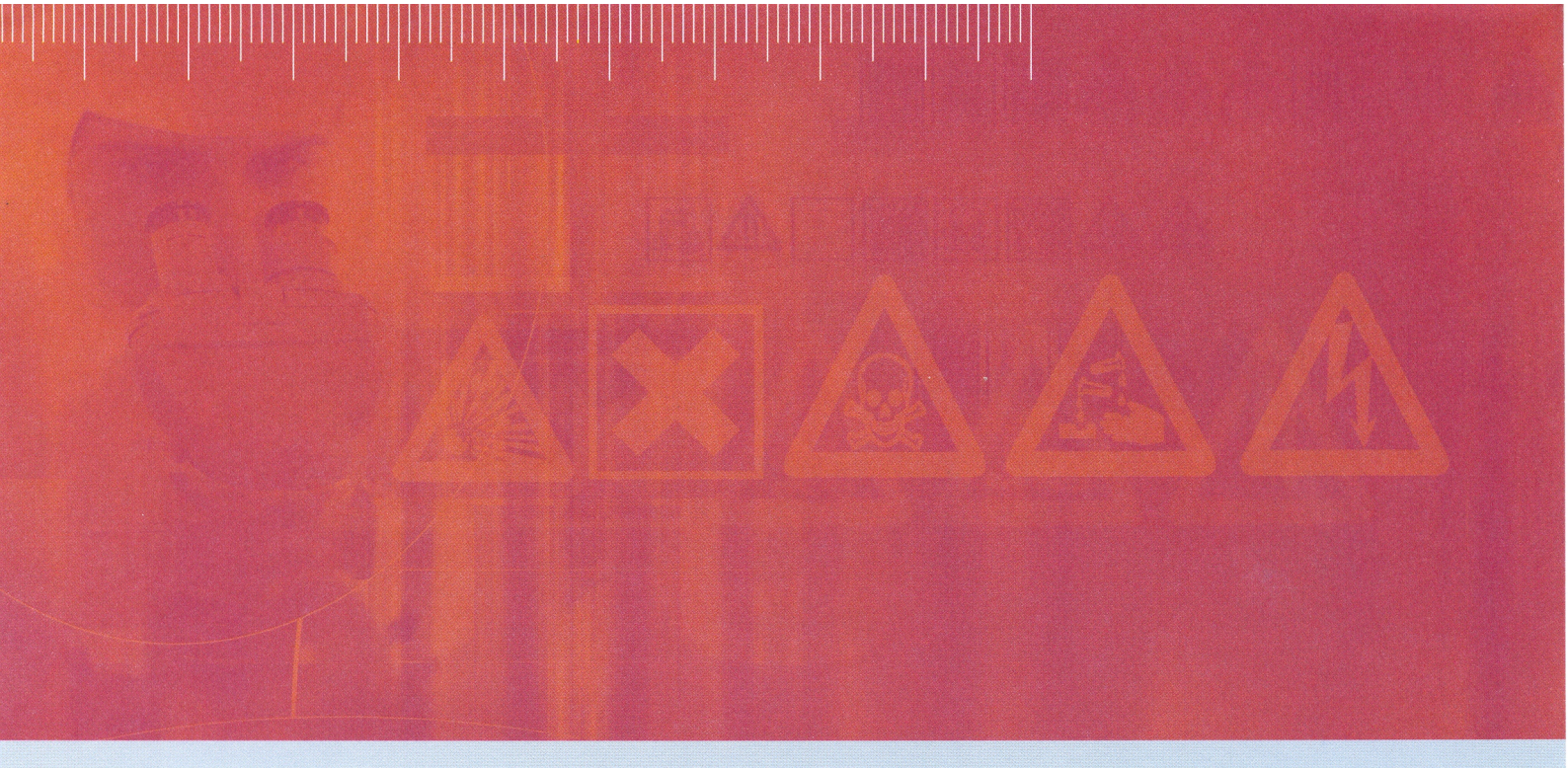


RAPPORT 04/11/2012
N° INERIS-DRC-12-125927-09778A

Paramètres d'exposition des animaux terrestres pour le module « Animaux terrestres » du modèle MODUL'ERS

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

PARAMETRES D'EXPOSITION DES ANIMAUX TERRESTRES POUR LE MODULE « ANIMAUX TERRESTRES » DU MODELE MODUL'ERS

Verneuil en Halatte (60)

Rapport réalisé pour le Ministère de l'Ecologie du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE)

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Vincent GRAMMONT

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Roseline BONNARD	Céline BOUDET	Martine RAMEL
Qualité	Ingénieur à l'Unité Impact sanitaire et expositions	Responsable de l'unité Impact sanitaire et expositions	Responsable du pôle Risques et technologies durables
Visa	R Bonnard		

TABLE DES MATIÈRES

1. PARAMETRES TRAITES 8

2. PARAMETRES D'EXPOSITION DES BOVINS 8

2.1 DUREE DE VIE AVANT ABATTAGE 9
2.2 MASSE DES BOVINS A L'ABATTAGE 9
2.3 MASSE DE MATIERES GRASSES DES BOVINS A L'ABATTAGE 10
2.4 MASSE DE LAIT EXCRETE PAR JOUR PAR LA VACHE 12
2.5 MASSE DE MATIERES GRASSES EXCRETEES PAR JOUR PAR LA VACHE 13
2.6 REGIME ALIMENTAIRE 13
2.7 QUANTITE DE SOL INGERE 17
2.8 VOLUME D'EAU INGERE 18

3. PARAMETRES D'EXPOSITION DES POULES ET POULETS 19

3.1 DUREE DE VIE AVANT ABATTAGE 19
3.2 MASSE DES ANIMAUX A L'ABATTAGE 19
3.3 MASSE DE MATIERES GRASSES DES ANIMAUX A L'ABATTAGE 20
3.4 PRODUCTION JOURNALIERE D'ŒUFS 20
3.5 MASSE DE MATIERES GRASSES EXCRETEES PAR JOUR PAR LA POULE 21
3.6 REGIME ALIMENTAIRE 21
3.7 QUANTITE DE SOL INGERE 23
3.8 VOLUME D'EAU INGERE 23

4. PARAMETRES D'EXPOSITION DES PORCS 25

4.1 DUREE DE VIE AVANT ABATTAGE 25
4.2 MASSE DES PORCS A L'ABATTAGE 25
4.3 MASSE DE MATIERES GRASSES CHEZ LE PORC A L'ABATTAGE 26
4.4 REGIME ALIMENTAIRE 26
4.5 QUANTITE DE SOL INGERE 28
4.6 QUANTITE D'EAU CONSOMMEE 28

5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 *:* Durée de vie des bovins (an) – Duree_vie_a 9
Tableau 2 : Masse des bovins (kg) – Masse_anim1 10
Tableau 3 *:* Masse de matières grasses des bovins (kg) - Masse_mg_anim1 12
Tableau 4 *:* Masse de lait excrété par jour par la vache (kg/j) - Masse_anim2 13
Tableau 5 : Masse de matières grasses excrétées par jour par la vache (kg/j) - Masse_mg_anim2 13
Tableau 6 : Régime alimentaire des bovins (kg sec/j) – Qa_veg 16
Tableau 7 : Quantité de sol ingérée par les bovins (kg/j) – Qa_sol 17
Tableau 8 : Volume d'eau ingéré (l/j) – Qa_eau 18
Tableau 9 : Durée de vie (an) - Duree_vie_a 19
Tableau 10 : Masse de l'animal adulte ou à l'abattage (kg) – Masse_anim1 20
Tableau 11 : Masse de graisse chez l'animal (kg) – Masse_mg_anim1 20
Tableau 12 : Production d'œufs par la poule (masse d'œuf excrété par jour) – (kg) – Masse_anim2 21
Tableau 13 : Masse de matières grasses excrétées par jour par la poule (kg/j) - Masse_mg_anim2 21
Tableau 14 : Régime alimentaire des volailles (kg sec/j) – Qa_veg 22
Tableau 15 : Quantité de sol ingérée par les volailles (kg/j) – Qa_sol 23
Tableau 16 : Volume d'eau ingéré (l/j) – Qa_eau 24
Tableau 17 : Masse de l'animal adulte ou à l'abattage (kg) – Masse_anim1 25
Tableau 18 : Masse de l'animal adulte ou à l'abattage (kg) – Masse_mg_anim1 26
Tableau 19 : Régime alimentaire des porcs (kg sec/j) – Qa_veg 27
Tableau 20 : Quantité de sol ingérée par les porcs (kg/j) – Qa_sol 28
Tableau 21 : Volume d'eau ingéré (l/j) – Qa_eau 29

RESUME

L'INERIS met à disposition l'outil de modélisation et de simulation MODUL'ERS pour estimer les concentrations, les expositions et les risques sanitaires liées à un sol contaminé ou une installation classée pour l'environnement.

Pour faciliter l'utilisation de cet outil, des rapports ou des notes sont également fournis sur les données d'entrée des différents modules contenus dans cet outil.

Le présent rapport réunit les informations collectées et sélectionnées pour renseigner les paramètres d'exposition des animaux d'élevage (bovins, poules et poulets, cochons). Ce travail s'appuie pour l'essentiel sur des données recueillies dans des publications scientifiques et sur les sites internet d'organismes professionnels. Les données fournies sans information contextuelle (rapports synthétiques) ne sont reportées qu'à titre indicatif pour estimer la variabilité et/ou l'incertitude entourant les paramètres étudiés.

Au final, ce rapport propose des intervalles de valeurs et des valeurs ponctuelles pour la plupart des paramètres. Les intervalles de valeurs fournis visent à représenter l'essentiel des situations sans chercher à couvrir des situations extrêmes. Les valeurs ponctuelles sont supposées représenter le cas le plus probable.

1. PARAMETRES TRAITES

Ce document a pour objectif d'aider les évaluateurs à renseigner les données d'entrée (« parameters » et « time-series ») contenus dans les modules « Animaux terrestres » du modèle MODUL'ERS.

Le module « Animaux terrestres » vise notamment à estimer les concentrations de polluants attendues dans la viande ou la matière grasse de la viande (appelée dans MODUL'ERS « tissu 1 ») des animaux, ainsi que dans le lait et les œufs ou la matière grasse de ces aliments (appelé dans MODUL'ERS « tissu 2 ») produits par ces animaux.

Ce document s'intéresse aux paramètres nécessaires à la définition de l'exposition des bovins, à celle des volailles et à celle des cochons.

Les quantités de viande, de lait et d'œufs consommées par les personnes font l'objet d'un autre document sur les consommations alimentaires.

2. PARAMETRES D'EXPOSITION DES BOVINS

Concernant les bovins, sont considérés :

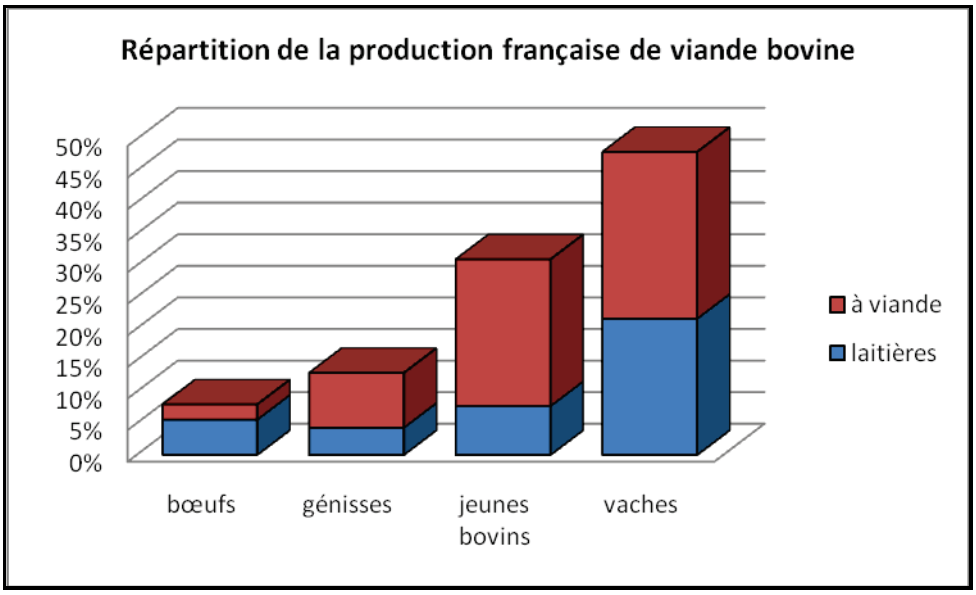
- les vaches laitières, pour la production de lait.

  Les races présentes sur le territoire ayant des caractéristiques différentes, nous considérons prioritairement des vaches de race Prim'holstein élevées spécifiquement pour la production de lait. Cette race constitue plus de 60% du cheptel de vaches laitières sur l'ensemble du territoire français, et fournit près de 80% de la collecte nationale de lait [www.prim'holstein.com]. Viennent ensuite les races Montbéliarde et Normande.

- les vaches, les bœufs et génisses, pour la production de viande.

  D'après l'institut Interbev (2005) et Jurie et al. (2007), la viande de bœuf consommée en France provient en effet à 60% de vaches, 15% de génisses, 15% de jeunes bovins et 10% de bœufs. Environ 40% des animaux consommés sont d'origine laitière et 60% de type allaitant. Plus de 20% de la viande consommée en France provient de vaches laitières. Les principales races à viande élevées en France sont les Charolais, les Limousins et les Blonds d'Aquitaine.

  Comme les vaches laitières, les vaches allaitantes en fin de carrière sont consommées pour leur viande (éventuellement après une période de finition). Les bœufs et génisses, qui suivent la même conduite alimentaire, ont une durée de vie plus longue que celle des jeunes bovins. Les données d'exposition des jeunes bovins ne sont pas étudiées dans la suite de ce document.



2.1 DUREE DE VIE AVANT ABATTAGE

Lorsque les concentrations dans les produits animaux sont estimées selon une approche dynamique, il est nécessaire de connaître la durée d'exposition des animaux. Pour rappel, dans MODUL'ERS, les concentrations dans les produits animaux sont alors calculées pour des animaux en fin de vie, c'est-à-dire avant abattage, afin de prendre en compte la durée d'exposition la plus longue possible.

Tableau 1 *:* **Durée de vie des bovins (an) – Duree_vie_a**

	Vache	Bœuf/Génisse	Sources
Intervalle de valeurs	5 – 10	2 – 3,5	www.ferme-pedagogique-savoie.com/v2/UserFiles/File/Livrets/Vache.pdf www.lafranceagricole.fr/l-agriculture/animaux/bovins-19876.html#1 www.lepaysanducoin.fr/typebovin.html
Valeur ponctuelle	7,5	Bœuf : 2,5 Génisse : 3,0	Valeurs intermédiaires dans la gamme trouvée pour la vache laitière Valeurs moyennes données pour le bœuf et la génisse par Interbev, 2005 et Dozias et al., 1995

2.2 MASSE DES BOVINS A L'ABATTAGE

Vache

D'après différentes sources consultées sur internet, le poids moyen d'une vache adulte est compris entre 500 et 900 kg. Toutefois, certaines bêtes appartenant à des races à viande (en particulier Charolaises et Blondes d'Aquitaine) peuvent présenter un poids supérieur. Le site du CNIEL [www.CNIEL.com] donne un poids moyen de 600 kg pour une vache laitière. Pour les races les plus représentées dans les troupeaux laitiers et allaitants français, des valeurs allant de 600 à 800 kg sont trouvées [http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_races_bovines_de_France].

Pour une vache laitière adulte de race Prim'Holstein, une masse de 600 à 700 kg est donnée.

Bœuf/génisse

Le poids de l'animal est assez variable en fonction de l'âge et de l'espèce.

Le site internet http://chelsea.free.fr donne un poids de 900 kg pour un bœuf élevé pour la boucherie, avant abattage, et une fourchette 600-800 kg dans une autre page pour un bœuf de race Pie-noir. Pour un bouvillon de 2 ans, le même site donne un poids compris entre 400 et 600 kg. Dozias et al. qui ont mené des essais d'alimentation sur 275 bœufs de type laitier, abattus à 30 mois, donnent des poids à l'abattage selon les groupes expérimentaux allant de 684 à 727 kg, et un poids moyen de 707+/-43 kg. Wikipedia donne des poids à l'abattage pour les bœufs, les génisses et les vaches de boucherie compris entre 600 et 800 kg

Le site www.salers.org indique un poids de 600 kg pour une génisse et de 700-750 kg pour un bœuf, toujours avant abattage.

Les valeurs données ci-dessus correspondent au poids vif de l'animal. Elles tiennent compte du contenu digestif. Pour modéliser les concentrations dans les tissus d'un animal, il est plus logique de tenir compte du poids vif vide. D'après les publications de Béranger et al., (1970), Malterre et al. (1989), et de Dozias et al. (1995), le rapport poids vif vide sur poids vif pour les bovins est compris entre 81 et 90%

Tableau 2 **: Masse des bovins (kg) – Masse_anim1**

	Vache	Bœuf/génisse	Commentaire
Poids vif moyen : Intervalle de valeurs	500-900	600-900	http://artic.ac-besancon.fr/ecole_primaire_aillevillers/tout%20sur%20vaches.htm http://chelsea.free.fr www.primholstein.com www.salers.org
Poids vif : Valeur ponctuelle	650	700	Valeur intermédiaire pour la race laitière la plus représentée Valeur correspondant à un bœuf abattu à 30 mois [Dozias et al., 1995]
Poids vif vide : Valeur ponctuelle	550	600	Prise en compte de valeurs de poids vifs et d'un rapport poids vif vide/poids vif intermédiaire

2.3 MASSE DE MATIERES GRASSES DES BOVINS A L'ABATTAGE

Les lipides sont principalement contenus dans les dépôts adipeux, le reste des lipides siégeant dans les muscles et les os.

Vache

D'après Petit et al. (1993), le rapport masse des dépôts adipeux sur masse des lipides contenus dans le corps entier est de 89% pour des vaches allaitantes de type Charolaise. D'après ces auteurs, cela correspond aussi, pour des bêtes de 700 kg, à 85 kg de dépôts adipeux (soit 12% du poids vif).

Des essais ont été menés par Jurie et al. (2007). et Malterre et al. (1989), sur différents types de vaches laitières (Holstein) et allaitantes (Salers, Limousines) taries pour connaître leur aptitude à reprendre du poids avant abattage. Les valeurs de dépôts adipeux totaux reportées pour les vaches ayant connu une période de finition avant abattage sont compris entre 71 et 152 kg (pour un poids vif compris entre 600 et 700 kg). Toutefois, des vaches amaigries sans période d'engraissement peuvent être conduites à l'abattoir. Dans ce cas, la masse de dépôts adipeux peut être beaucoup plus faible. Malterre et al. (1989) rapportent les caractéristiques de vaches de réforme de race Limousine abattues sans période d'engraissement (ou finition). Ces vaches présentaient un poids vif moyen de 522 kg et des dépôts adipeux équivalents à 34 +/-5 kg.

Bœuf/génisse

Les publications donnent pour les bœufs des taux de matière grasse très variables dans la carcasse, qui dépendent de l'âge, du régime alimentaire et du poids de l'animal. Ils sont compris :

- entre 4 et 31 % du poids de la carcasse, d'après Lofgreen et al., 1962 (pour des animaux pesant entre 250 et 500 kg),
- entre 5 et 22% du poids de la carcasse, d'après le site www.aliments.org/bovins, les pourcentages les plus élevés correspondant aux animaux les plus lourds.

Selon ce site et le site http://chelsea.free.fr/Generalites.htm,

- le poids de la carcasse représente de 52 à 57% du poids vif de l'animal,
- le cinquième quartier (comprenant le suif, le cuir, les cornes, les abats…) correspond, à 26% du poids vif,
- le suif et le gras des rognons pèsent entre 10 et 30 kg.

En combinant ces éléments pour un animal de 700 kg (poids vif), en prenant en compte un pourcentage moyen de matière grasse dans la carcasse et une masse moyenne pour le suif et le gras de rognons, on obtient environ un poids total de matière grasse de 90 kg.

Dozias et al (1995) rapportent des masses de dépôts adipeux totaux comprises entre 80 et 104 kg, pour des lots de bœufs abattus à 30 mois, avec un poids vif moyen compris entre 684 et 727 kg pour les différents lots. Les dépôts adipeux représentent de 12 à 14% du poids vif. Pour des génisses de type Salers, Hoch et al. (2002) indiquent que la masse des dépôts adipeux représente 78% de la masse des lipides contenus dans le corps entier de l'animal. Pour des animaux de 700 kg de poids vif à l'abattage, cela représente 127 kg de dépôts adipeux (soit 18% du poids vif).

Tableau 3 *:* **Masse de matières grasses des bovins (kg) - Masse_mg_anim1**

	Vache	Bœuf/génisse	Commentaires
Intervalle de valeurs	40-170	90-180	Vache : valeur minimale et maximale de dépôts adipeux relevées divisées par le rapport masse de dépôts adipeux/masse de lipides min : 34 kg / 0,89 – max : 152 kg / 0,89 Bœuf/génisse : calculs effectués à partir d'une gamme de poids vif plus étendue que celle relevée dans les publications citées dans cette section. Multiplication du poids vif par les valeurs minimale et maximale des rapports dépôts adipeux/poids vif et division par le rapport masse de dépôts adipeux / masse de lipides min : 600 kg x 0,12 / 0,78 max : 800 kg x 0,18 / 0,78
Valeur ponctuelle	100 kg	125 kg	Valeurs ponctuelles du poids vif multipliée par la valeur médiane du rapport masse de dépôts adipeux/Poids vif et divisées par le rapport masse de dépôts adipeux / masse de lipides Vache : 650 kg x 0,13 / 0,89 Bœuf/génisse : 700 kg x 0,14 / 0,78

2.4 MASSE DE LAIT EXCRETE PAR JOUR PAR LA VACHE

Races laitières

Le document « Le point sur l'alimentation des bovins et des ovins et la qualité des viandes » [Interbev, 2005] indique une production annuelle moyenne de 6000 l/an pour une vache laitière.

Selon le rapport annuel 2009 du CNIEL, la production moyenne par vache laitière est de 6100 kg. Sur son site [www.cniel.com], le même organisme indique une production entre 4000 et 7000 litres de lait par lactation et des performances individuelles pouvant dépasser 10000 litres par an.

Enfin, une lactation brute totale de 9215 kg de lait sur 350 jours est donnée par le site www.primholstein.com pour 2011, soit une production lissée sur l'année 25,25 kg par jour. Certaines vaches de race Prim'holstein peuvent néanmoins dépasser une production de 11000 litres par an, voire 14000 litres pour les meilleures.

Selon la synthèse 2008 des données des réseaux d'élevage, la production annuelle varie selon les systèmes d'élevage de 6618 l/an (montagne) à 7817 l/an (polyculture).

Races allaitantes

Le document « Le point sur l'alimentation des bovins et des ovins et la qualité des viandes » [Interbev, 2005] indique une production annuelle moyenne de 1500 l/an pour les races à viandes.

Les masses de lait excrété par une vache sont définies en tenant en compte d'une masse volumique égal à 1,032 kg/l. Ces quantités sont rapportées au nombre de jours par an.

Tableau 4 : **Masse de lait excrété par jour par la vache (kg/j) - Masse_anim2**

	Vache laitière	Vache allaitante (race à viande)
Intervalle de valeurs	11,3 - 28,3	
Valeur ponctuelle	25 (production moyenne d'une vache Prim'holstein)	4,2

2.5 MASSE DE MATIERES GRASSES EXCRETEES PAR JOUR PAR LA VACHE

La masse de matières grasses excrétées par jour est calculée en multipliant la masse de lait produite par jour par le taux de matière grasse du lait.

Dans l'Union européenne, la notion de « lait entier » est normalisée en vertu du règlement CEE n° 566/76 du Conseil du 15 mars 1976. Selon ce texte, l'appellation « lait entier » s'applique à :

« *un lait […] qui, en ce qui concerne sa teneur en matière grasse, répond à l'une des formules suivantes :*

- *lait entier normalisé : la teneur en matière grasse s'élève à 3,50 % au minimum ;*
- *lait entier non normalisé : la teneur en matière grasse n'a pas été modifiée depuis le stade de la traite[…]. Toutefois, la teneur en matière grasse ne peut être inférieure à 3 %.* »

Selon le site www.cniel.com, un litre de lait cru contient en moyenne près de 900 g d'eau et 130 g d'extrait sec, dont 35 à 45 g de matière grasse.

Le site www.prim'holstein.com indique un rapport butyreux de 39,7 ‰, issu du contrôle laitier 2011.

Tableau 5 : **Masse de matières grasses excrétées par jour par la vache (kg/j) - Masse_mg_anim2**

Intervalle de valeurs	0,40 – 1,3	Min : 11,3 kg x 3,5% Max : 28,3 kg x 4,5%
Valeur ponctuelle	1,0	Pour la race Prim'holstein : 25,2 kg x 3,97%

2.6 REGIME ALIMENTAIRE

L'alimentation des ruminants est décrite dans un document d'Interbev (2005).

D'une manière générale, elle est composée de plusieurs sortes d'aliments. A la naissance, les bovins consomment d'abord du lait, puis leur alimentation combine fourrages et aliments concentrés, auxquels sont ajoutés minéraux et vitamines. Les fourrages sont consommés soit en vert, généralement lors de la pâture, soit sous forme conservée : ensilage (herbe et maïs), foin ou enrubannage. Des aliments concentrés permettent de compléter les besoins de l'animal en énergie et protéines non couverts par les fourrages. Pour cela, des aliments plutôt riches en énergie (céréales) et des aliments plutôt riches en protéines (graines de protéagineux ou tourteaux d'oléagineux) peuvent être ajoutés à la ration alimentaire des bovins.

Les conduites alimentaires diffèrent selon le type d'élevage. A partir des données d'Interbev (2005), l'alimentation de plusieurs types d'élevage est décrite ci-dessous.

Bœufs/génisses de race à viande

Les veaux accompagnent leurs mères jusqu'à 7 ou 9 mois. L'alimentation de ces animaux se composent ensuite de fourrage à 90% (herbe pendant 200 à 280 jours, foin en hiver), complémentés d'environ 10% de concentrés (céréales et tourteaux). Les portions de fourrage croissent du sevrage jusqu'à l'abattage, de 4 à 14,8 kg MS/j. En moyenne sur cette période, les animaux consomment environ 7,9 kg de matière sèche par jour de fourrage et 0,5 kg de matière sèche par jour de concentrés.

Bœufs/génisses laitiers

Pendant 3 à 4 mois, les animaux sont nourris avec un aliment d'allaitement, du foin et du concentré. Puis, ils reçoivent pendant 3 mois de l'ensilage de maïs, des céréales et des tourteaux. Ils connaissent alors une alternance de phases d'élevage en pâturage et en bâtiment, où ils reçoivent de l'ensilage de maïs et du foin. D'après les données fournies par Interbev, les quantités de fourrage et ensilage consommées vont de 3,3 à 10,5 kg de matières sèches de 3 mois à 30 mois. En moyenne sur cette période, les animaux consomment environ 7,7 kg de matière sèche par jour dont 0,8 kg de concentrés.

Vache laitière

Pour une production de l'ordre de 8000 kg de lait par an, les vaches laitières sont nourries de 4500 à 5000 kg de matière sèche de fourrage (frais ou ensilés) par an (soit 12,3 à 13,7 kg MS/j), complétés de 500 à 1500 kg de matière sèche de concentré par an (soit 1,4 à 4,1 kg MS/j).

Lorsque la décision de la réforme est prise, un engraissement (appelé finition) pendant 2 ou 3 mois peut être réalisé pour permettre aux vaches taries de reprendre du poids. Des rations de 10 à 15 kg de matières sèches de fourrage et de 3 à 6 kg de concentrés sont alors fournies.

Vache allaitante de race à viande

En production, les vaches passent 60 à 80% de l'année au pâturage avec le plus souvent de l'herbe seule. Leur consommation est de l'ordre de 2500 kg de matières sèches d'herbe par an. En hiver, l'alimentation est à base de foin ou d'ensilage d'herbe (2000 kg de matières sèches par an) complémenté avec un peu de concentrés (200 à 300 kg par an). Avant abattage, elles peuvent également subir une période d'engraissement de 60 à 100 jours, où elles reçoivent 2 à 3 kg de céréales en plus par jour.

Selon le site www.civ-viande.org, la proportion moyenne pour les races à viande est de : 60% d'herbe, 20% de maïs ensilé, 12% de céréales, 6% de tourteaux et 2% de vitamines. 92% de l'alimentation est produite sur l'exploitation. Ces informations intègrent d'autres catégories d'élevage (jeunes bœufs notamment) qui utilisent plus de concentré que les élevages retenus.

Le GCNC [GT chimique Nord-Cotentin, 2002] retient une ration totale de 11 à 12 kg MS/j, composée de :

- 12 kg MS/j d'herbe sur 8 mois, soit 8 kg MS/j en moyenne annuelle,

- 6 kg MS/j de maïs d'ensilage sur 4 mois, soit 2 kg MS/j en moyenne annuelle, et
- 4 kg MS/j de foin sur 4 mois, soit 1,3 kg MS/j en moyenne annuelle.

Le GT incertitudes [Groupe Radioécologique Nord-Cotentin, 2002] définit, lui, sur la base d'avis d'experts, trois distributions triangulaires ayant chacune pour valeur minimale 0 et pour valeurs modale et maximale, 70 kg frais par jour pour l'herbe et le foin, et 40 kg frais par jour pour le maïs ensilage. La somme des valeurs issues de ces trois distributions ne devait pas dépasser 70 kg frais/jour.

Les données utilisées par ces groupes de travail sont un peu plus faibles que celles relevées dans le document Interbev (2005)

Les valeurs reportées dans le tableau suivant sont :

- pour les vaches, les valeurs correspondant à des vaches en production ;
- pour les bœufs et génisses, celles correspondant à la dernière période d'élevage avant abattage ou finition éventuelle (période d'environ 2 à 4 mois), sauf mention contraire.

Tableau 6 : **Régime alimentaire des bovins (kg sec/j) – Qa_veg**

Intervalles de valeurs			
	Vache	Bœuf/génisse	Commentaires
Fourrage	10 à 15 kg MS/j dont : 55 à 80% d'herbe 20 à 45% de foin et ensilage	10,5 à 14,8 kg MS/j En moyenne sur la vie entière après sevrage : 6,9 à 7,9 kg MS/j dont : 55 à 77% d'herbe 23 à 45% de foin et ensilage	Dans le cas des races à viande, il semble que l'ensilage utilisé soit plutôt un ensilage d'herbe alors que l'ensilage de maïs serait plus utilisé dans le cas des races laitières
Concentrés (céréales, protéagineux, oléagineux)	vache laitière : 1,4 à 4,1 kg MS/j (6 kg MS/j en finition) vache allaitante de race à viande : 0,6 à 0,8 kg MS/j (3 kg MS/j en finition)	0 à 1,6 kg MS/j (2,9 kg MS/j race laitière en finition) En moyenne sur la vie entière après sevrage : 0,5 (race à viande) à 0,8 (race laitière) kg MS/j	La valeur de 1,6 kg correspond à 10% de la ration maximale. La valeur de 2,9 kg/j est calculée à partir du graphique d'Interbev, en considérant que 50% des concentrés sont fournis sur la dernière période d'élevage des bœufs/génisses de race laitière
Valeurs ponctuelles			
Fourrage	13 kg MS/j - 7,8 kg MS/j d'herbe - 5,2 kg MS/j de foin et ensilage (60% ensilage maïs + 40% foin)	12,7 kg MS/j - 8,2 kg MS/j d'herbe - 4,5 kg MS/j de foin et ensilage En moyenne sur la vie entière après sevrage : 7,4 kg MS/j - 4,8 kg MS/j d'herbe - 2,6 kg MS/j de foin et ensilage	Vache : valeurs pour la vache laitière. Répartition foin et ensilage maïs identique à celle du GCNC Bœufs/génisses : valeurs intermédiaires. Pour les races laitières, un ensilage maïs peut être utilisé avec le foin comme pour la vache laitière
Concentrés (céréales, protéagineux, oléagineux)	vache laitière : 2,7 kg MS/j (vache allaitante de race à viande : 0,7 kg MS/j)	1,4 kg MS/j En moyenne sur la vie entière après sevrage : 0,65 kg MS/j	Vache : valeurs intermédiaires (hors période de finition) Bœufs/génisses : 10% de la ration alimentaire

L'utilisation de ces données est préconisée dans le cas d'une modélisation des concentrations de polluants dans la viande ou le lait excrété à l'état stationnaire, c'est-à-dire en utilisant un facteur de bioconcentration ou de biotransfert[1]. Dans le cas d'une modélisation dynamique des concentrations dans les matrices animales, ces valeurs doivent également être utilisées si l'état stationnaire est atteint. En revanche, quand les facteurs de perte (lambda_anim et k_anim) sont

[1] Pour estimer le temps nécessaire pour atteindre l'état stationnaire le lecteur se rapportera à la section 1.7.1.2.3 du rapport Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle (référencé DRC-08-94882-16675B)

nuls (accumulation en l'absence d'élimination et de dégradation du polluant), il est préférable de prendre en compte les quantités moyennes de polluants ingérés par l'animal durant sa durée de vie, et pour cela, de prendre en compte les quantités moyennes d'aliments consommés pendant la vie de l'animal.

2.7 QUANTITE DE SOL INGERE

La quantité de sol ingérée dépend du mode d'alimentation. Elle est quelquefois évaluée en estimant la masse de sol présente sur les aliments des animaux.

Pour la quantité de sol ingérée par une vache pâturant, l'Agence Internationale de l'Energie Atomique [AIEA, 1994] cite Healy (1968), qui propose une valeur de 4% de la masse sèche de fourrage ingéré. L'AIEA cite également Zach et al. (1984) et Green et al. (1988), donnant pour ce paramètre une valeur moyenne de 0,5% dans le cas de fourrages stockés hors sol, de 1,5% pour des aliments stockés et de 6% pour des bovins pâturant.

Le GCNC [GT chimique Nord-Cotentin, 2002] a retenu une valeur de 0,7 kg/j pour la vache.

Sur la base d'avis d'experts, le GT incertitudes (2002) a défini une distribution triangulaire ayant pour valeur minimale 0 et pour valeur modale et maximale 0,5 kg par jour. Selon le GT incertitudes, des valeurs supérieures à 1 kg/j « correspondent à des conditions particulières, voire extrêmes qui ne sont pas celles que l'on peut trouver (…) en France de manière générale ».

Le modèle HHRAP [US EPA, 2005] recommande une quantité de sol ingéré de 0,5 kg/j pour le bœuf (4% de la ration sèche) et 0,4 kg/j (2% de la ration sèche) pour la vache.

Les valeurs retenues ici sont calculées par rapport aux rations alimentaires définies ci-dessus.

Tableau 7 : **Quantité de sol ingérée par les bovins (kg/j) – Qa_sol**

	Vache/ bœufs/génisses	Commentaires
Intervalles de valeurs	0,4 – 1	Valeur minimale : 10 kg de fourrage x 0,04 Valeur maximale d'après la littérature
Valeur retenue	0,5 Bœuf/génisses : 0,3 (en moyenne sur la vie entière après sevrage)*	Valeur correspondant à peu près à 4% de la ration journalière ingéré

*: Comme pour les quantités d'aliments ingérés, il peut être préférable pour les bœufs et génisses, dans le cas d'une modélisation dynamique sans prise en compte de perte par l'animal, de considérer la quantité de sol ingéré en moyenne pendant la durée de vie (cf. section 0).

2.8 VOLUME D'EAU INGERE

Le volume d'eau ingéré dépend du type d'alimentation (il augmente avec la teneur en matière sèche de la ration alimentaire), de la production de lait, du poids de l'animal, des conditions climatiques, de la consommation de sel.

Une vache tarie consomme environ 5 litres d'eau, si elle pâture de l'herbe jeune, contre 50 litres, si elle est nourrie au foin [Interbev, 2005]. Une vache en lactation alimentée avec du foin peut boire jusqu'à 100 litres d'eau.

Selon le guide interactif de l'abreuvement au pâturage [www. labuvette.fr], la consommation moyenne des vaches en production se situe entre 65 et 90 litres par jour, mais les consommations individuelles peuvent aller de 25 à 135 litres par jour, voire plus en été. Les vaches taries consomment, elles, 35 litres d'eau en moyenne par jour. D'après A. Meironen (2004), un bovin à l'engrais consomme 35 litres par jour. Les quantités d'eau requises par une génisse laitière de 5 à 24 mois vont de 14,4 à 36,3 litres par jour (consommation d'eau en moyenne annuelle : 25 l/j), celle d'un bovin en phase de semi-finition (pour un poids de 181 à 364 kg) vont de 15 à 40 litres par jour (consommation d'eau en moyenne annuelle : 25 l/j) et celles d'un bovin en finition (pour un poids de 364 à 636 kg) sont comprises entre 27 et 55 litres (consommation d'eau en moyenne annuelle : 41 l/j) [OMAFRA 2007].

Ces données sont cohérentes avec les propositions de l'AIEA (1994), qui donne un intervalle de 50 à 100 litres par jour pour une vache laitière et un intervalle de 20 à 60 litres par jour pour un bœuf (d'environ 500 kg).

Tableau 8 : **Volume d'eau ingéré (l/j) – Qa_eau**

	Vache laitière	Bœuf/génisse	Commentaires
Intervalle de valeurs	25-135	20-60	
Valeur ponctuelle	75	35 25 (en moyenne sur la vie entière après sevrage)*	valeurs intermédiaires

*: Comme pour les quantités d'aliments ingérés, il peut être préférable pour les bœufs et génisses, dans le cas d'une modélisation dynamique sans prise en compte de perte par l'animal, de considérer la quantité de sol ingéré en moyenne pendant la durée de vie (cf. section 0).

3. PARAMETRES D'EXPOSITION DES POULES ET POULETS

Les élevages de poules et poulets sont considérés de manière différentiée pour une meilleure représentativité des données.

Dans la mesure où l'outil de modélisation diffusé vise avant tout à caractériser le transfert de polluants environnementaux et l'exposition des populations à l'échelle locale, nous nous intéresserons prioritairement aux élevages de poules et poulets de type fermier, élevés en plein air et alimentés en priorité avec des céréales cultivées localement. Le cas des élevages intensifs utilisant des aliments commerciaux n'est donc pas décrit ici.

3.1 DUREE DE VIE AVANT ABATTAGE

Les poulets arrivent sur l'exploitation dès leur premier jour. Pour les poulets standards à croissance rapide, l'abattage intervient entre 35 et 40 jours après la naissance. Pour les poulets fermiers, le cahier des charges label rouge exige un minimum de 81 jours d'élevage [www.volaillelabelrouge.com]. Dans un élevage fermier traditionnel, l'abattage intervient à l'âge de 16 et 18 semaines (112 à 126 jours) [ITAVI, 2009].

Les élevages de poules pondeuses fonctionnent par cycle d'environ 1 an : les poules sont reçues à l'âge de 12 à 18 semaines [ITAVI, 2009]. Elles pondent à partir de leur 18ème semaine pendant près d'un an avant d'être abattues, soit une durée de vie de 16 mois environ [Chambre d'agriculture de Rhônes-Alpes]. Dans les élevages familiaux cependant, la durée de vie peut être bien supérieure : parfois elle peut-être de plus de 10 ans.

Tableau 9 : **Durée de vie (an) - Duree_vie_a**

	Poule	Poulet	Commentaire
Intervalle de valeurs	1,2 - 10	0,22 – 0,35	poulet : minimum pour label rouge, max pour fermier
Valeur ponctuelle	1,3	0,27	poulet : valeur intermédiaire

3.2 MASSE DES ANIMAUX A L'ABATTAGE

Les poulets fermiers sont abattus à un poids moyen de 3 kg.

D'après Champagne J. (2010), le poids vif des poulets label rouge à l'abattage est en moyenne de 2,25 kg et celui des poulets standards de 1,925 kg. Selon différentes sources [CIVAM, 2003 ; Chambre d'Agriculture du Grand Ouest, 2010 ; Chambre d'Agriculture de Lorraine, 2005; ITAVI, 2009], le poids vif des poulets élevés en plein air à l'abattage varie de 2,2 à 3 kg.

Le poids des poules pondeuses pendant la période de production varie de 1,6 à 2,0 kg [CIVAM, 2003].

Tableau 10 : **Masse de l'animal adulte ou à l'abattage (kg) – Masse_anim1**

	Poule	Poulet	Commentaire
Intervalle de valeurs	1,5 – 2,1	2,2 – 3,0	
Valeur ponctuelle	1,8	2,4	Poulet : Valeur médiane

3.3 MASSE DE MATIERES GRASSES DES ANIMAUX A L'ABATTAGE

D'après la publication de Leclercq (1989) et celles de Lessire (1995, 2001), qui reprennent les données de Leclercq, la teneur moyenne en lipides des poulets est de 17,2%. La teneur chez les mâles est plus faible (15,5%) que chez les femelles (18,9%).

Leclercq (1975, 1980) a réalisé des mesures sur différents lots de poules pondeuses en cage. A l'abattage, le lot de poules nourries à volonté présente un taux de lipides corporels moyen de 24%, tandis que pour le lot légèrement rationné (95% de la consommation du premier lot), ce taux est de 22%. Dans un autre essai, des poules sont sélectionnées sur leur poids. Le pourcentage de lipides corporels à l'âge de 46 semaines est mesuré pour la lignée maigre (poids moyen : 1,82 kg) et pour la lignée grasse (poids moyen : 2,48 kg). Il est respectivement égal à 17,4% et 31,3% pour les deux lignées. Ces taux de lipides ne seront pas pris en compte, car jugés extrêmes et peu représentatifs des caractéristiques classiques d'un élevage de poules pondeuses. Un intervalle de 20 à 25% sera utilisé pour le calcul de la masse de graisse corporelle chez la poule.

Tableau 11 : **Masse de graisse chez l'animal (kg) – Masse_mg_anim1**

	Poule	Poulet	Commentaire
Intervalle de valeurs	0,30 – 0,53	0,34 – 0,57	Prise en compte des bornes des intervalles définis pour la masse corporelle (cf. tableau précédent) et des valeurs hautes et basses des taux de matières grasses relevés respectivement pour la poule et le poulet
Valeur ponctuelle	0,41	0,41	Valeur correspondant aux taux de lipides intermédiaires et aux valeurs ponctuelles retenues pour la masse corporelle de la poule et du poulet dans le tableau précédent

3.4 PRODUCTION JOURNALIERE D'ŒUFS

Selon les sources consultées [Chambre d'agriculture de Rhônes-Alpes, Chambre d'agriculture de Bretagne, 2010 ; Carrie et al.,2006], les poules pondent entre 261 et 296 œufs par an, sur une durée de 322 à 347 jours de ponte. Les taux de ponte calculés vont de 0,75 (élevage bio) à 0,88 (élevage standard). Le poids moyen des œufs correspondants [Chambre d'agriculture de Rhônes-Alpes, Chambre d'agriculture de Bretagne, 2010] est compris entre 60 et 67 g. A partir de ces sources d'information, le poids d'œuf produit par jour est relevé ou calculé.

Remarque : La production d'œufs par poule est généralement calculée en divisant le nombre d'œufs produits par un lot par le nombre de poules présentes dans le

lot au démarrage, sans tenir compte de la mortalité en cours de période de ponte. Le taux de ponte par individu peut donc être sous-estimé.

Tableau 12 : **Production d'œufs par la poule (masse d'œuf excrété par jour) – (kg) – Masse_anim2**

	Poule	Commentaire
Intervalle de valeurs	$4{,}7.10^{-2}$ – $5{,}5\ .10^{-2}$	Valeurs calculées : Min = 0,79 œuf/j x 0,060 kg/œuf Max = 0,88 œuf/j x 0,067 kg/œuf
Valeur ponctuelle	$5{,}1.10^{-2}$	Valeur médiane 0,82 œuf/j x 0,062 kg/œuf

3.5 MASSE DE MATIERES GRASSES EXCRETEES PAR JOUR PAR LA POULE

Un œuf contient environ 10% de matière grasse [Descheemaeeker et al., 2002]. Un œuf de poule moyen (60g) contient 6,5 g de lipides d'après le site www.medecine-et-sante.com/nutrition/oeuf.html et 7 g selon le site www.ifn.asso.fr.

Tableau 13 : **Masse de matières grasses excrétées par jour par la poule (kg/j) - Masse_mg_anim2**

Intervalle de valeurs	$4{,}7.10^{-3}$ – $5{,}5\ .10^{-3}$	Un taux de 10% de matières grasses est appliqué à la production journalière d'œufs par les poules
Valeur ponctuelle	$5{,}1.10^{-3}$	

3.6 REGIME ALIMENTAIRE

Les poules et poulets reçoivent une alimentation essentiellement végétale, majoritairement à base de céréales.

Pour les poulets, le label rouge impose 100% de végétaux, dont 75% minimum de céréales (65% pour les poulets « Critères qualité certifiés » ou bio).

Poules pondeuses

Selon les chambres d'agriculture de Rhône-Alpes et de Bretagne, les poules pondeuses dans les élevages de type plein air, label rouge ou biologiques consomment entre 43 et 45,3 kg d'aliments, sur une durée de présence comprise entre 340 et 373 jours, soit une consommation d'aliments comprise entre 121 et 129 g d'aliments par jour.

Pour les poules pondeuses, le label rouge impose 100% de végétaux dont 50% minimum de céréales. Il n'y a pas d'exigences pour les poules non labélisées.

Le document « Créer un atelier de volailles en bio » [CIVAM, 2003] indique une ration alimentaire variant de 12 à 86 g/j (54 g/j en moyenne) pendant la période d'élevage (jusqu'à la 18ème semaine), avec 16 à 21 % de protéines. Pendant la période de production, la ration est de 120 g/j, avec 16% de protéines. Cette ration doit se composer au maximum de 70% de blé tendre, d'orge ou de maïs. Elle doit aussi contenir des protéagineux (pois : 20% au maximum, féverole, lupin) et des oléagineux (soja, colza : 5% maximum, tournesol,…), éventuellement sous forme de tourteaux (tournesol : 15% maximum,…).

Jondreville et al. (2010) ont également déterminé la consommation alimentaire de 4 lots de 200 poules pondeuses recevant une alimentation équilibrée pendant une période de six semaines. La consommation moyenne de ces lots allait de 94 à 112 g d'aliments par jour.

Dans son manuel sur les valeurs de paramètres pour l'estimation des transferts des radionucléides dans l'environnement, l'AIEA (1994) donne une valeur de 100 g pour les poules pondeuses avec un intervalle de valeurs possibles allant de 70 à 150 g.

Poulets

D'après le document « Créer un atelier de volailles en bio » [CIVAM, 2003], la consommation journalière d'aliments par le poulet varie de 10 à 121 g selon l'âge, soit une consommation de 76 g/j en moyenne pour un poulet de 12 semaines. La part de protéines varie de 16 à 21%, la proportion de protéines la plus élevée étant fournie lors de la phase de démarrage, correspondant aux 4 premières semaines.

La consommation moyenne journalière d'aliments par des poulets issus d'élevage label rouge et biologique a également été estimée à partir de l'indice de consommation, du poids de l'animal et de l'âge à l'abattage (sources : Institut National Polytechnique de Toulouse, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Toulouse, Institut Technique de l'Agriculture Biologique, Chambre d'agriculture du Grand Ouest). Des valeurs allant de 68 à 89 g/j ont été obtenues.

En phase de finition, à 11 semaines, une valeur de 100 g/j a également été relevée (www.galliparc.ch/pdf/galliparc-poulets.pdf).

Le groupe de travail GCNC (2002) a, lui, utilisé pour la volaille une ration quotidienne de 0,06 kg/j de maïs dans son étude.

Pour les poulets, l'AIEA (1994) propose une consommation de 70 g avec un intervalle de données allant de 50 à 150 g/j.

Les valeurs reportées dans le tableau suivant sont :

- pour les poules, celles relatives à la période de production d'œuf.
- pour les poulets, celles correspondant à la dernière période d'élevage avant abattage (à partir d'un âge de 10 semaines), sauf mention contraire.

Tableau 14 : **Régime alimentaire des volailles (kg sec/j) – Qa_veg**

	Poule	Poulet	Commentaire
Intervalle de valeurs	0,90 – 0,13 kg MS/j	0,10- 0,12 kg MS/j En moyenne sur la vie entière : 0,068 – 0,089 kg MS/j	Consommation alimentaire dans le cas d'un régime équilibrée. Des valeurs divergentes peuvent être trouvées dans le cas d'une ration déséquilibrée
Valeur ponctuelle	0,12 kg MS/j	0,11 kg MS/j En moyenne sur la vie entière : 0,080 kg MS/j	Valeurs intermédiaires

Comme dans le cas des bovins, l'utilisation de ces données est préconisée dans le cas d'une modélisation des concentrations de polluants dans la viande ou les

œufs à l'état stationnaire[2]. Lors d'une modélisation dynamique des concentrations dans les matrices animales, ces valeurs doivent également être utilisées si l'état stationnaire est atteint (ce qui devrait être vrai pour les poules pondeuses dans une majorité de cas). En revanche, quand les facteurs de perte (lambda_anim et k_anim) sont nuls (accumulation en l'absence d'élimination et de dégradation du polluant), il est préférable de prendre en compte les quantités moyennes de polluants ingérés par l'animal durant sa vie entière

3.7 QUANTITE DE SOL INGERE

HHRAP considère une quantité de sol ingéré correspondant à 10% de la ration journalière, soit 20 g/j.

Le GCNC (2002) a retenu une valeur de 0,1 kg/j pour la volaille.

Les résultats d'une étude menée par l'UR AFPA (Université de Nancy/INRA) indiquent une quantité de sol ingéré dépendant de l'alimentation. Dans le cas d'une alimentation complète, la quantité moyenne de sol ingérée par quatre lots de 200 poules variait de 3,6 g/j à 7,2 g/j par animal (moyenne : 5,5+/-1,8), tandis que les poules des lots ayant reçu une alimentation déséquilibrée, à base uniquement de blé, ingérait de 7,0 à 29,9 g/j (moyenne : 17,4+/-11,6) [Jondreville et al., 2010]. Les valeurs extrêmes relevées dans ce cas ne sont pas reportées dans le tableau suivant, car elles ne sont pas cohérentes avec la quantité d'œufs excrétée retenues dans la section 3.4 (les poules recevant une alimentation déséquilibrée produisent en effet une quantité d'œufs sensiblement inférieure et les teneurs de contaminants dans les œufs de ces poules peuvent être potentiellement beaucoup plus élevées). L'estimation de ces concentrations nécessite l'utilisation de valeurs de paramètres spécifiques.

Tableau 15 : **Quantité de sol ingérée par les volailles (kg/j) – Qa_sol**

	Poules/Poulets	Commentaires
Intervalles de valeurs	$3{,}5 \cdot 10^{-3} – 2.10^{-2}$	Valeurs extrêmes relevées hors expérience d'alimentation déséquilibrée
Valeur retenue	$5{,}5 \cdot 10^{-3}$	Moyenne des valeurs mesurées

Remarques :

- Ces données concernent des animaux ayant accès à un parcours extérieur ;
- Aucune donnée spécifique n'a été recueillie concernant les poulets.

3.8 VOLUME D'EAU INGERE

Le GCNC (2002) reporte une valeur de 0,2 l/j pour les volailles.

Le document du CIVAM (Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu Rural, 2003) indique une consommation d'eau correspondant à 10 % du poids de l'animal, soit 0,18 l/j pour une poule en période de ponte.

[2] Pour estimer le temps nécessaire pour atteindre l'état stationnaire le lecteur se rapportera à la section 1.7.1.2.3 du rapport Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle (référencé DRC-08-94882-16675B)

Le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales de l'Ontario (OMAFRA) donne des valeurs un peu plus élevées : 0,32 l/j en moyenne annuelle pour des « poulets à griller » (élevés jusqu'à huit semaines) et 0,25 l/j pour des poules pondeuses de 1,6 à 1,9 kg.

Tableau 16 : **Volume d'eau ingéré (l/j) – Qa_eau**

	Poule	Poulet	Commentaires
Intervalle de valeurs	0,15 – 0,25	0,22 – 0,32	Valeur minimale : 10% du poids de l'animal Valeur maximale : valeur moyenne donnée par OMAFRA
Valeur ponctuelle	0,18	0,24 en moyenne sur la vie entière : 0,14*	10% du poids de l'animal

*: Comme pour les quantités d'aliments ingérés, il peut être préférable dans le cas d'une modélisation dynamique sans prise en compte de perte par l'animal de considérer la quantité d'eau ingérée en moyenne pendant la durée de vie de l'animal (cf. section 3.6).

4. PARAMETRES D'EXPOSITION DES PORCS

Plus de 90% des élevages de porcs français sont des élevages en bâtiments sur caillebotis. Les élevages en bâtiments sur litière représentent environ 5% des élevages français et quelques pourcents consistent en des élevages en plein air. Toutefois, ces trois types d'élevage sont parfois associés au sein d'une même exploitation, certains éleveurs passant d'un système à l'autre selon la phase d'élevage (maternité, post-sevrage, engraissement).

4.1 DUREE DE VIE AVANT ABATTAGE

La plupart des porcs produits en France sont issus de souche à croissance rapide et sont abattus entre 6 et 7 mois [www. Leporc.com, www.la-viande.fr/lorganisation-de-lelevage-porcin-en-france]. Des races à croissance lente (comme le porc Gascon ou le cul noir Limousin) sont toutefois élevées dans quelques élevages en France, pour la production de charcuterie haut de gamme. Ces animaux sont abattus plus tardivement : entre 12 et 15 mois d'âge pour le porc gascon [www.boeuf-au-bif.fr/porc-gascon.html] et à 18 mois pour le porc cul Noir Limousin (Institut Technique du Porc).

Pour représenter la durée de vie des races classiques élevées dans la plupart des élevages français, une valeur de **182 jours** (soit 0,5 an) est proposée. Cette valeur correspond notamment à l'âge d'abattage minimal des porcs labels rouge [C. Dutertre, 2001]

4.2 MASSE DES PORCS A L'ABATTAGE

Le porc charcutier est généralement abattu avec un poids vif compris entre 115 et 120 kg [www. Leporc.com, Dutertre, 2001].

D'après Monin G., les porcs destinés à la consommation de viande fraîche et de charcuterie sont abattus généralement entre 100 et 120 kg de poids vif.

Les porcs de race rustique peuvent atteindre des poids beaucoup plus élevés, par exemple 150 kg pour un porc Gascon (Institut Technique du Porc), de 170 à 230 kg pour cul Noir Limousin [www.villageducochon.com/gazette/05_report_03_0.htm].

Dans son manuel sur les valeurs de paramètres pour l'estimation des transferts des radionucléides dans l'environnement, l'AIEA (1994) propose une valeur égale à 110 kg.

Tableau 17 : **Masse de l'animal adulte ou à l'abattage (kg) – Masse_anim1**

	Porc	Commentaire
Intervalle de valeurs	100 - 120	Valeurs relatives aux races classiques représentant l'essentiel de la production française
Valeur ponctuelle	115	

4.3 MASSE DE MATIERES GRASSES CHEZ LE PORC A L'ABATTAGE

Girard et al. (1988) rapportent un pourcentage de gras total estimé allant de 16,7 à 24,3% du poids d'abattage pour les porcs correspondant aux races classiquement élevées en France (Large White, Landrace, Piétrain). Toutefois ces données datent de 1975. Or, on sait que le taux de matières grasses des porcs charcutiers produits diminue avec le temps par le biais de la sélection. Le site www.infocharcuteries.fr indique ainsi un taux de gras inférieur à 20%.

Par ailleurs, Mourot et al. (2001) citent un pourcentage de tissu adipeux allant de 19 à 23% pour des porcs à croissance rapide pesant 105 kg. Mourot et al. (2001) et Kouba et al. (2007) rapportent aussi des teneurs en lipides pour les tissus adipeux allant de 65% à 83% et pour les tissus musculaires (gras intramusculaires) compris entre 1,5 et 7,0% selon le tissu et pour des animaux de 100 à 110 kg. Enfin, Desmoulin et al. (1988) rapportent pour une demi-carcasse de porc (poids de la carcasse : 79,6 kg en moyenne) 5,96 kg de gras externes, 2,86 kg de gras internes et 17,7 kg de muscles. Avec une hypothèse de 2,5% de gras intramusculaire, cette quantité de viande correspond à 0,44 kg de gras, soit une masse totale de lipide pour une carcasse entière de 18,1 kg.

Tableau 18 : **Masse de l'animal adulte ou à l'abattage (kg) – Masse_mg_anim1**

	Porc	Commentaire
Intervalle de valeurs	16,7 – 27,6	Valeur minimale : 16,7% x 100 kg Valeur maximale : 23% x120 kg
Valeur ponctuelle	18,5	Utilisation de valeurs intermédiaires 21 % de tissu adipeux (TA) x 115 kg x 73% de lip. dans les TA + 35,4 kg de muscle x 2,5% lip. dans les muscles

4.4 REGIME ALIMENTAIRE

Pendant le premier mois, les porcs sont avec leur mère et ils se nourrissent de son lait. Ensuite, vient la phase de post-sevrage pendant laquelle les porcelets passent d'une alimentation lactée à une alimentation plus solide. A environ 80 jours, commence la phase d'engraissement.

Le site www.fermes-ouvertes.fnsea.fr donne une ration de 1 à 2 kg d'aliments par jour et indique qu'à six mois, l'animal a consommé 300 kg d'aliments.

La page http://centreformationarmor.pagesperso-orange.fr/exploitation/porcs/postsevrage.htm décrit un plan d'alimentation des porcs. A partir des informations présentées, il est possible de calculer un consommation moyenne de 0,91 kg/j d'aliments lors de la phase de post-sevrage, soit une consommation cumulée d'environ 48 kg d'aliments, puis une consommation moyenne de 2,08 k/j d'aliments pendant la phase d'engraissement, ce qui correspond à une consommation cumulée de 212 kg d'aliments.

Par ailleurs, la chambre d'agriculture de la Manche [Ronnay, 2010] a publié les résultats technico-économiques des élevages porcins dans le département. Les calculs réalisés à partir des indices de consommation et des gains moyens quotidiens permettent de calculer les consommations journalières et cumulées pendant les phases de post-sevrage, d'engraissement et sur la période couvrant ces deux phases. Les consommations moyennes des animaux sont respectivement égales à 0,8, 2,3 et 1,8 kg/j pour ces trois périodes. La dernière valeur correspond à la moyenne nationale calculée pour les élevages de type nourrisseurs-engraisseurs en bâtiment.

Tableau 19 : **Régime alimentaire des porcs (kg sec/j) – Qa_veg**

Phase de post-sevrage	
Intervalle de valeurs	0,8 – 0,9
Valeur ponctuelle	0,85
Phase d'engraissement	
Intervalle de valeurs	2,3 – 2,4
Valeur ponctuelle	2,3
Période couvrant le post-sevrage et l'engraissement	
Intervalle de valeurs	1,7 – 2,0
Valeur ponctuelle	1,8

Si les polluants étudiés atteignent une concentration stationnaire avant abattage de l'animal, les rations relatives à la phase d'engraissement peuvent être utilisées[3]. En revanche si le facteur de perte (lambda_anim) est nul (accumulation en l'absence d'élimination et de dégradation du polluant), il est préférable de prendre en compte les quantités moyennes de polluants ingérés par l'animal durant sa durée de vie et pour cela de prendre en compte les quantités moyennes d'aliments consommés pendant la vie de l'animal, soit ici les valeurs relatives à la période couvrant à la fois le post-sevrage et l'engraissement.

D'après le site www.leporc.com, les porcs sont nourris avec :

- des céréales (blé, orge) : 70 à 75 %
- des tourteaux de plantes oléa-protéagineuses (colza, tournesol) : 20 à 25 %. Les quelques pourcents restant correspondant aux minéraux fournis pour la croissance.

Les aliments pour porc sont principalement fabriqués en usine : seuls 35% des éleveurs fabriquent eux-mêmes les aliments pour leurs élevages.

[3] Pour estimer le temps nécessaire pour atteindre l'état stationnaire le lecteur se rapportera à la section 1.7.1.2.3 du rapport Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle (référencé DRC-08-94882-16675B)

4.5 QUANTITE DE SOL INGERE

L'US EPA (2005) recommande une valeur de 0,37 kg/j pour le porc, tandis que le GCNC (2002) utilise une valeur nulle.

L'AIEA (1994) indique une valeur de 1,5% du poids sec des aliments consommés lorsque ceux-ci sont confinés. En utilisant cette valeur, la quantité moyenne de sol ingérée est de $1{,}3.10^{-2}$ kg/j en phase de post-sevrage, de $3{,}5\ .10^{-2}$ kg/j en phase d'engraissement et de $2{,}7\ .10^{-2}$ kg/j sur la période couvrant ces deux phases. Ces valeurs reposent sur des informations très limitées. Les porcs sont des animaux fouisseurs, une ingestion de sol par des porcs élevés en plein air est donc possible. Toutefois, beaucoup de porcs sont élevés en bâtiment et n'ont pas accès au sol. De plus, le type d'aliments consommés par ces animaux (grains, son) contient a priori peu de particules de sol. Les valeurs à utiliser doivent donc tenir compte du type d'élevage à considérer.

Tableau 20 : **Quantité de sol ingérée par les porcs (kg/j) – Qa_sol**

	Valeurs	Commentaires
Intervalles de valeurs	Phase de post-sevrage : 0 – 0,015 Phase d'engraissement : 0 – 0,035 Vie entière après phase sevrage : 0 – 0,030*	Valeurs maximales calculées à partir de la ration alimentaire maximale. Compte-tenu du manque de précision des données, une valeur ponctuelle égale à la valeur maximale pourra être prise en compte

* : Comme pour les quantités d'aliments ingérés, il peut être préférable dans le cas d'une modélisation dynamique sans prise en compte de perte par l'animal de considérer la quantité de sol ingéré en moyenne pendant la durée de vie (cf. section 4.4).

4.6 QUANTITE D'EAU CONSOMMEE

Les quantités d'eau bues par un porc à l'engrais sont comprises entre 4,8 et 5,8 litres par jour pour une température de 27,6°C, et entre 5,1 et 5,7 litres par jour pour une température de 24,3 C (Institut Technique du Porc, fiche 59).

Le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales de l'Ontario (OMAFRA) donne des consommations moyennes annuelles de 2 litres par jour pour un porc sevré (de 7 à 22 kg), de 4,5 litres pour des porcs de 23 à 70 kg et de 9 litres pour des porcs de 70 à 110 kg.

L'IFIP (2001) donne pour les porcelets (de 7 à 27 kg) et pour les porcs à l'engrais une droite de régression permettant de calculer la consommation d'eau par jour.

Pour les porcelets, cette droite est la suivante :

Quantité d'eau consommée (l/j) = 0,1561 x Poids vif – 0,2055 (R^2=0,78)

Pour les porcs à l'engrais et une température de 20 à 24°C, on a :

Quantité d'eau consommée (l/j) = 0,063 x Poids vif –2,564 (R^2=0,76)

Pour les porcs à l'engrais et une température de 28°C, on a :

Quantité d'eau consommée (l/j) = 0,101 x Poids vif – 2,564 (R^2=0,89)

Enfin, le GCNC (2002) reporte une consommation de 10 litres par jour et l'AIEA une consommation de 6 à 10 litres pour des animaux de 110 kg.

Tableau 21 : **Volume d'eau ingéré (l/j) – Qa_eau**

	Porcs	Commentaires
Intervalle de valeurs	5 – 10	Porcs en phase d'engraissement (phase de 3 à 3,5 mois avant abattage)
Valeur ponctuelle	8 en moyenne sur la vie entière après sevrage : 4,4*	Valeurs intermédiaires Valeur sur la vie entière calculée en considérant une consommation de 2 l/j pendant 50 jours (phase de post-sevrage), puis deux autres périodes de 50 jours, l'une avec une consommation journalière de 4,5 litres par jour et l'autre avec 9 litres par jour

* : Comme pour les quantités d'aliments ingérés, il peut être préférable dans le cas d'une modélisation dynamique sans prise en compte de perte par l'animal de considérer la quantité d'eau ingérée en moyenne pendant la durée de vie (cf. section 4.4).

5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AIEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique), Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in temperate environments, Technical reports series n°364, 1994

Béranger C., Negrin M., Malterre C; Evolution du gain de poids vif et de l'état d'engraissement des vaches tarries au pasturage, Ann. Zootech, 19(1), pp.53-66, 1970

Carrie M. L.,Alain Yoham, Chiffres clés en poules pondeuses, 2006

Chambre d'agriculture de Lorraine, Volailles de chair, 2005, http://cra-lorraine.fr/fichiers/div-volailles-de-chair.pdf

Chambre d'agriculture de Bretagne, Poules pondeuses avec parcours, Observatoire technico-économique 2009, Juin 2010

Chambre d'agriculture du Grand Ouest, Poulets : Définition des catégories, Décembre 2010, http://partage.cra-normandie.fr/fichiers/vo_poulet.pdf

Chambre d'agriculture de Rhônes-Alpes, Agriculture biologique, Fiches systèmes agricoles, Produire des œufs en bio, http://rhone-alpes.synagri.com/synagri/pj.nsf/TECHPJPARCLEF/09274/$File/WEB-oeufs-bio.pdf?OpenElement

Champagne J., Evolution des performances techniques obtenues en élevage de volailles de chair en France au cours d'un quart de siècle 1984-2009, Académie vétérinaire de France, Paris, 11/03/2010

CNIEL (Centre National Interprofessionnel de l'Économie Laitière), les chiffres clés de la production laitière en 2009, www.CNIEL.com

CIV (Centre d'information des viandes), L'alimentation des bovins en France, 2005, www.civ-viande.org/file/documents/alim_bov_ov_gp.pdf

CIVAM (Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu Rural), Créer un atelier de volailles en bio, Edition 2003

Descheemaeeker Koen, Provoost Chris, L'impact de la nutrition sur la santé, Développements récents, 2002

Desmoulin B., Ecolan P., Bonneau B., Estimation de la composition tissulaire des carcasses de porcs : récapitulatif de diverses méthodes utilisables en expérimentation, INRA Prod. Anim., 1 (1), pp. 59 – 64, 1988

Dozias D., Micol D., Peccatte J.R., Modalités de production de boeufs "laitiers" de 30 mois à l'herbe, Dozias D., Micol D., Peccatte J.R., Modalités de production de boeufs "laitiers" de 30 mois à l'herbe, Am. Zootech, pp229-246, 1995

Dutertre C., Institut technique du porc, Le label rouge en production porcine : état des lieux et perspectives, Techni Porc, Vol. 24, n°3, 2001, www.itp.asso.fr/ouverturepdf.php?file=tp2001n3dutertre.pdf

Galliparc, www.galliparc.ch/pdf/galliparc-poulets.pdf, Quelques conseils pour bien élever vos poulets...

GCNC (Groupe Chimique Nord-Cotentin), Impact des rejets chimiques, Vol. 2, annexe 4 : Bilan des informations disponibles sur les paramètres agronomiques pour le groupe radioécologique Nord-Cotentin, 2002

Girard J.P., Bout J., Salort D., Lipides et qualités des tissus adipeux et musculaires de porc. Facteurs de variation, Journées Rech . Porcine en France, 20, pp. 255-278, 1988

Green, N., Dodd N., The uptake of radionuclides from inadvertent consumption of soil by grazing animals, Sci. Total Environ., 69, pp. 367-377, 1988

GCNC (Groupe chimique Nord-Cotentin), Bilan des informations disponibles sur les paramètres agronomiques pour le Groupe Radioécologique Nord-Cotentin,, rapport IPSN/département de protection de l'environnement/SERNAT, réf. : 2001-39, 2001

GRNC (Groupe Radioécologique Nord-Cotentin), Analyse de sensibilité et d'incertitude sur le risque de leucémie attribuable aux installations nucléaires du Nord-Cotentin, annexe 1 : Distributions de probabilité des paramètres, 2002

Healy W., Ingestion of soil by dairy cows, N. Z. Agric. Res., 11, pp. 487-499, 1968

Hoch T., Pradel P., Begon C., Jailler R., Jurie C., Picard B., Listrat A., Cluzel S., Agabriel J., Influence de la croissance compensatrice sur la composition et les caractéristiques musculaires de génisse Salers, Renc. Rech. Ruminants, 2002

INP (Institut National Polytechnique de Toulouse), Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Toulouse (ENSAT), Filière Poulets label, cite B. Sauveur, INRA, Les critères et facteurs de la qualité des poulets label rouge, www.avicampus.fr/PDF/PDFzoot/pouletlabel.pdf

Interbev (Institut de l'élevage), Le point sur l'alimentation des bovins et des ovins et la qualité des viandes, 2005

ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique), cahier technique - Produire du poulet de chair en AB, www.itab.asso.fr/downloads/fiches-elevage/cahier-poulets-web.pdf

ITAVI (Institut Technique de l'Aviculture), Guide d'élevage de l'aviculture fermière, 2009, www.itavi.asso.fr/elevage/aviculture_fermiere/guide_elevage_avi_fermiere.pdf

IFIP (Institut du Porc), L'abreuvement des porcs, Techni Porc, Vol. 24, n°6, 2001

ITP (Institut Technique du Porc), Maîtrise de la consommation d'eau dans les élevages, Maîtrise du bilan environnemental, Fiche 59, www.itp.asso.fr/ouverturepdf.php?file=02-59-10-massabie.pdf

Jondreville C., Travel A., Besnard J., Dziurla M.A., Feidt C. (2010) Intake of herbage and soil by free-range laying hens offered a complete diet compared to a whole-wheat diet. XIIIth European Poultry Conference, M. Duclos and Y. Nys, Eds, Tours, 23-27 August 2010, World's Poultry Science Journal, 66 Supp, 4 pp

Jurie,C., Picard,B., Hocquette, J ; Dransfield,E., Micol,D., Listrat,A., Muscle and meat quality characteristics of Holstein and salers cull cows, Meat science, pp. 77, 459-466, 2007

Kouba K., Bonneau M., Evolution comparée de la teneur en lipides des tissus adipeux intermusculaire et sous-cutané et des muscles proches à différentes localisations anatomiques chez le porc entre 30 et 140 kg de poids vif, Journées Recherche Porcine, 39, 241 – 242, 2007

Leclercq B., Détermination simultanée et in vivo des intensités de dépôt et de mobilisation des acides gras du tissu adipeux de la poule pondeuse. Influence du rationnement, Ann. Biol. anim. Bioch Biophys., 15(1), pp. 63-71, 1975

Leclercq B., Blum J.C., Boyer J.P., Influence d'une modification de l'accroissement des dépots adipeux chez la poule pondeuse : résultants d'une sélection divergente portant sur trois générations, Ann. Génét. Sél. Anim., 12(4), pp. 363-376, 1980

Leclercq B., Possibilités d'obtention et intérêt des génotypes maigres en aviculture, INRA Prod. Anim., 2(4), pp. 275-286, 1989

Lessire M., Qualité des viandes de volaille : le rôle des matières grasses alimentaires, INRA Prod. Anim., 8 (5), pp.335-340, 1995

Lessire M., Matières grasses alimentaires et composition lipidique des volailles, INRA Prod. Anim., 14 (5), pp.365-370, 2001

Lofgeen, G.P., Hull J.L., Otagaki K.K., Estimation of empty body weight of beef cattle, Journal of animal Science, 21, pp20-24, 1962

Malterre C., Robelin J., Agabriel J., Bordes P., Engraissement des vaches de réforme de race Limousine, INRA Prod. Anim.n 2, (5), pp325-334, 1989

Meironen A., Pour de l'eau en quantité et en qualité suffisantes sur nos élevages, 2004, www.cantal.chambagri.fr/refpac/IMG/pdf/2004-07-Pour_de_l_eau_en_quantite_et_en_qualite.pdf

Micol D. Robelin J., Geay Y., Composition corporelle et caractéristiques biologiques des muscles chez les bovins en croissance et à l'engrais, INRA Prod. Anim., 6(1), pp61-69, 1993

Monin G., Influence des facteurs de production sur les qualités technologiques et sensorielles des viandes de porc, CIHEAM – Options méditerranéennes. , http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a41/00600131.pdf

Mourot J., Mise en place des tissus adipeux sous-cutanés et intramusculaires et facteurs de variation quantitatifs et qualitatifs chez le porc, INRA Prod. Anim., 14 (5), pp. 355 - 363, 2001

OMAFRA *(*Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales de l'Ontario), Les exigences en eau du bétail, www.**omafra**.gov.on.ca/french/engineer/facts/07-024.htm

Petit M., Gabriel, J., Etat corporel des vaches allaitantes Charolaises : signification, utilisation pratique et relations avec la reproduction, INRA Prod. Anim., 6 (5), pp. 311-318, 1993

Ronnay J.L., Chambre d'agriculture de la Manche, Résultats technico-économiques des élevages porcins, Manche 2009, Nov 2010

US EPA (US Environmental Protection Agency), Office of Solid Waste, Human Health Risk Assessment Protocol for hazardous waste combustion facilities (HHRAP), report EPA/530/R-05-006, 2005

Zach R., Mayoh K., Soil ingestion by cattle: a neglected pathway, Health Phys., 46, pp. 426-431, 1984