 2000. Journal officiel de la République Française (30 août 2000). Paris, France.
- MORVAN Th., LETERME Ph., 2001. Vers une prévision opérationnelle des flux d'azote résultant de l'épandage de lisier : paramétrage d'un modèle dynamique de Simulation des transformations de l'azote des lisiers (STAL). Ingénieries 26, 17-26.
- NEMECEK T., HEIL A., 2001. SALCA - Swiss Agricultural Life Cycle Assessment Database. Version 012, December 2001. FAL, Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture, Zurich, Switzerland.
- PRÉ CONSULTANTS, 1997. SimaPro 2 method. In: Database Manual. Pré Consultants B.V., Amersfoort, The Netherlands.
- ROSENBERG P.E., GALLOT J., 2002. Référentiel de l'agriculture raisonnée. Arrêté du 30 avril 2002 relatif au référentiel de l'agriculture raisonnée. Journal Officiel de la République Française 104 (4 mai 2002), 8519.
- SANDERS J., 2000. L'évaluation des systèmes de production animale : l'Analyse de Cycle de Vie peut-elle servir à construire des indicateurs environnementaux pour l'alimentation porcine ? INRA, UMR SAS, Rennes, France.
- UNECE, 1999. Control options/techniques for preventing and abating emissions of reduced nitrogen compounds. United Nations Economic and Social Council, Economic Commission for Europe.
- VAN DER WERF H.M.G., PETIT J., 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison of twelve indicator-based methods. Agriculture, Ecosystems and Environment 93 (1), 131-145.
- VAN DER WERF H.M.G., PETIT J., J. SANDERS. The environmental impacts of the production of concentrated feed : the case of pig feed in Bretagne - Soumis.