

RMT

élevages & environnement



Évaluation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs

Influence de l'alimentation, du mode de logement
et de la gestion des effluents

Références françaises d'excrétion et de quantités épandables
de N, P, K, Cu et Zn dans les effluents porcins

Sommaire

PREAMBULE	2
RESUME	3
SUMMARY	4
1. INTRODUCTION	5
1.1. LA PRODUCTION PORCINE EN FRANCE	5
1.2. LE LOGEMENT DES ANIMAUX ET LA PRODUCTION D'EFFLUENTS	6
1.3. UTILISATION DES EFFLUENTS PORCINS ET ENVIRONNEMENT	8
2. METHODOLOGIE DE DETERMINATION DES REFERENCES DE REJETS	9
3. EVALUATION DE L'EXCRETION DE NUTRIMENTS PAR LES ANIMAUX	11
3.1. PERFORMANCES DES ANIMAUX	11
3.2. RETENTION CORPORELLE DES ANIMAUX	12
3.3. ALIMENTATION DES ANIMAUX	13
4. EVALUATION DE LA QUANTITE D'ELEMENTS "EPANDABLE"	14
4.1. GESTION SOUS FORME DE LISIER STOCKE SOUS LES ANIMAUX	14
4.2. GESTION SOUS FORME DE LISIER AVEC RACLAGE EN "V"	15
4.3. GESTION SOUS FORME DE LITIERES DE PAILLE OU DE SCIURE	15
5. DETERMINATION DES REFERENCES DE REJETS	16
5.1. REFERENCES MOYENNES	16
5.2. UTILISATION DU BILAN REEL SIMPLIFIE	18
5.3. COMPARAISON DES DEUX DEMARCHES : REFERENCES MOYENNES VERSUS BRS	19
ANNEXE : REFERENCES DE REJETS	20
<i>Références azote</i>	21
<i>Références phosphore</i>	22
<i>Références potassium</i>	23
<i>Références cuivre et zinc</i>	24
Références bibliographiques	25

Préambule

Dans le cadre du bilan de l'azote à l'exploitation établi par le Corpen en 1988, des références sur les quantités moyennes d'azote, de phosphore et de potassium présentes dans les effluents d'élevage porcins avant épandage ont été définies pour répondre à la conception de l'ensemble du bilan. Ces références ont été actualisées en 1996 pour ce qui concerne l'élevage sur caillebotis avec production de lisier, puis à nouveau en 2003 afin de prendre également en compte les élevages sur litière et fournir des références pour le potassium, le cuivre et le zinc.

Depuis 2003, les conditions de production ont évolué avec, en particulier, un alourdissement des porcs à l'abattage, une augmentation de la productivité numérique des truies et une amélioration de l'indice de consommation, ces différents changements étant susceptibles d'influencer les rejets des animaux à la hausse pour certains d'entre eux ou à la baisse pour d'autres.

L'objet de ce document est donc d'actualiser les références de rejets des porcs en tenant compte de l'évolution des performances et de l'alimentation des animaux depuis 2003 et de celle des connaissances scientifiques.

Comme pour les références précédentes, deux modes de détermination des rejets sont décrits :

- l'utilisation de références moyennes par animal, pour différents modes d'alimentation (standard ou "biphase") et de gestion des effluents (lisier ou litière),*
- le calcul d'un bilan réel simplifié permettant de tenir compte de la situation réelle d'un élevage donné en termes de performances des animaux, de composition de l'aliment et de gestion des déjections.*

Ce document a été préparé dans le cadre d'un groupe de travail constitué de représentants de la filière porcine et de différents organismes français de recherche-développement partenaires du RMT Élevage et environnement.

Jean-Yves Dourmad, INRA Agrocampus Ouest, UMR PEGASE (animateur)

Pascal Levasseur, IFIP-Institut du Porc (animateur)

Marie-Line Daumer, IRSTEA

Mélynda Hassouna, INRA Agrocampus Ouest , UMR SAS

Brigitte Landrain, Chambres d'Agriculture de Bretagne

Nolwenn Lemaire, UGPVB

Aurore Loussouarn, Chambres d'Agriculture de Bretagne

Yvon Salaün, IFIP-Institut du Porc

Sandrine Espagnol (IFIP-Institut du Porc, RMT Élevages et Environnement)

Pour citer ce document : Dourmad J.Y. (coord.), Levasseur P.(coord.), Daumer M., Hassouna M., Landrain B., Lemaire N., Loussouarn A., Salaün Y., Espagnol S., 2015. Évaluation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs. RMT Elevages et Environnement, Paris, 26 pages.

Résumé

Évaluation des rejets d'azote - phosphore - potassium - cuivre et zinc des porcs. Influence de l'alimentation, du mode de logement et de la gestion des effluents.

Ce document propose une mise-à-jour des références françaises d'excrétion et de quantités épandables d'azote, de phosphore, de potassium, de cuivre et de zinc dans les déjections porcines. Ces références sont déterminées par une approche de bilan en accord avec les recommandations internationales. L'excrétion des différents éléments est calculée par différence entre l'ingestion et la rétention par les animaux. La rétention corporelle est estimée à partir d'équations de prédiction issues de la bibliographie, en incluant les données les plus récentes afin de tenir compte de l'évolution des génotypes. Pour les éléments ne générant pas d'émissions gazeuses (P, K, Cu et Zn), la quantité épandable est déterminée par celle excrétée plus la contribution éventuelle de la litière ajoutée (paille ou sciure). Pour l'azote, la quantité épandable est déterminée en tenant compte des émissions gazeuses calculées sur la base de facteurs d'émissions spécifiques à chaque chaîne de collecte et de stockage des effluents.

Une première série de références moyennes est déterminée sur la base d'une approche *Tier2*. Trois modalités de gestion des effluents sont considérées : caillebotis avec production de lisier, caillebotis avec raclage en "V" et séparation de phases, litière de paille ou de sciure, compostée ou non, et deux modalités d'alimentation : conventionnelle ou améliorée (à teneur réduite en protéines et en phosphore). Les performances des animaux proviennent de la base nationale de gestion technico-économique des élevages avec des données concernant 1750 élevages naisseur-engraisseurs. La composition des aliments est issue des propositions d'un groupe d'experts associant des nutritionnistes de la recherche, du développement et de l'industrie de l'alimentation animale. Les références de rejets sont exprimées par animal et par an pour les truies, en incluant les porcelets jusqu'au sevrage, et par animal produit pour les porcelets en post-sevrage et les porcs en engraissement. Les rejets totaux de l'élevage sont ensuite déterminés en fonction de l'effectif de truies et du nombre de porcelets et de porcs à l'engrais produits dans l'année.

Les secondes références sont basées sur le calcul d'un bilan réel simplifié d'élevage (BrsPorc), sur la base d'une approche *Tier3*, qui permet une détermination plus précise des rejets en fonction des performances, de la conduite alimentaire et de la gestion des effluents réellement pratiquées dans l'élevage. Cette approche nécessite la collecte d'informations sur la consommation et la composition des aliments, sur le nombre de truies présentes et le nombre de porcelets et de porcs charcutiers produits par an. Deux outils de calcul utilisant cette approche sont référencés.

Summary

Evaluation of nitrogen, phosphorus, copper and zinc in pig manure at spreading. Effect of animal feeding, and manure collection and storage chain.

This document presents a proposal for updated French references for nitrogen, phosphorus, potassium, copper and zinc contents in pig manure at spreading. These references are calculated according to a balance approach in agreement with the international recommendations. Nutrient excretion is calculated as the difference between nutrient intake and retention by the animals. Body retention is determined according to prediction equations derived from the scientific literature, including the more recent ones to take account of the evolution of pig genotypes. For nutrients without gaseous emissions (P, K, Cu and Zn) nutrient amount in manure at spreading is calculated as the amount excreted plus, in case of litter bedding, the amount in litter substrate (straw or sawdust). For nitrogen, the amount in manure is calculated considering gaseous losses from housing and during storage, which are calculated using specific emission factors for each chain of manure collection and storage.

A first set of average reference values is determined according to a *Tier2* approach. Three types of manure management: either slatted floor with accumulated slurry, slatted floor with V-shaped scrapper under the floor and solid-liquid phase separation, or accumulated straw or sawdust bedding, and two feeding strategies, either conventional or improved (*ie* reduced in crude protein and total phosphorus) are considered. Animal performance is calculated according the French pig farm performance database with results from about 1750 farrow-to-finish farms. Composition of feed is issued from the expertise of nutritionists from research, extension and feed industry. These average reference values are expressed per animal and per year for sows, including piglets until weaning, and per animal produced for piglets after weaning and fattening pigs. Total farm annual output is then calculated according to the average number of sows in the farm and the number of piglets and fattening pigs produced each year.

The second reference is determined according to on a simplified modeling approach (BrsPorc), in agreement with the *Tier3* approach. This allows a more precise determination of the nutrient flow according to the actual performance level, feeding strategy and manure management in the farm. This approach requires the collection of additional information on feed intake and feed composition, the number of present sows and the number of piglets and fattening pigs produced each year. Two calculation tools using this approach are referenced.

1. Introduction

1.1. La production porcine en France

Au cours de la dernière décennie, la production porcine française a légèrement diminué (-2%) alors qu'elle augmentait dans l'UE (+9%), la croissance étant particulièrement marquée en Allemagne (+30 %) et en Espagne (+20 %) (IFIP, 2014). La France reste toutefois le troisième pays producteur de porc de l'UE, après l'Allemagne et l'Espagne, juste devant le Danemark. Sur cette période, le niveau d'auto-approvisionnement de la France a diminué tout en restant légèrement supérieur à 100 %, mais la balance commerciale s'est détériorée pour devenir négative à partir de 2009 (Rieu et al., 2014).

La production porcine française est fortement régionalisée : la Bretagne et le Grand-Ouest représentent respectivement 58 et 74% de la production nationale annuelle (IFIP, 2014) ou des cheptels (Agreste, 2013). Cette régionalisation se poursuit, surtout du fait de la baisse de la production en dehors du Grand-Ouest. Les trois autres "bassins" de production significatifs au niveau national sont le Sud-Ouest (6%), le Centre-Est (6%) et le Nord (5,5%). Cette régionalisation est un élément déterminant à considérer dans la prise en compte des questions de durabilité de l'élevage porcin, qui se posent principalement en termes de durabilité environnementale dans les zones à forte densité animale et de durabilité économique et sociétale dans les autres régions.

Selon les premiers résultats du recensement agricole (Agreste, 2013), en 2010 la France comptait 22 300 exploitations élevant des porcs (59 500 en 2000), mais 99% du cheptel étaient présents dans 11 500 élevages possédant plus de 100 porcs ou plus de 20 truies (16 800 en 2000), avec un effectif moyen de 1200 porcs (900 porcs en 2000). Ce sont donc essentiellement les petits élevages qui ont arrêté la production entre 2000 et 2010. En 2010, on compte tout de même 10 700 élevages de moins de 100 porcs et de moins de 20 truies (avec 9 porcs présents en moyenne) détenant seulement 1% du cheptel national. Pour ce qui concerne les truies, 98% du cheptel national sont présents dans 5 700 élevages.

Le modèle dominant d'organisation de l'élevage reste le modèle naisseur-engraisseur, 85% des truies et 66% des porcs à l'engrais étant élevés dans ce type d'élevage. La répartition est différente en termes de nombre d'élevages puisque les naisseurs-engraisseurs représentent 50% des élevages, les engraisseurs 43% et les naisseurs 6%. Les élevages de petite taille sont donc surtout des élevages d'engraissement et, pour une partie d'entre eux, il s'agit d'engraissement « à façon » pour un autre éleveur.

Les premiers résultats du recensement agricole 2010 montrent également que les élevages spécialisés "porc" ou "céréales-porc" représentent environ 70% du cheptel (contre 65% en 2000) mais moins de 30% des exploitations (Agreste, 2013). La surface moyenne des exploitations détenant plus de 100 porcs ou plus de 20 truies est de 83 ha de SAU (66 ha en 2000) dont 55% sont cultivés en céréales et oléo protéagineux, mais ces moyennes recouvrent une grande variabilité entre régions et, plus encore, entre exploitations.

Les systèmes de production sous label concernent principalement la production biologique, le Label Rouge (LR) et la production sous Identification Géographique Protégée (IGP) (IFIP, 2014). En 2011, après un fort accroissement en 2006, la production LR concernait environ 3,1% de la production nationale. La production de charcuterie sous IGP est estimée à près de 15% de la production nationale. La production biologique est en augmentation (+10% de truies et +23% de porcs charcutiers entre 2010 et 2013) mais reste toutefois limitée (0,3% de la production nationale) comme dans la plupart des pays Européens. D'autres voies de diversification comme la qualité nutritionnelle se développent également rapidement. Ces différents systèmes "alternatifs" de production sont souvent associés à des modes de logement spécifiques (élevage sur litière ou parfois en plein air). Contrairement à la présentation qui en est souvent donnée, la production porcine française est donc diversifiée quant au mode de logement des animaux, à la nature des effluents produits (voir ci-dessous), ou encore à l'insertion de l'élevage dans l'exploitation et sur les territoires. Les questions liées à la gestion des déjections se posent de manière très différente dans ces différents systèmes de production. Toutefois, quelle que soit la situation, une évaluation précise des rejets est une étape indispensable pour leur bonne valorisation et la maîtrise des risques de pollutions.

1.2. Le logement des animaux et la production d'effluents

L'enquête du Service de la Statistique et de la Prospective (SSP, 2010) sur les bâtiments d'élevage permet de situer l'importance relative des différents modes de logement et de gestion des effluents dans les élevages porcins. Pour tous les stades de production, **l'élevage sur caillebotis avec production de lisier reste le système dominant**. L'élevage sur litière représente 7% des places de porcelets en post-sevrage (12% des bâtiments et 10% des surfaces), 5% en engraissement (8% des bâtiments et 8% des surfaces) et 12% en gestation. Gac et al. (2007) estimaient que plus de 90% des effluents porcins français étaient gérés sous la forme de lisier. Après une durée de stockage variable dans le bâtiment sous les animaux dans une préfosse, le lisier est évacué pour être épandu ou stocké dans des fosses extérieures. Dans certains élevages les effluents peuvent être soumis à différents traitements (digestion aérobie, anaérobie, séparation de phases, compostage) avant épandage ou exportation. Ces traitements ne sont pas pris en compte dans la présente brochure.

L'élevage sur litière est plus fréquent dans les systèmes de production de type label rouge ou biologique, pour lesquels il peut faire partie du cahier des charges. Les techniques permettant d'élever les porcs sur litière sont nombreuses (Ramonet et Dappelo, 2003; Corpen, 2003). La paille de céréales et, dans une beaucoup moindre mesure, la sciure de bois sont les principaux substrats utilisés comme litière. En phase de post-sevrage et d'engraissement, la litière est essentiellement de type accumulée (c'est-à-dire enlevée seulement après le départ de la bande, voire de plusieurs bandes successives). Les truies gestantes peuvent être élevées sur des litières raclées ou accumulées. Par contre, l'élevage des truies en lactation sur litière est très marginal et aucune référence sur les effluents n'est disponible pour ce type

de conduite. La réussite de l'élevage de porcs sur litière nécessite de respecter un cahier des charges bien défini (Corpen, 2003). En particulier, la surface par animal doit être suffisante, les recommandations techniques minimales s'élèvent habituellement à 1,2 m² par porc à l'engraissement, 0,5-0,6 m² par porcelet en post-sevrage et 3,2 m² par truie en gestation, soit près du double de la surface requise en caillebotis intégral. Le choix et la gestion du bâtiment jouent également un rôle primordial, compte tenu de l'effet de l'ambiance sur le fonctionnement de la litière. Cependant, c'est sûrement la quantité et le rythme d'apport de la litière qui sont les paramètres les plus importants (Ramonet et Dappelo, 2003). Compte tenu de son effet sur les émissions, le compostage des fumiers avant épandage joue également un rôle important.

Le système de raclage en "V" sous caillebotis, encore peu utilisé mais en fort développement dans certaines régions, constitue une méthode innovante de collecte des déjections porcines qui permet de séparer l'effluent en une phase solide et une phase liquide qui sont évacuées hors du bâtiment, plusieurs fois par jour (Pouillot et al., 2005; Von Bemuth et al., 2005; Loussouarn et al., 2014). Ce système est constitué d'un rabot tiré par un câble ou une chaîne et installé dans une préfosse de moins de 1 m de profondeur. Le sol de la préfosse présente deux pentes transversales en "V" avec une inclinaison comprise entre 5 % et 12 %. Les liquides s'écoulent le long de la pente et sont recueillis au fond du « V ». La fréquence d'évacuation de la partie solide par raclage varie de 3 fois par jour en début d'engraissement à plus de 12 fois par jour à partir de la moitié de l'engraissement.

Tableau 1. Influence du raclage en "V" sur la répartition des excréta et des différents éléments entre les phases solides et liquides⁽¹⁾.

	Solide	Liquide
Déjections, kg/j ⁽²⁾	1,40	2,55
Masse, %	35,5	64,5
Matière sèche, %	87,5	12,5
Azote total, %	56,8	43,2
Phosphore ; %	88,2	11,8
Potassium, %	46,9	53,1
Cuivre, %	91,9	8,1
Zinc, %	92,5	7,5

⁽¹⁾ d'après Landrain et al. (2009, 2010), Loussouarn et al. (2014) et Pouillot et al. (2005)

⁽²⁾ ces quantités de déjections ont été obtenues avec un système d'alimentation en soupe. Elles sont données à titre indicatif et sont susceptibles de varier en particulier en fonction de la consommation d'eau qui affecte surtout la fraction liquide.

Compte tenu des effets de cette technologie sur les émissions gazeuses et les performances des animaux, ce type d'élevage requiert l'utilisation de références spécifiques, bien que les animaux soient logés sur caillebotis intégral. Comparativement au système habituel de stockage du lisier sous les animaux, cette technologie présente en effet différents avantages en relation avec l'environnement ou le bien-être animal. La séparation de phases permet de concentrer la majorité du phosphore et une partie significative de l'azote dans une fraction solide qui est plus facilement exportable (tableau 1). L'évacuation rapide des déjections et la séparation de l'urine des fèces permettent de réduire les émissions de NH₃, CH₄ et H₂S dans le bâtiment, contribuant à améliorer le bien-être des animaux et des éleveurs, tout en améliorant les performances techniques (Loussouarn et al., 2014).

1.3. Utilisation des effluents porcins et environnement

Épandues de manière raisonnée sur les sols agricoles, les déjections animales (lisier, fumier ou compost) contribuent, du fait de leur valeur fertilisante et amendante, à limiter la consommation d'engrais minéraux et à maintenir le stock de matière organique des sols. Ceci permet un meilleur recyclage des éléments qui améliore l'efficacité "métabolique" de l'ensemble du système de production, l'un des principes de l'application de l'agro-écologie à l'élevage (Dumont et al., 2013). L'efficacité de l'utilisation de l'azote qui est d'environ de 35% à l'échelle de l'animal est voisine de 75% à l'échelle de l'exploitation lorsque les effluents sont bien valorisés comme fertilisants (Peyraud et al., 2012). Le recyclage des éléments réduit également le coût énergétique de la fertilisation, lié à la synthèse chimique de l'azote ammoniacal, et limite l'utilisation de ressources non renouvelables, en particulier celles de phosphore et de gaz naturel, réduisant ainsi également l'impact "changement climatique". Par ailleurs, l'utilisation des effluents organiques contribue à entretenir la fertilité, la stabilité structurale et la biodiversité des sols, même dans le cas des lisiers (Dambreville et al., 2004).

L'utilisation des déjections animales comme fertilisants peut (comme celle des engrais minéraux) présenter des risques pour l'environnement lorsque les apports dépassent les besoins des plantes et la capacité de recyclage des milieux naturels récepteurs. Pour contrôler ces risques, les épandages doivent être réalisés de manière raisonnée, ce qui implique en particulier (i) une estimation précise des quantités d'éléments à épandre, (ii) la mise en place d'une fertilisation raisonnée selon la méthode du bilan prévisionnel du COMIFER (<http://www.comifer.asso.fr/>).

Lorsque les apports d'effluents dépassent les besoins des plantes ou la capacité de recyclage des milieux naturels récepteurs les impacts négatifs potentiels peuvent concerner le sol, les eaux ou l'air :

- **Dans les sols**, l'apport d'éléments nutritifs (C, N, P, K, Na, S, Ca, Mg, Cl, Cu, Zn...) compense les carences naturelles éventuelles et l'exportation par les cultures, la consommation par la rhizosphère ou les exportations incompressibles par le lessivage. Au-delà de cette compensation, l'accumulation peut entraîner à plus ou moins long terme des déséquilibres entre éléments nutritifs et conduire à la phytotoxicité des sols. Pour l'azote, le principal risque est lié à l'importance des fuites de nitrate par le lessivage.

- **Dans les eaux souterraines, fluviales ou côtières**, les éléments (N et P en particulier) arrivent après lessivage des composés solubles ou ruissellement de particules. Lorsque ces flux dépassent les capacités épuratoires de ces écosystèmes, les eaux s'eutrophisent, entraînant une perte de biodiversité, un développement algal excessif et des nuisances aux activités de loisirs. Une forte teneur en nitrate représente également un obstacle à l'usage des eaux brutes souterraines ou superficielles pour produire de l'eau destinée à l'alimentation humaine et aux industries agroalimentaires. Il convient d'ajouter à ces éléments le risque de dissémination d'agents pathogènes ou de résidus de produits d'hygiène et de santé utilisés en élevage.

- **Dans l'air**, les composés émis peuvent agir à proximité du lieu d'émission ou à des échelles géographiques beaucoup plus larges, jusqu'à l'ensemble de la planète. Ainsi, les retombées d'ammoniac (NH_3) contribuent à un apport supplémentaire d'azote au sol, à l'eutrophisation des milieux sensibles et à l'acidification des sols. Le protoxyde d'azote (N_2O) et le méthane (CH_4) contribuent à l'enrichissement de l'atmosphère en gaz à effet de serre. Les odeurs et poussières contribuent aux nuisances de proximité et à l'enrichissement de l'air en particules fines.

En fonction de l'écosystème considéré ou de l'élément retenu pour définir un seuil acceptable d'impact, le flux maximal de déjections pourra donc varier de façon assez importante, d'autant plus que les flux relatifs des différents éléments dépendent largement de la conduite d'élevage et du mode de gestion des effluents (alimentation, logement, traitement...), d'où l'importance de disposer d'une méthode d'estimation des rejets aussi fiable que possible.

2. Méthodologie de détermination des références de rejets

La méthodologie retenue pour la détermination des rejets des animaux, c'est à dire de la quantité d'éléments excrétée et de la quantité d'éléments épandable est similaire à celle adoptée pour l'élaboration des références de 2003 (CORPEN, 2003). Elle est aussi comparable aux approches généralement adoptées dans les autres pays pour ce type d'estimation (Fernandez et al., 1999; Poulsen et al., 2006; van der Peet-Schwering et al., 1999; Statistics Netherlands, 2012). L'excrétion des différents éléments (N, P, K, Cu, Zn) par les animaux est calculée par différence entre les quantités ingérées et les quantités retenues par les animaux (figure 1). Les quantités épandables sont ensuite déterminées en tenant compte des apports d'éléments par les litières et des pertes gazeuses (figure 1).

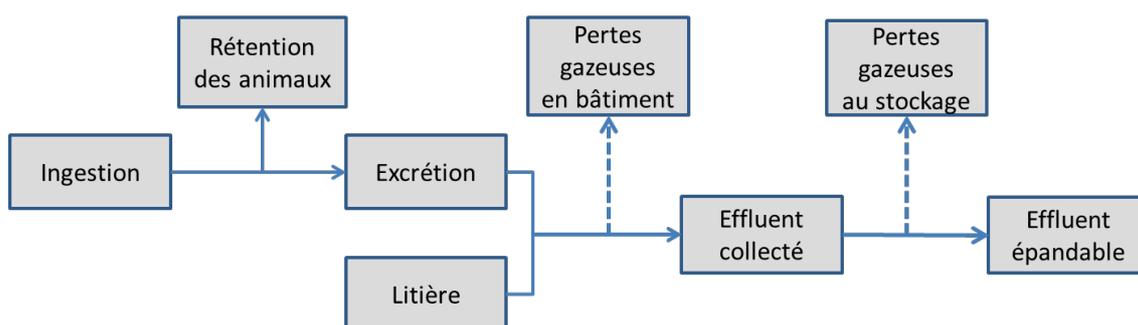


Figure 1. Représentation schématique de la méthode de détermination des quantités d'éléments excrétés et épandables

Plus généralement la démarche retenue a été choisie en accord avec les méthodes recommandées pour ce type de calcul par différentes instances internationales qui proposent trois niveaux d'approche selon l'importance environnementale du critère évalué et la disponibilité des informations (IPCC, 2006; EMEP/EAAP, 2013), la recommandation étant d'utiliser, si possible, la méthode la plus élaborée pour la détermination des émissions.

- **Tier1** – Cette méthode de calcul est la plus sommaire. Elle est basée sur une estimation des effectifs animaux présents et sur des facteurs d'émissions issus de références moyennes internationales. Elle peut être utilisée en l'absence d'informations spécifiques au pays considéré et pour des activités ayant une faible contribution aux impacts environnementaux. Elle est réservée à des estimations de flux à l'échelle nationale, pour des productions mineures ou dans des pays où peu d'informations sont disponibles.
- **Tier2** – Cette méthode de calcul prend en compte les spécificités nationales de production de manière à considérer, par exemple, différents modes de gestion des effluents ou d'alimentation des animaux. Elle privilégie aussi l'utilisation de facteurs d'émissions spécifiques des conditions nationales de production.
- **Tier3** – Cette méthode est basée sur une modélisation plus fine des processus de manière à mieux prendre en compte la diversité des situations rencontrée sur le terrain. Elle implique de disposer d'informations plus spécifiques et généralement d'un outil de calcul plus élaboré.

Dans l'esprit de ces recommandations, deux modes de détermination des rejets sont proposés dans le présent document.

- **Le premier s'inscrit dans la démarche Tier2.** Des références sont déterminées pour deux modes d'alimentation (conventionnelle ou à teneur réduite en phosphore et en protéines, voir ci-après), pour les principaux modes de logement et de collecte des effluents rencontrés en France (caillebotis avec production de lisier, litière avec production de fumier ou de compost) et pour un système innovant de séparation de phases sous les animaux (raclage en "V"). Ces références sont déterminées pour des performances techniques correspondant à la moyenne des élevages considérés.

- **Le second s'inscrit plutôt dans la démarche Tier3.** Il s'agit d'un modèle simplifié de calcul des flux d'éléments à l'échelle de l'atelier porcin qui permet de tenir compte des performances réelles des animaux et de la composition réelle des aliments utilisés. Cette démarche nécessite donc de disposer d'informations spécifiques de l'élevage.

3. Évaluation de l'excrétion de nutriments par les animaux

L'excrétion est calculée comme la différence entre les quantités de nutriments ingérées et celles fixées par les porcs (figure 1). Cette démarche présente l'avantage d'être simple, précise, facilement généralisable et permet de prendre en compte la variabilité des situations rencontrées en pratique, quant aux performances des animaux ou aux modes de production et d'alimentation.

3.1. Performances des animaux

Les performances techniques retenues pour le calcul des références de rétention et d'excrétion (tableau 2) sont issues des résultats des programmes nationaux de suivi de performance des élevages. Les performances en post-sevrage et en engraissement sont calculées à partir des résultats de 1748 élevages naisseur-engraisseurs suivis en gestion technico-économique en 2014 et produisant en moyenne 4950 porcs charcutiers par an (IFIP, 2015a). Les performances de reproduction sont calculées à partir d'environ 1900 élevages suivis en gestion technique des troupeaux de truies avec une taille moyenne de 228 truies en production par élevage (IFIP, 2015b).

Tableau 2. Performances retenues pour le calcul des références

Truies reproductrices porcelets sevrés par truie productive et par an	28,9
aliment par truie et par an, kg	1200
Post-sevrage	
poids initial, kg	8,0
poids final, kg	31,0
indice de consommation, kg/kg	1,69
Engraissement	
poids initial, kg	31,0
poids final, kg	118,0
TMP (taux de muscle des pièces)	60,8
indice de consommation, kg/kg	
élevages conventionnels	2,76
élevages équipés du raclage en "V"	2,66

Le poids vif moyen à l'abattage est de 118 kg. Il est plus élevé que celui utilisé en 2003 (112 kg), en relation avec une évolution du potentiel génétique et des modes de production. L'indice de consommation (IC) a diminué par rapport à 2003, aussi bien en post-sevrage (1,69 vs 1,74 kg/kg) qu'en engraissement (2,76 vs 2,86 kg/kg). Les performances de reproduction se sont également améliorées avec 28,9 porcelets sevrés par truie productive contre 25,3 en 2003, alors que la consommation annuelle d'aliment est la même qu'en 2003 (1,2 tonnes). Une valeur un peu plus faible de l'indice de consommation (2,66 kg/kg) est retenue pour les élevages d'engraissement équipés d'un système de raclage en "V" (tableau 1), compte tenu de l'amélioration des performances observée avec cette technologie innovante (Loussouarn et al., 2014).

L'analyse de la variabilité de l'indice de consommation entre élevages n'a pas mis en évidence d'augmentation de ce paramètre avec le poids d'abattage, la tendance inverse étant même observée. Le coefficient de correction des rejets des porcs à l'engraissement selon le poids d'abattage sera donc calculé au prorata de la variation du gain de poids vif.

3.2. Rétention corporelle des animaux

La rétention corporelle d'azote est déterminée en fonction du poids vif des animaux et de la teneur en maigre de la carcasse au poids habituel d'abattage (vers 118 kg de poids vif), ce dernier critère servant à caractériser le potentiel de dépôt protéique de la lignée utilisée. L'équation retenue est similaire à celle utilisée en 2003 (Corpen, 2003), avec cependant une légère modification pour tenir compte de l'évolution des modalités de classement des carcasses (Rigolot et al., 2010a) (tableau 2), le TMP (taux de muscle des pièces) ayant remplacé la TVM (teneur en viande maigre).

La rétention corporelle de phosphore (P) qui a lieu pour un peu plus des 2/3 dans les os et pour 1/3 dans les tissus mous est proportionnelle à la rétention protéique (Letourneau-Montmigny, 2015). Ceci explique que l'on observe au cours du temps un accroissement progressif de la teneur corporelle en P parallèlement à la réduction de l'adiposité des animaux. Ce phénomène avait déjà été pris en compte dans la référence de rétention corporelle utilisée en 2003 (Corpen, 2003). L'évolution s'étant poursuivie depuis, cette valeur a été légèrement réajustée à la hausse (5,35 g P /kg au lieu de 5,30 g/kg) sur la base de publications récentes (Revy et al., 2004; Jongbloed et al., 2002; Rigolot et al., 2010a) (tableau 3).

Tableau 3. Rétentions corporelles d'azote, de phosphore, de potassium, de cuivre et de zinc par les porcs en fonction du poids vif des animaux (PV, kg).

Azote ¹ , kg/porc	$N = e^{(-0,9559 - 0,0145 \times \text{TMP})} \times (0,96 \text{ PV})^{(0,7417 + 0,0044 \times \text{TMP})} / 6,25$
Phosphore, g/porc	$P = 5,35 \times \text{PV}$
Potassium, g/porc	$K = - 0,0034 \times \text{PV}^2 + 2,53 \times \text{PV}$
Cu, mg/porc	$\text{Cu} = 1,1 \times \text{PV}$
Zn, mg/porc	$\text{Zn} = 21,8 \times \text{PV}$

¹ TMP : Teneur en muscle des pièces au poids habituel d'abattage (en kg pour 100 kg)

Les valeurs retenues pour les rétentions de potassium, de cuivre et de zinc sont issues de synthèses bibliographiques (Dourmad et al., 2002; Rigolot et al. 2010a) et restent les mêmes que celles retenues en 2003 (tableau 3). Les valeurs de rétention calculées par animal pour ces références sont rapportées au tableau 4.

Tableau 4. Rétentions corporelles d'azote, de phosphore, de potassium, de cuivre et de zinc, en fonction du stade physiologique ⁽¹⁾

	N, kg	P, kg	K, kg	Cu, g	Zn, g
Truie présente, par an	7,82	1,63	0,673	0,335	6,63
Post-sevrage (8-31 kg), par porc	0,58	0,12	0,055	0,025	0,50
Engraissement (31-118 kg), par porc	2,23	0,47	0,176	0,096	1,90

⁽¹⁾ Pour le niveau de performances rapporté au tableau 2 et les équations de rétention rapportées au tableau 3.

3.3. Alimentation des animaux

La teneur en protéines des régimes, lorsqu'ils sont formulés au moindre coût, varie selon les prix respectifs des sources de protéines (principalement les tourteaux et les protéagineux) et des sources d'énergie (principalement les céréales). De très nombreuses études (voir synthèse de Doumad et Jondreville, 2007) ont montré qu'une réduction du taux protéique de l'aliment était possible sans nuire aux performances des animaux. Ceci est obtenu grâce à un choix judicieux des matières premières et, surtout, grâce à l'utilisation d'acides aminés alimentaires qui permet de satisfaire les besoins des animaux sans ajout excessif de protéines. De la même manière, l'utilisation de phytases microbiennes et le choix de phosphates minéraux plus digestibles permettent de fortement réduire les apports totaux de phosphore tout en couvrant les besoins des animaux (Meschy et al., 2008).

Associée à l'alimentation par phases qui permet de mieux ajuster les apports aux besoins des animaux, ces approches, utilisées de manière raisonnée, permettent de réduire les rejets d'azote et de phosphore sans accroître le coût de l'aliment.

Comme pour les références de 2003, deux hypothèses de formulation des aliments sont donc retenues pour le calcul des références moyennes (tableau 5).

- **une alimentation "standard"** avec un seul aliment par phase et des teneurs non contraintes en protéines et en phosphore (peu ou pas d'utilisation d'acides aminés ni de phytase).

- **une alimentation "biphase"** avec deux aliments pour chaque phase et des teneurs maximales en protéines et phosphore total. Ces valeurs maximales ont été légèrement modifiées en accord avec les experts nutritionnistes représentant les fabricants d'aliment du bétail, afin de tenir compte de l'évolution du marché des matières premières (disponibilité de nouveaux acides aminés et de nouvelles phytases, fort accroissement de l'utilisation du tourteau de colza en remplacement du tourteau de soja) et de la connaissance des besoins alimentaires.

Les teneurs en potassium ont été calculées pour des régimes à base de céréales et de leurs sous-produits, de tourteau de colza et de tourteau de soja (Garcia-Launay et al., 2014) formulés au moindre coût en alimentation bi-phase ou standard. On note, par rapport à 2003, une baisse significative des teneurs en K, du fait du remplacement d'une partie du tourteau de soja (très riche en K) par le tourteau de colza. Pour le cuivre et le zinc, les teneurs sont définies en fonction des teneurs maximales dans la réglementation, à savoir, pour le Zn total, 150 ppm et pour le cuivre total, 170 ppm pour les porcelets sevrés jusque 12 semaines d'âge puis 25 ppm pour les autres animaux (EU 1334, 2003). L'hypothèse d'une utilisation de 2500 ppm de Zn (ZnO) dans les aliments de sevrage de premier âge (aliment médicamenteux) sera également testée.

Une réduction plus poussée de la teneur en protéines ou en phosphore des régimes, et donc des rejets, est possible tout en maintenant des performances optimales des animaux, mais ceci nécessite une bonne maîtrise technique. Le modèle simplifié de calcul des flux d'éléments à l'échelle de l'atelier porcin (BrsPorc) décrit ci-après (partie 5.2) permet de prendre en compte ces améliorations plus poussées de l'aliment.

Tableau 5. Teneurs en protéines, phosphore total et potassium des aliments retenues pour le calcul des rejets, selon la conduite alimentaire standard ou biphase.

	Protéines (%)	Phosphore (%)	Potassium (%)
Truies reproductrices			
aliment "mixte" (standard)	16,5	0,65	0,70
gestation (biphase)	14,0	0,52	0,70
lactation (biphase)	16,5	0,58	0,70
Post-sevrage			
standard 1 ^{er} âge	21,0	0,75	1,18
2 ^{ème} âge	19,0	0,65	0,83
biphase 1 ^{er} âge	20,0	0,65	1,00
2 ^{ème} âge	18,0	0,56	0,77
Engraissement			
aliment "unique" (standard)	17,5	0,58	0,73
croissance (biphase)	16,0	0,47	0,66
finition (biphase)	15,0	0,45	0,60

4. Évaluation de la quantité d'éléments "épendable"

Les quantités d'éléments épendables diffèrent des quantités excrétées en raison des pertes par volatilisation dans le bâtiment et au cours du stockage, et des apports de substrats dans le cas de l'utilisation de litières (cf. figure 1). Les pertes par volatilisation concernent tout particulièrement la fraction azotée des effluents. Leur importance varie en fonction du logement des animaux, du mode de collecte et de stockage des déjections. Compte tenu des différences importantes existant entre la gestion des effluents sous forme liquide ou solide, elles seront abordées par la suite de façon séparée.

4.1. Gestion sous forme de lisier stocké sous les animaux

Pour les composés non volatils de l'effluent (P, K, Cu, Zn), la quantité épendable correspond à la quantité excrétée par les animaux. Par contre, une partie de la fraction azotée se volatilise dans le bâtiment et au cours du stockage. Sur la base de la méthode des bilans, Rigolot et al. (2010a) ont estimé à partir d'une base de données bibliographique proche de celle utilisée pour établir les références Corpen de 2003 (25 publications, 68 traitements expérimentaux) l'émission cumulée de composés azotés des lisiers dans des situations représentatives de celles rencontrées en pratique en France, à savoir un sol en caillebotis béton intégral, un pré-stockage de plusieurs semaines dans le bâtiment et une ventilation par extraction basse. En moyenne, en sortie de bâtiment l'azote du lisier représente 76% de l'azote excrété ($R^2 = 0,85$), ce qui correspond à une perte par volatilisation de 24%, soit une valeur légèrement inférieure à celle de 25% retenue par le Corpen en 2003. Cette valeur est en accord avec l'estimation des émissions d'ammoniac faite à partir de la bibliographie internationale par Griffing et al. (2007) pour ce même type de logement, à savoir 22,3% (+9,1%) de l'azote excrété, si l'on tient compte qu'il faut y ajouter 1 à 3% de pertes sous la forme de N_2O , N_2 et NO_x (Peyraud et al., 2012). Les pertes d'azote par volatilisation pendant le stockage sont moins bien connues et dépendent principalement de la surface de la fosse de stockage, de sa couverture

éventuelle et de la température extérieure. Les mesures réalisées en France en situation réelle de terrain rapportent des valeurs variables selon la saison et la durée de stockage (Guinand, 2002; Espagnol et al., 2008; Espagnol et al., 2009). En moyenne dans ces essais, l'émission de composés azotés s'élève à $8,5\% \pm 3,5\%$ de l'azote apporté (en sortie de bâtiment). Toutefois, si l'on tient compte de l'effet de la saison, compte tenu d'un volume stocké plus important en automne-hiver qu'en été, la valeur moyenne annuelle du taux d'émission peut être estimée à environ 7% (soit 5,3% de l'azote excrété) à partir de ces données. Cette valeur est un peu supérieure à celle de 5% retenue par le Corpen en 2003, sur la base d'une seule publication.

La volatilisation cumulée bâtiment+stockage s'élève alors à 29,3% de l'azote excrété (24% en bâtiment puis, sur l'azote issu du bâtiment, 7% lors du stockage), ce qui est en accord avec la valeur de 28% d'émission d'ammoniac calculée à partir de EMEP/EAAP (2013), mais avec pour l'EMEP une volatilisation moindre en bâtiment et plus élevée lors du stockage (20% en bâtiment puis, sur l'azote issu du bâtiment, 10% au stockage), vraisemblablement en relation avec une hypothèse de temps de stockage plus court en bâtiment et plus long en fosse extérieure.

4.2. Gestion sous forme de lisier avec raclage en "V"

L'utilisation du système de raclage en "V" en porcherie d'engraissement s'accompagne d'une réduction de 45-50% des émissions d'ammoniac dans le bâtiment, comparativement au stockage du lisier sous les animaux (Loussouarn et al., 2014). Cette réduction est liée à la fois à l'amélioration des performances des animaux et à la réduction du taux de volatilisation de l'azote excrété. En tenant compte de l'effet de l'indice de consommation, on peut estimer que la réduction de la volatilisation d'ammoniac résultant de l'effet propre du système de raclage lui-même est d'environ 40%. Ceci conduit à retenir pour ce système de logement un taux de volatilisation en bâtiment de 15% de l'excrété. Pour le stockage, aucune référence n'étant disponible pour le moment, on considèrera pour les fractions liquide et solide le même taux de volatilisation (7%) que celui retenu pour le système lisier conventionnel (tableau 6). Pour ce qui concerne la fraction solide, lorsqu'elle est compostée en mélange avec de la paille, la volatilisation de composés azotés est estimée à 30%, comme pour les fumiers (voir ci-dessous).

4.3. Gestion sous forme de litières de paille ou de sciure

Les études relatives aux émissions gazeuses des litières sont beaucoup moins nombreuses que pour les lisiers. Le Corpen (2003) en a réalisé une synthèse complétée par Rigolot et al. (2010b) afin d'évaluer le devenir de l'azote excrété dans des litières accumulées par la méthode des bilans (15 essais avec des litières de paille, 24 essais avec des litières de sciure). Les pertes d'azote par volatilisation estimées à partir du bilan s'élèvent à respectivement 57% ($\pm 13\%$) et 72% ($\pm 7\%$) de l'azote excrété, pour les litières de paille et de sciure, soit en moyenne les mêmes valeurs que pour le calcul des références précédentes (CORPEN, 2003). La répartition selon leur nature des gaz azotés émis (N_2O , N_2 , NH_3 ,...) est plus

variable que l'émission totale qui est peu affectée par la nature et la gestion de la litière (Bonneau et al., 2008; Hassouna et al., 2005). Dans le cas de litières bien conduites, propices à la dénitrification, les émissions d'ammoniac sont faibles et celles de N₂O et surtout de N₂ sont élevées, le contraire étant observé dans le cas de litières humides. Rigolot et al. (2010b) ont proposé sur la base de la bibliographie et de la contribution de plusieurs experts des coefficients de correction des émissions en fonction de la nature du substrat, de la surface par porc et de la quantité et de l'entretien de la litière. Les valeurs de pertes azotées retenues lors du compostage des litières sont les mêmes que celles utilisées en 2003 par le Corpen, à savoir 30% pour les litières de paille et 10% pour les litières de sciure.

Tableau 6. Taux de pertes gazeuses de composés azotés retenus selon le type de logement des animaux

	Logement sur caillebotis		Logement sur litière	
	Conventionnel	Raclage en "V"	Paille	Sciure
Bâtiment, % excrété	24%	14,5%	57 %	72 %
Stockage, % stock initial	7%	7%		
Compostage, % stock initial	-	-	30 %	10 %
Total, % excrété	29,3%	20,5%	69,9%	74,8%

5. Détermination des références de rejets

Comme pour les précédentes références (Corpen, 1996; Corpen, 2003), les rejets sont exprimés en quantités excrétée et épandable, par animal et par an pour les truies et par animal produit pour les porcelets en post-sevrage et les porcs à l'engraissement. Ce mode d'expression avait été jugé préférable à celui relatif au nombre de places dans la mesure où le taux d'utilisation des places est susceptible de varier selon la structure et la conduite de l'élevage. Les rejets d'azote, de phosphore, de potassium, de cuivre et de zinc ont été actualisés sur la base des différents éléments rapportés dans les paragraphes précédents. De même que dans pour les précédentes références (Corpen, 1996 ; Corpen, 2003) deux méthodes de détermination des rejets sont proposées selon l'information disponible dans l'élevage :

- le calcul à partir de références moyennes et des effectifs d'animaux produits,
- la détermination du bilan réel simplifié.

5.1. Références moyennes

Les références moyennes sont exprimées par an, pour les truies, ou par animal produit, pour les porcelets et les porcs à l'engrais. La quantité totale d'éléments "épandables" de l'élevage est alors obtenue en multipliant ces références par l'effectif réel de truies reproductrices (ou truie en production) et/ou le nombre de porcs réellement produits dans l'année. En l'absence de données spécifiques pour les jeunes truies de renouvellement avant leur mise à la reproduction, les références pour ces animaux (par an) sont estimées sur la base du rejet par place d'engraissement (3 x rejet par porc à l'engrais). Ces références ont été calculées à partir des données des paragraphes 3 et 4.

Plusieurs références moyennes de quantités épandables peuvent être utilisées selon la conduite de l'alimentation et le mode de logement :

- **alimentation** : (1) alimentation standard ou (2) alimentation biphasé
- **logement** : (1) caillebotis conventionnel avec production de lisier, (2) caillebotis avec raclage en V et séparation de phases, (3) litière accumulée de paille, litière accumulée de sciure. Les deux types de litières et le résidu solide de séparation de phases peuvent être compostés, ou non, après leur évacuation du bâtiment d'élevage.

L'ensemble de ces références de rejet actualisées est rapporté en détail dans les fiches 1a à 1d ci-après en annexe. La quantité excrétée est fournie dans le 1^{er} tableau, les tableaux suivants indiquent les quantités épandables selon le mode de gestion des effluents. Pour les rejets d'azote, les valeurs obtenues pour les truies reproductrices sont très voisines de celles retenues en 2003. Elles sont légèrement plus faibles pour les porcelets en post-sevrage (en raison de l'amélioration de l'IC) et pour les porcs en engraissement (l'amélioration de l'IC et la baisse de la teneur en protéines de l'aliment de croissance ayant plus que compensé l'accroissement du poids d'abattage). Au total pour un élevage naisseur-engraisseur les nouvelles références conduisent à une légère réduction de l'azote épandable d'environ 3%, malgré l'accroissement du poids d'abattage.

Pour les rejets de phosphore, les nouvelles références sont identiques aux précédentes pour les truies et les porcs à l'engrais et un peu plus faibles pour les porcelets sevrés, du fait de la réduction de la teneur en P de l'aliment et l'amélioration de l'IC. Au total pour un élevage naisseur-engraisseur, les nouvelles références conduisent à une réduction du phosphore épandable de seulement 1%.

Pour le potassium, l'écart avec les références précédentes est plus marqué. Ceci s'explique principalement par la réduction de l'incorporation de tourteau de soja, une matière première très riche en potassium, et son remplacement partiel par du tourteau de colza, plus pauvre. Au total pour un élevage naisseur-engraisseur, les nouvelles références conduisent à une réduction de la quantité de potassium épandable d'environ 14%.

Pour le cuivre et le zinc, les références ont également fortement diminué par rapport aux niveaux de 2003, compte tenu de l'évolution de la réglementation européenne (UE, 2003) qui a conduit à une forte réduction des teneurs maximales autorisées dans les aliments. Au total, pour un élevage naisseur-engraisseur, ceci conduit à une réduction des quantités de cuivre et de zinc épandables de respectivement 56% et 40%. Pour le zinc ces résultats sont cependant à nuancer dans le cas d'une utilisation médicamenteuse d'oxyde de zinc dans l'aliment de post sevrage.

En moyenne, la référence biphasé s'accompagne d'une réduction de 17% des rejets d'azote et de 29% des rejets de phosphore, comparativement à la référence standard.

Compte tenu d'une volatilisation plus importante de composés azotés, l'élevage sur litière s'accompagne, comparativement à l'élevage sur caillebotis conventionnel, d'une réduction de la quantité d'azote épandable entre 20 et 60% selon le type et les modalités de gestion de la litière.

A l'inverse, le système de raclage en "V", qui permet de réduire la volatilisation d'ammoniac, s'accompagne d'un accroissement de la quantité totale d'azote épandable des porcs à l'engraissement d'environ 9%. Cependant, lorsque la fraction

solide est exportée en dehors de l'exploitation, ce qui est généralement le cas avec ce système, cela conduit à une réduction de la quantité épandable sur l'exploitation de 54% pour l'azote et de 9% pour le phosphore.

5.2. Utilisation du bilan réel simplifié

Les références issues d'un bilan réel simplifié permettent de prendre en compte la variabilité des performances des animaux, des modes de production et d'alimentation. Elles permettent ainsi de valoriser les pratiques plus vertueuses que la moyenne. Le bilan réel simplifié (BRS) appliquée aux élevages de porcs a été proposée par le Corpen dès 1996, en complément de l'utilisation des références moyennes standard et biphase. Il a été précisé lors de la publication des références 2003 et un outil de calcul a été développé (BRSPorc, Corpen, 2003). Le BRS présente l'avantage d'être simple et facile d'emploi. Ce bilan a été repris en 2012 dans l'outil "Geep" de gestion environnementale des élevages porcins (<http://geep.ifip.asso.fr/>).

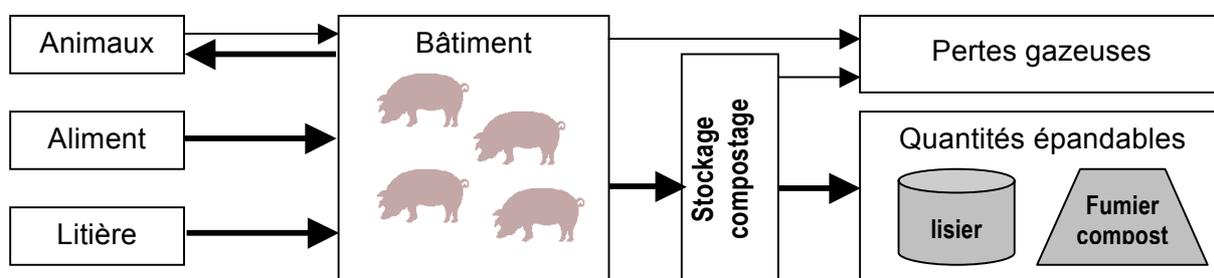


Figure 2. Principe général d'établissement du bilan réel simplifié.

Le principe général du bilan réel simplifié est représenté à la figure 2. Les flux d'éléments contenus dans les effluents sortant du bâtiment sont calculés par différence entre le flux entrant (animaux, aliments, litière) et le flux sortant (animaux, pertes gazeuses). Les flux associés aux animaux (entrés ou sortis) sont déterminés à partir de leur poids vif et de la teneur en muscle des pièces (TMP), sur la base des équations du tableau 3. Tous les flux d'animaux sont pris en compte : porcelets, porcs à l'engrais, truies reproductrices et aussi porcs destinés à l'équarrissage.

Les flux associés aux aliments et aux litières (paille, sciure) sont déterminés à partir de leurs compositions respectives et des quantités utilisées. Pour l'azote, les émissions gazeuses vers l'atmosphère sont déterminées en fonction de la quantité excrétée par les animaux, sur la base des taux de pertes gazeuses présentés au tableau 6. Lorsque différentes modalités de gestion des effluents sont utilisées sur un même élevage les pertes gazeuses sont calculées au prorata des effectifs pour chaque type de logement. Deux outils sont disponibles pour calculer le bilan réel simplifié d'un élevage. Le premier est issu de l'outil BRSPorc développé par le Corpen (Corpen, 2003), avec quelques adaptations pour tenir compte des évolutions figurant dans le présent document. Il est disponible sur le site du RMT Élevage et Environnement (<http://www.rmtelevagesenvironnement.org/>) rubrique "outils". Le second fait partie intégrante d'un outil plus global d'analyse environnementale de l'atelier porcin dénommé GEEP et développé par l'IFIP en relation avec l'ADEME et le Ministère de l'Agriculture, de l'agroalimentaire et de la Forêt. Il est disponible sur le site de l'IFIP à l'adresse suivante (<http://geep.ifip.asso.fr/>).

Pour illustrer l'intérêt de l'utilisation du bilan réel simplifié comparativement à l'utilisation de références moyennes, nous l'avons appliqué au cas d'un élevage d'engraissement produisant 1000 porcs par an, et présentant selon le cas un indice de consommation de 2,56 kg/kg ou 2,48 kg/kg correspondant respectivement à la moyenne du tiers ou du premier décile des élevages les plus performants en terme d'indice de consommation et recevant soit une alimentation biphase soit une alimentation à teneur plus réduite en MAT (de 10 g/kg) et en phosphore (de 0,05 g/kg).

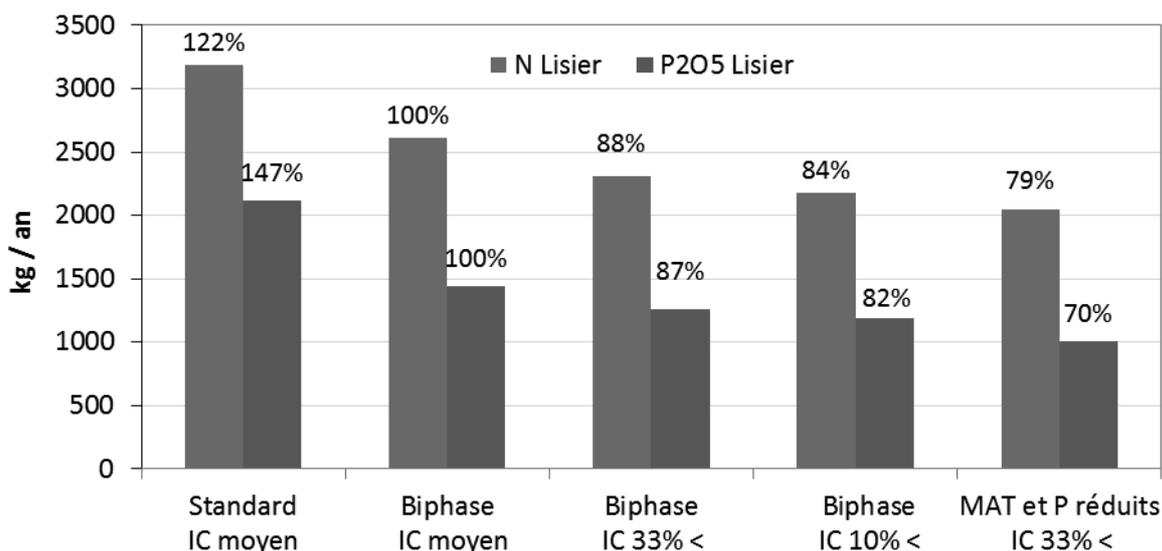


Figure 2. Comparaison entre l'utilisation d'une référence moyenne et d'une référence issue d'un bilan réel simplifié pour un élevage d'engraissement produisant 1000 porcs par an sous différentes hypothèses d'indice de consommation et de composition des aliments. Les valeurs de quantité de P2O5 et N épandable sont exprimées en pourcentage relativement à la référence moyenne biphase.

Cet exemple illustre bien que la détermination des rejets par un bilan réel simplifié est celle qui permet d'appréhender le mieux la situation réelle de l'élevage. On note ainsi que l'amélioration de l'indice de consommation de 0,17 kg/kg (correspondant au tiers des élevages les plus performants vs 2,76 kg/kg pour la référence) et 0,27 kg/kg (IC moyen des 10% des élevages les plus performants) s'accompagne d'une réduction des quantités d'azote épandable produites de respectivement 12 et 16%. L'effet est encore plus marqué lorsque l'amélioration de l'IC est combinée avec une réduction de la teneur en MAT ou en P de l'aliment.

5.3. Comparaison des deux démarches : références moyennes versus BRS

Le tableau ci-après récapitule les deux démarches proposées, à savoir l'utilisation de références moyennes et le bilan réel simplifié, en précisant les données nécessaires, les modalités de calcul et les sources d'informations permettant d'en justifier la véracité.

Utilisation de références moyennes

Données utilisées

Animaux

- nb de truies reproductrices
- nb de jeunes truies
- nb de porcelets élevés en post-sevrage par an
- nb de porcs charcutiers produits par an

Logement

- modes de logement et de gestion des déjections par stade

Alimentation

- type d'alimentation (standard ou biphasé)

Utilisation du bilan réel simplifié

Données utilisées

Animaux

- nb de truies reproductrices
- nb de jeunes truies
- nb et poids moyens des animaux (truies, porcelets, porcs charcutiers) achetés et vendus

Logement

- modes de logement et de gestion des déjections par stade
- quantité de litière

Alimentation

- Quantité et composition (protéines, P, K, Cu, Zn) des aliments utilisés sur l'année

Calculs

- référence moyenne x nb d'animaux présents ou produits selon le stade

Calculs

- outils de calcul du BRS ou outils similaires (e.g. GEEP) développés selon la méthode de référence

Justificatifs

- inventaire des effectifs moyens de truies productives et non productives, et nombre de porcelets et de porcs charcutiers élevés par an
- teneur moyenne en protéines et en phosphore des aliments et % d'aliment de finition utilisé en engraissement (dans le cas des références biphasé)

Justificatifs

- Bilan de type "Gestion technico-économique" avec :
- un inventaire des effectifs d'animaux en début et en fin de période
 - le nombre et le poids moyen des animaux achetés et vendus.
 - la quantité totale et la composition moyenne des différents types d'aliments utilisés sur la période

Annexe : Références de rejets

Fiche 1a - AZOTE

Références d'excrétion et de rejet épanachable d'azote des porcs selon l'alimentation et le mode de gestion des effluents

Excrétion	Standard	Biphase
Truie reproductrice ⁽¹⁾ , kg/an	24,6	20,3
Post-Sevrage (8-31 kg), kg/porcelet	0,62	0,55
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	4,49 0,052	3,68 0,042

Lisier conventionnel	Standard	Biphase
Truie reproductrice ⁽¹⁾ , kg/an	17,4	14,3
Post-Sevrage (8-31 kg), kg/porcelet	0,44	0,39
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	3,17 0,036	2,60 0,030

Litière de paille	Sans compostage		Avec compostage	
	Standard	Biphase	Standard	Biphase
Truie reproductrice ⁽¹⁾⁽²⁾ , kg/an	14,4	12,6	12,1	10,7
Post-Sevrage (8-31 kg), kg/porcelet	0,31	0,29	0,22	0,20
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	2,23 0,026	1,88 0,022	1,62 0,019	1,33 0,015

Litière de sciure	Sans compostage		Avec compostage	
	Standard	Biphase	Standard	Biphase
Post-Sevrage (8-31 kg), kg/porcelet	0,18	0,17	0,17	0,15
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	1,35 0,015	1,11 0,013	1,21 0,014	0,99 0,011

Lisier raclage en V	Sans compostage		Avec compostage	
	Standard	Biphase	Standard	Biphase
Excrétion, kg/porc	4,25	3,47	4,25	3,47
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	3,38 0,039	2,76 0,032	2,90 0,033	2,37 0,027
dont phase solide	1,92	1,57	1,44	1,18
dont phase liquide	1,46	1,19	1,46	1,19

Biphase : teneurs maximales en protéines des aliments	
Truies:	Gestation : 14,0% - Lactation : 16,5%
Post-sevrage :	1 ^{er} âge : 20,0% - 2 ^{ème} âge : 18,0%
Engraissement:	Croissance : 16,0% - Finition : 15,0% (60% d'aliment de finition)

⁽¹⁾ pour les truies non productrices le rejet par an est estimé à 3 fois celui du porc à l'engraissement

⁽²⁾ pour un logement sur paille pendant la gestation et sur caillebotis pendant la lactation

- PHOSPHORE -

Référence d'excrétion et de rejet épanachable de phosphore des porcs selon l'alimentation et le mode de gestion des effluents

Excrétion	Standard	Biphase
Truie reproductrice ⁽¹⁾ , kg/an	6,17	4,80
Post-Sevrage (8-31 kg), kg/porcelet	0,13	0,10
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	0,93 0,011	0,63 0,007

Lisier conventionnel	P		P ₂ O ₅	
	Standard	Biphase	Standard	Biphase
Truie reproductrice ⁽¹⁾ , kg/an	6,17	4,80	14,1	11,0
Post-Sevrage (8-31 kg), kg/porcelet	0,13	0,10	0,31	0,23
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	0,93 0,011	0,63 0,007	2,12 0,024	1,45 0,017

Litière de paille	P		P ₂ O ₅	
	Standard	Biphase	Standard	Biphase
Truie reproductrice ⁽¹⁾⁽²⁾ , kg/an	6,52	5,15	14,9	11,8
Post-Sevrage (8-31 kg), kg/porcelet	0,14	0,11	0,32	0,24
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	0,97 0,011	0,68 0,008	2,23 0,026	1,56 0,018

Litière de sciure	P		P ₂ O ₅	
	Standard	Biphase	Standard	Biphase
Post-Sevrage (8-31 kg), kg/porcelet	0,13	0,10	0,31	0,23
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	0,93 0,011	0,63 0,007	2,12 0,024	1,45 0,017

Lisier raclage en V	P		P ₂ O ₅	
	Standard	Biphase	Standard	Biphase
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	0,88 0,011	0,59 0,007	2,01 0,024	1,36 0,015
dont phase solide	0,77	0,52	1,77	1,20
dont phase liquide	0,11	0,07	0,24	0,16

Biphase : teneurs maximales en phosphore des aliments	
Truies:	Gestation : 0,52% - Lactation : 0,58%
Post-sevrage :	1 ^{er} âge : 0,65% - 2 ^{ème} âge : 0,56%
Engraissement:	Croissance : 0,47% - Finition : 0,45% (60% d'aliment de finition)

⁽¹⁾ pour les truies non productives le rejet par an est estimé à 3 fois celui du porc à l'engraissement

⁽²⁾ pour un logement sur paille pendant la gestation et sur caillebotis pendant la lactation

- POTASSIUM -

Référence d'excrétion et de rejet épanachable de potassium des porcs selon l'alimentation et le mode de gestion des effluents

Excrétion	Standard	Biphase
Truie reproductrice ⁽¹⁾ , kg K/an	7,73	7,73
Post-Sevrage (8-31 kg), kg K/porc	0,29	0,26
Engraissement (31-118 kg), kg K/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	1,58 0,018	1,32 0,015

Lisier conventionnel	K		K ₂ O	
	Standard	Biphase	Standard	Biphase
Truie reproductrice ⁽¹⁾⁽²⁾ , kg/an	7,73	7,73	9,3	9,3
Post-Sevrage (8-31 kg), kg/porc	0,29	0,26	0,34	0,31
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	1,58 0,018	1,32 0,015	1,90 0,022	1,59 0,018

Litière de paille	K		K ₂ O	
	Standard	Biphase	Standard	Biphase
Truie reproductrice ⁽¹⁾ , kg/an	12,4	12,4	15,0	15,0
Post-Sevrage (8-31 kg), kg/porc	0,38	0,35	0,46	0,42
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	2,14 0,026	1,89 0,022	2,58 0,031	2,27 0,026

Litière de sciure	K		K ₂ O	
	Standard	Biphase	Standard	Biphase
Post-Sevrage (8-31 kg), kg/porc	0,29	0,26	0,35	0,32
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	1,62 0,019	1,36 0,016	1,96 0,022	1,64 0,019

Lisier raclage en V	K		K ₂ O	
	Standard	Biphase	Standard	Biphase
Engraissement (31-118 kg), kg/porc <i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	1,52 0,017	1,27 0,015	1,82 0,021	1,53 0,018
dont phase solide	0,71	0,60	0,85	0,72
dont phase liquide	0,81	0,68	0,97	0,81

⁽¹⁾ pour les truies non productives le rejet par an est estimé à 3 fois celui du porc à l'engraissement

⁽²⁾ pour un logement sur paille pendant la gestation et sur caillebotis pendant la lactation

Fiche 1d - CUIVRE et ZINC
Référence de rejet de cuivre et zinc des porcs

Tous systèmes	Zinc	Cuivre
Truie reproductrice ⁽¹⁾ , g/an	173	29,7
Post-Sevrage (8-31 kg), g/porc	5,3 (18,7) ⁽²⁾	6,6
Engraissement (31-118 kg), g/porc	34,1	5,9
<i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	<i>0,392</i>	<i>0,068</i>
dont phase solide, g/porc	31,4	5,4
dont phase liquide, g/porc	2,7	0,5

⁽¹⁾ pour les truies non productives le rejet par an est estimé à 3 fois celui du porc à l'engraissement

⁽²⁾ dans le cas d'une utilisation médicamenteuse d'oxyde de zinc dans l'aliment premier âge (2500 ppm de Zn ajoutée sous forme d'oxyde) l'excrétion passe à 18,7 g par porcelet

Références bibliographiques

- AGRESTE, 2013. Les élevages de porcs en France métropolitaine en 2010 - Recensement agricole 2010 - 11 500 élevages porcins détiennent la quasi-totalité du cheptel national - Primeur N° 300. Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/primeur300.pdf>
- Circulaire DEPSE/SDEA/C2001-7047, 2001. Capacité de stockage des effluents d'élevage. Application de la réglementation des installations classées relative aux élevages.
- Corpen, 1996. Estimation des rejets d'azote et de phosphore des élevages de porc.
- Corpen, 2003. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections produites. Ed Corpen, 41 pages.
- Dambreville C., Hénault C., Philippot L., Chaussod R., Bizouard F., Morvan T., Germon J.C., 2004. Effets comparés des apports de lisier de porc et d'une fertilisation minérale sur le fonctionnement de la dénitrification dans un sol. Impact sur la réduction de N₂O. Journées Recherche Porcine, 36, 97-104.
- Dourmad J.Y., Jondreville, C. 2007. Impact of nutrition on nitrogen, phosphorus, Cu and Zn in pig manure, and on emissions of ammonia and odours. *Livestock Science*, 192, 192-198.
- Dourmad J.Y., Pomar C., Massé D., 2002. modélisation du flux de composés à risque pour l'environnement dans un élevage porcin. Journées Recherche Porcine, 34, 183-194.
- Dumont B., Fortun-Lamothe L., Jouven M., Thomas M., Tichit M., 2013. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal* 7, 1028-1043.
- EMEP/EAAP, 2013. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook, technical guidance to prepare national emission inventories. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013/#>
- Espagnol S., Loyon L., Guiziou F., Robin P., Bossuet I., Hassouna M., 2009. Mesure des émissions gazeuses au stockage de lisier porcin. Journées Recherche Porcine, 41, 265-270.
- Espagnol S., Levasseur P., Hassouna M., 2012. Gaseous emissions during pig slurry storage: lessons for farm measurements. in Hassouna M., Guingand N. (Ed) Emission of gas and dust from livestock, 304-307. <https://colloque4.inra.fr/var/emili2012/storage/fckeditor/file/Documents/BookEmili2012.pdf>
- Fernández J.A., Poulsen H. D., Boisen S. and H. B. Rom, 1999. Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production: Denmark. *Livest. Prod. Sci*, 58, 225-242.
- Garcia-Launay F., Van Der Werf H., Nguyen T.T.H., Le Tutour L., Dourmad J.Y., 2014. Evaluation of the environmental implications of the incorporation of feed-use amino acids in pig production using Life Cycle Assessment. *Livestock Science*, 16, 158–175.
- Griffing E.M., Overcash M., Westerman P., 2007. A review of gaseous ammonia emissions from slurry pits in pig production systems. *Biosystems Engineering* 97:295-312.
- Guingand N., 2002. Émission d'ammoniac liée au stockage du lisier de porc : résultats de laboratoire et de terrain. Journées Recherche Porcine, 34, 161-166.
- Hassouna M., Robin P., Texier C., Ramonet Y., 2005. NH₃, N₂O and CH₄ emission factors from pig-on-litter systems. In Proceedings of the International Workshop on Green Pork Production (ed. M. Bonneau and M. Bourgoïn), pp. 121–122. INRA, Paris, France.
- IFIP, 2014. Le porc par les chiffres, Edition 2014-2015. 44 pages.
- IFIP, 2015a. Résultats de gestion technico-économique, élevages naisseur-engraisseur. <http://ifip.asso.fr/PagesStatics/resultat/pdf/an/gte006.pdf>
- IFIP, 2015b. Résultats de gestion technique des troupeaux de truies. <http://ifip.asso.fr/PagesStatics/resultat/pdf/an/gttt003.pdf>
- IPCC 2006. 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T and Tanabe K (Eds). IGES, Japan.
- Jondreville C., Revy P.S., Dourmad J.Y., Nys Y., Hillion S., Pontrucher F., Gonzalez J., Soler J., Lizardo R., Tibau J., 2004. Influence du sexe et du génotype sur la rétention corporelle de calcium,

phosphore, potassium, sodium, magnésium, fer, zinc et cuivre chez le porc de 25 à 135 kg de poids vif. Journées Recherche Porcine, 36, 17-24.

- Jongbloed A.W., Kemme P.A., van Diepen J.Th.M., Kogut J., 2002a. Content of nitrogen, phosphorus and potassium in pigs from birth up to 120 kg body weight and in gilts. ID-Lelystad report no. 2222.
- 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. Journées Recherche Porcine, 41, 259-264.
- Landrain B., Ramonet Y., Corouge A., Robin P., 2010. Performances zootechniques et émissions gazeuses de quatre porcheries sans lisier. Journées Recherche Porcine, 42, 299-300.
- Létourneau-Montminy M.P., Narcy A., Dourmad J. Y., Crenshaw T. D., Pomar C., 2014. Modelling the metabolic fate of dietary phosphorus and calcium and the dynamics of body ash content in growing pigs. Journal of Animal Science, 93, 1200-1217.
- Loussouarn A., Lagadec S., Robin P., Hassouna M., 2014. Raclage en "V" bilan environnemental et zootechnique dlors de sept années de fonctionnement à Guernenez. Journées Recherche Porcine, 46, 199-204.
- Meschy F., Jondreville C., Dourmad J.Y., Nys Y. 2008. Maîtrise des rejets de phosphore dans les effluents d'élevage. INRA Production Animale, 21, 79-86.
- Peyraud J.-L., Cellier P., (coord.), Aarts F., Béline F., Bockstaller C., Bourblanc M., Delaby L., Donnars C., Dourmad J.Y., Dupraz P., Durand P., Faverdin P., Fiorelli J.L., Gaigné C., Girard A., Guillaume F., Kuikman P., Langlais A., Le Goffe P., Le Perchec S., Lescoat P., Morvan T., Nicourt C., Parnaudeau V., Peyraud J.L., Réchauchère O., Rochette P., Vertes F., Veysset P., 2012. Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective, rapport, Inra (France), 503 pages.
- Pouillot F., Godbout S., Dufour V., Von Bernuth R., Hill J., 2005. Évaluation de l'efficacité d'un système de séparation fèces-urine sous caillebotis en engraissement. Bilan de masse et caractérisation des sous-produits. Journées Recherche Porcine, 37, 45-50.
- Poulsen H.D., Lund P., Sehested J., Hutchings N., Sommer S.G., 2006. Quantification of nitrogen and phosphorus in manure in the Danish normative system. in SO Petersen (ed.), *12th Ramiran International Conference: Technology for Recycling of Manure and Organic Residues in a Whole-Farm Perspective*. Aarhus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, pp. 105-107. DIAS report, no. 123, vol. II.
- Ramonet Y., Dappelo C., 2003. L'élevage des porcs sur litière – Une diversité des systèmes en engraissement. Journées Recherche Porcine, 35, 1-6.
- Rieu M., Roussillon M.A., Legendre V., 2014. La filière porcine française, une compétitivité à reconquérir. Hors-série, 15èmes JSMTV. www.viandesetproduitscarnes.com, VPC-2014-30-6-3.
- Rigolot C., Espagnol S., Pomar C., Dourmad J-Y. 2010a. Modelling of manure production by pigs and NH₃, N₂O and CH₄ emissions. Part I: animal excretion and enteric CH₄, effect of feeding and performance. Animal, 4, 1401-1412.
- Rigolot C., Espagnol S., Robin P., Hassouna M., Béline F., Paillat J.M., Dourmad J-Y. 2010b. Modelling of manure production by pigs and NH₃, N₂O and CH₄ emissions. Part II: effect of animal housing, manure storage and treatment practices. Animal, 4, 1413-1424.
- SCEES, 2010. Enquête sur les bâtiments d'élevage porcin. Bâtiments utilisés en 2008 selon leur mode de stabulation. http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf_porcin2010T5.pdf
- Statistics Netherlands, 2012. Standardized calculation methods for animal manure and nutrients. Standard data 1990-2008. Statistics Netherlands, The Hague/Heerlen.
- Union Européenne, 2003, directive No 1334/2003. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2003R1334:20061226:EN:PDF>
- van der Peet-Schwering C.M.C, Jongbloed A.W., Aarnink A.J.A ., 1999. Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production: The Netherlands. Livestock Production Science, 58, 213–224.
- Von Bemuth R.D., Hill J.D., Henderson E., Godbout S., Hamel D., Pouliot F., 2005. Efficacy of a liquid/solid isolation system for swine manure. Transactions of the ASAE, 48, 1537-1546.

Évaluation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs

Influence de l'alimentation, du mode de logement et de la gestion des effluents

Ce document propose une mise à jour des références françaises d'excrétion et de quantités épandables d'azote, de phosphore, de potassium, de cuivre et de zinc dans les déjections porcines.

Ces références sont déterminées par une approche de bilan en accord avec les recommandations internationales. L'excrétion des différents éléments est calculée par différence entre l'ingestion et la rétention par les animaux. La rétention corporelle est estimée à partir d'équations de prédiction issues de la bibliographie, en incluant les données les plus récentes afin de tenir compte de l'évolution des génotypes. Pour les éléments ne générant pas d'émissions gazeuses (P, K, Cu et Zn), la quantité épandable est déterminée par celle excrétée plus la contribution éventuelle de la litière ajoutée (paille ou sciure).

Pour l'azote, la quantité épandable est déterminée en tenant compte des émissions gazeuses calculées sur la base de facteurs d'émissions spécifiques à chaque chaîne de collecte et de stockage des effluents.

- Une première série de références moyennes est déterminée sur la base d'une approche Tier2. Trois modalités de gestion des effluents sont considérées : caillebotis avec production de lisier, caillebotis avec raclage en «V» et séparation de phases, litière de paille ou de sciure, compostée ou non, et deux modalités d'alimentation : conventionnelle ou améliorée (à teneur réduite en protéines et en phosphore). Les performances des animaux proviennent de la base nationale de gestion technico-économique des élevages avec des données concernant 1 750 élevages naisseur-engraisseurs. La composition des aliments est issue des propositions d'un groupe d'experts associant des nutritionnistes de la recherche, du développement et de l'industrie de l'alimentation animale. Les références de rejets sont exprimées par animal et par an pour les truies, en incluant les porcelets jusqu'au sevrage, et par animal produit pour les porcelets en post-sevrage et les porcs en engraissement. Les rejets totaux de l'élevage sont ensuite déterminés en fonction de l'effectif de truies et du nombre de porcelets et de porcs à l'engrais produits dans l'année.
- Les secondes références sont basées sur le calcul d'un bilan réel simplifié d'élevage (BrsPorc), sur la base d'une approche Tier3, qui permet une détermination plus précise des rejets en fonction des performances, de la conduite alimentaire et de la gestion des effluents réellement pratiquées dans l'élevage.
Cette approche nécessite la collecte d'informations sur la consommation et la composition des aliments, sur le nombre de truies présentes et le nombre de porcelets et de porcs charcutiers produits par an. Deux outils de calcul utilisant cette approche sont référencés.