

5.1 Procédure pour déduire les émissions du défaut de bilan de masse d'un bâtiment d'élevage de porcs à l'engrais (*Guidelines to deduce the emissions from the measurement of the mass balance deficit of an animal house with growing-finishing pigs*)

5.1.1 Introduction (*Introduction*)

5.1.1.1 Objectif (*Objective*)

L'objectif de ces recommandations est d'indiquer la méthode probablement la plus simple pour mesurer les émissions d'un bâtiment de porc au cours de la période de croissance-finition d'un lot de porcs.

Faire des mesures en continu au cours de toute une période d'élevage est cher en regard de la valeur de la production animale. Des méthodes peu coûteuses sont nécessaires pour développer rapidement les connaissances sur les émissions, identifier les élevages qui ont déjà des émissions faibles et certifier les réductions d'émission.

Le bilan de matière fournit un outil approprié pour estimer la totalité des pertes gazeuses élémentaires (eau, carbone, azote, etc.) quel que soit le type de bâtiment (ventilé naturellement ou mécaniquement, isolé ou non, gestion liquide ou solide de l'effluent).

The objective of these guidelines is to indicate probably the simplest method to quantify the emissions of a pig building during the growing-finishing period of a flock of animals.

Continuous measurements during the whole period of animal breeding are expensive compared to the value of the animal production. Low-cost methods are necessary to develop knowledge on emissions, identify the animal farms where emissions are already low and certify emission reductions.

The mass balance provides a relevant tool to estimate the total gaseous losses of elements (water, carbon, nitrogen, etc.) whatever the type of building (insulated or not, naturally or mechanically ventilated, liquid or solid management of the manure).

5.1.1.2 Domaine d'application (*Scope*)

Ces recommandations sont adaptées aux cas des bâtiments pour porcs où les intrants liquides et solides, et les sorties, peuvent être clairement définis. Les périodes de mesure ne devraient pas être trop courtes (au moins plusieurs semaines) de sorte que le défaut de bilan de masse soit plus grand que l'incertitude sur la somme des intrants ou des sorties.

Lors des expériences où des concentrations en gaz sont observées, le bilan de matière peut être soit mesuré soit calculé à partir de références de la production animale (espèces animales, poids, alimentations) et de valeurs de composition de l'effluent représentatives du cas étudié.

Si l'on est dans des conditions habituelles d'alimentation et de génétique animale, la rétention corporelle et l'excrétion animales

These guidelines are adapted to cases of pig houses where the liquid and solid inputs, and the outputs, can be clearly defined. The measuring periods should not be too short (at least several weeks) so that the mass balance deficit will be higher than the uncertainty of total inputs or outputs.

During the experiments where gas concentrations are observed, the mass balance can be either observed or deduced from references of animal production (animal species, weights, feeds) and of manure composition representative of the studied case.

If standard feed and animal genetics are used, the

peuvent être calculées à l'aide des modèles de la production animale utilisant des données sur les aliments du bétail, la croissance et la production. Quand les intrants du bâtiment et les productions des animaux ne peuvent pas être déduits des modèles, ces recommandations sont utilisables seulement quand il est possible de peser les animaux et de peser et échantillonner les aliments et les effluents.

Les sorties du bâtiment d'élevage (animaux, effluent) peuvent se produire une fois ou plusieurs fois selon les pratiques de gestion de l'effluent. Il devrait être possible de prélever toutes les sorties du bâtiment si des analyses sont nécessaires (par exemple pour confirmer des concentrations de l'effluent), et pour les peser, ou pour analyser un traceur conservatif identifié dans les intrants pour estimer la masse d'effluents. Si des analyses d'effluents sont pratiquées, les aliments correspondants devraient être également analysés pour éviter une incertitude trop forte sur le bilan de masse.

La précision des résultats dépendra fortement de la fréquence des observations de gaz. Un biais élevé peut se produire quand les concentrations en gaz observées ne représentent pas bien la variabilité temporelle de ces concentrations entre les observations.

animal retention and excretion can be computed from models of animal production using data on animal feed and growth or production. When the inputs of the house and the outputs of animals can not be deduced from models, these guidelines are adapted when it is possible to weight and sample them.

The outputs of the animal house (animals, manure) can occur once or several times depending on the practices of manure utilization. It should be possible to sample all the outputs of the house if analyses are required (e.g. to confirm concentrations in manure), and either to weight them, or to analyze a conservative tracer identified in the inputs to estimate the mass. When effluents are sampled and analyzed, feed should also be sampled and analyzed to avoid a too high uncertainty when calculating the mass balance.

The accuracy of the results will highly depend on the frequency of the gas observations. High bias occur when the observed gas concentrations does not represent well the temporal variability of these concentrations between the observations.

5.1.1.3 Principes (Principles)

D'une part, pendant la croissance animale, presque la moitié des intrants en eau et carbone est perdue sous forme gazeuse par le métabolisme respiratoire. D'autre part, la croissance des animaux et leur alimentation et l'efficacité de l'eau bue sont fortement reproductibles d'une ferme à l'autre parce qu'elles ont un impact significatif sur le bilan économique et sur le temps de travail de la ferme. Par conséquent, le bilan de matière d'un bâtiment de porc donné, pendant l'élevage de croissance-finition d'une bande donnée, devrait ou être déjà connu à partir de données existantes ou assez facile à évaluer ou à mesurer.

Première étape : bilan de masse

Dans une première étape, le bilan matière est fait pour l'eau, le carbone, l'azote, le phosphore, et le potassium pour les raisons exposées ci-dessous. D'autres éléments ou isotopes peuvent être ajoutés pour vérifier ou préciser les calculs.

On the one hand, during the animal growth, almost half of the inputs of water and carbon are lost as gases through the respiration metabolism. On the other hand, animal growth and feed and water efficiency are highly reproducible on a given farm because they have a significant impact on the economical and time budget of the farm. Therefore, the mass balance of a given pig house, during the growing-finishing rearing of a given flock, should be either already known from existing data or rather easy to evaluate or measure.

First step: mass balance

In a first step, the mass balance is done for water, carbon, nitrogen, phosphorous, and potassium for following reasons. Other elements or isotopes can be added to check the calculations or to reduce their uncertainty.

L'effluent est constitué de composés volatils et de composés non volatils. La partie volatile est faite principalement d'eau (O, H), de carbone, et de composés azotés. Les espèces chimiques de ces composés est soit de type minéral (par exemple l'eau, l'ammoniac, l'anhydride carbonique) soit de type organique (par exemple les acides gras volatils, les amines, et autres composés plus ou moins odorants). Les espèces volatiles d'autres éléments (P, K, etc.) ne peuvent pas être exclues, et ces éléments non-volatils peuvent également être perdus sous forme de poussières émises, mais on suppose généralement que les pertes d'éléments non volatils sont négligeables.

Le bilan de matière compare les stocks initiaux et finaux (ou les sommes d'intrants et de sorties). Le bilan de matière est dit « fermé » si les stocks initiaux et finaux sont égaux. Quand il est « ouvert », la différence correspond aux émissions totales, comprenant toutes les espèces organiques et minérales perdues sous forme gazeuse. En raison des incertitudes dans les mesures, le bilan de matière est habituellement « ouvert » même si l'on y inclue des émissions gazeuses observées.

La fermeture du bilan de matière des composés non-volatils indique la qualité de l'échantillonnage, de la conservation, et des méthodes de sous-échantillonnage. Le phosphore est trouvé majoritairement dans la fraction particulaire de l'effluent tandis que le potassium est trouvé majoritairement dans la fraction liquide. L'utilisation de ces deux éléments permet de vérifier si les méthodes d'échantillonnage ont été adaptées pour les deux fractions, ou s'il y avait des pertes de solides ou de lixiviats au cours de la période expérimentale.

Les espèces chimiques concernées par le bilan de matière ou par les émissions sont différentes. L'eau peut être analysée dans les intrants, les sorties et dans l'air. Habituellement, l'émission totale est légèrement plus grande que la différence entre les entrées et les sorties d'eau, en raison de la production d'eau métabolique. Pour le carbone, la majeure partie du carbone est perdue sous forme d'anhydride carbonique dans les systèmes aérobies. Ainsi, l'émission d'anhydride carbonique devrait être légèrement inférieure au déficit de carbone du bilan de matière. Pour l'azote, des échanges de diazote (N_2 , le composant principal de l'atmosphère) ne peuvent pas être mesurés. Les réactions de dénitrification se produisent fréquemment dans des zones anaérobies des effluents d'élevage riches en azote. Elles peuvent

The manure is composed of either volatile or non volatile compounds. The main volatile part is made of water (O, H), carbon, and nitrogenous compounds. These chemical species of these compounds is either mineral (e.g. water, ammonia, carbon dioxide) or organic (e.g. volatile fatty acids, amines, and other more or less odorous compounds). Volatile species of other elements (P, K, etc.) can not be excluded, and these non-volatile elements can also be lost as particulate matter, but it is generally assumed that losses of non volatile elements are negligible.

The mass balance compares initial and final stocks (or the sums of inputs and outputs). The mass balance is called "closed" if initial and final stocks are equal. When "not closed", the difference corresponds to the bulk emissions, including all organic and mineral species lost as volatilization. Because of inaccuracies in measurements, the mass balance is usually "not closed" even if observed gaseous emissions are included.

The closure of the mass balance of non-volatile compounds indicates the quality of sampling, conservation, and subsampling methods. Most of phosphorous is found in the particulate fraction of the manure while potassium is mostly found in the liquid fraction. Using these two elements allows to check whether the sampling procedure was adequate for both fractions, and whether there were specific particulate or leaching losses during the experimental period.

The chemical species concerned by the mass balance or by the emissions are different. For the water, it can be analyzed in the inputs, outputs and in air. Usually, the total emission is slightly higher than the difference between input and output water due to the metabolic water. For the carbon, most of the carbon is lost as carbon dioxide in aerobic systems. So, carbon dioxide emission should be slightly lower than the carbon deficit of the mass balance. For the nitrogen, exchanges of dinitrogen (N_2 , the main component of air) can not be quantified. Denitrification reactions frequently occur in anaerobic zones of animal manure rich in nitrogen. It can lead to significant dinitrogen emissions. When there are significant dinitrogen emissions, nitrous oxide

mener à des émissions significatives de diazote. Quand les émissions de diazote sont significatives, le protoxyde d'azote (N₂O) est généralement émis dans des proportions détectables. Dans ces cas, la somme de toutes les émissions azotées observées peut être notablement inférieure au déficit du bilan d'azote.

Par conséquent le bilan de matière de plusieurs composés, associant des composés volatils et des composés non volatils, est présenté comme un outil robuste permettant d'évaluer la validité des mesures d'émission.

Deuxième étape : prélèvements d'air

Dans une deuxième étape l'atmosphère du bâtiment (et l'extérieur au besoin) est soit échantillonnée dans une poche inerte soit analysée directement pour connaître les teneurs en espèces volatiles de carbone, d'eau et d'azote (CO₂, CH₄, H₂O, NH₃, N₂O). La fréquence des mesures dépend de la variabilité temporelle des concentrations en gaz. Si la variabilité quotidienne est élevée, le prélèvement devrait être représentatif des variations quotidiennes, soit en choisissant un moment représentatif de la journée, soit par le prélèvement régulier au cours de la journée. Si l'essentiel de la variabilité se produit entre le début et la fin de bande, quelques dates de prélèvement doivent être programmées pour expliquer cette variabilité.

(N₂O) is generally also emitted in detectable amounts. In this case, the sum of all observed nitrogenous emissions can be notably lower than the deficit of the nitrogen balance.

Therefore the mass balance of several compounds, associating volatile and non volatile elements, is described as a robust tool to discuss the validity of emission measurements.

Second step: air sampling

In a second step the atmosphere within the house (and outside if necessary) is collected in an inert bag or directly analyzed for volatile species of carbon, water and nitrogen (CO₂, CH₄, H₂O, NH₃, N₂O). The frequency of the measurements depends on the temporal variability of the gas concentrations. If the daily variability is quite high, the sampling should be representative of the daily variations, either by choosing a representative moment in the day, or by regular sampling during the day. If most variability occur between the beginning and the end of the flock, some sampling dates should be programmed to account for this variability.

5.1.2 Matériel (equipment)

- vêtements d'élevage (cotte et bottes jetables ou vêtements spécifiques de l'élevage)
- matériel pour prise de notes
- matériel de nettoyage et désinfection des appareils à l'issue des mesures,
- Analyseur de gaz (par exemple analyseur infrarouge photo-acoustique INNOVA® 1312 équipé de filtres CO₂, CO, CH₄, NH₃, N₂O, H₂O)
- Thermo Hygromètre pour caractériser les conditions de température et d'hygrométrie à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment
- Pompe à air (par exemple aérateur d'aquarium)
- Filtres (Milipore Millex- HV Hydrophile PVDF 0,45 µm) placé en entrée du système de prélèvement, un pour extérieur et un pour l'intérieur

- *clothing for animal farm (disposable coat and boots or specific clothing of the animal farm)*
- *material for taking notes*
- *material of cleaning and disinfection of equipment after the measurements,*
- *Gas Analyzer (for example infra-red photo-acoustics analyzer INNOVA® 1312 with filters CO₂, CO, CH₄, NH₃, N₂O, H₂O)*
- *Thermo Hygromètre to characterize the temperature and hygrometry inside and outside the house*
- *air pump (for example aerator of aquarium)*
- *Filters (Milipore Millex- HV Hydrophile PVDF 0,45 µm) placed at entry of the sampling system, one for outside and one for the inside air*
- *PTFE tubes to connect filters, bags, pumps and*

<ul style="list-style-type: none"> - Tuyaux PTFE pour raccorder filtres, sacs, pompes et analyseur de gaz - si nécessaire, ajouter le matériel pour les prélèvements d'échantillons d'aliments et d'effluents 	<p><i>analyze gas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>if necessary, add the material for samplings of feeds and manure</i>
---	---

5.1.3 Observations (*Observations*)

<p>Liste des informations nécessaires</p> <ul style="list-style-type: none"> - Type de bâtiment - Age des animaux lors des visites - Nombre d'animaux en début et fin de lot et lors des visites - Poids des animaux en début et fin de lot et lors des visites - Taux de Viande Maigre (TVM fin de lot) - Quantité d'aliment consommée sur le lot - Quantité d'eau bue sur le lot - Quantité de litière au démarrage + rajouts - Quantité d'effluents à la fin du lot <p>Précautions générales d'utilisation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dans le cas où les animaux ne restent que quelques heures par jour en bâtiment, il est préférable de réaliser le prélèvement d'air au minimum 1h30 après l'entrée des animaux - Effectuer le prélèvement d'air de manière à être au dessus de l'aire de vie des animaux (1,2 mètres de hauteur environ) - Le prélèvement d'air doit être effectué dans la cheminée d'extraction ou dans un lieu représentatif de l'air sortant - Lors du prélèvement extérieur, éviter toute source d'altération (passage à proximité de fosse à lisier, fumière, ventilateur en marche, tracteur en marche, feu, etc.) - Dans le cas des bâtiments fermés, l'air intérieur des bâtiments d'élevage est humide en particulier en hiver, il y a par conséquent un risque de condensation d'eau à l'intérieur des équipements électroniques lorsque ceux-ci sont équipés d'un système de refroidissement par 	<p>List of required informations</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Type of house</i> - <i>Age of the animals at the time of the visits</i> - <i>Number of animals at the beginning and at the end of the batch, and at the sampling dates</i> - <i>Weight of the animals at the beginning and at the end of the batch, and at the sampling dates</i> - <i>Muscles ratio ("TVM" or "content of lean meat" at the end of the batch)</i> - <i>Quantity of feed consumed during the batch</i> - <i>Water quantity drunk during the batch</i> - <i>Quantity of litter at starting the batch + additions</i> - <i>Manure quantity at the end of the batch</i> <p>General precautions of use</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>If the animals remain only a few hours per day in the house, it is preferable to sample the air at least 1:30 after the entry of the animals</i> - <i>sample the air so as to be at the top of the volume of life of the animals (1,2 meters height approximately)</i> - <i>sampling should be done in the ventilation shaft or in a place representative of the output air</i> - <i>when sampling outside, avoid any source of gas contamination (passage near pit with slurry, dunghill, ventilator moving, tractor moving, fire, etc)</i> - <i>In the case of closed buildings, the air inside animal housings is particularly wet in winter, there is consequently a risk of water condensation inside the electronic equipments when they are cooled by ventilation and when they are cold, for example after a transport in winter; it can therefore be necessary to heat such equipment before turning them on.</i>
---	---

<p>ventilation et qu'ils sont froids, par exemple après un transport en hiver ; il peut être alors nécessaire de réchauffer ces appareils avant de les allumer.</p> <p>Fréquence des prélèvements</p> <p>Les prélèvements d'air sont effectués au nombre de trois minimum :</p> <ul style="list-style-type: none"> - premier jour : entre 15 et 25 jours d'engraissement - deuxième jour : entre 50 et 70 jours d'engraissement - troisième jour : entre 80 et 110 jours d'engraissement <p>Les concentrations doivent être enregistrées en continu durant 4 heures choisies entre 10h et 16h afin d'enregistrer un échantillon tenant compte de la variabilité diurne des concentrations et de la ventilation.</p> <p>Prélèvements d'air sur le terrain</p> <ul style="list-style-type: none"> - Installation du matériel dans le sas du bâtiment d'élevage - Installation des tuyaux (trois dans la salle d'élevage, y compris la cheminée d'extraction, un dans le compartiment d'entrée d'air, deux à l'extérieur) - lancement de l'acquisition en continu des concentrations. 	<p>Frequency of samplings</p> <p><i>Air samplings should be carried out three times:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>the first day : between 15 and 25 fattening days</i> - <i>the second day : between 50 and 70 fattening days</i> - <i>the third day : between 80 and 110 fattening days.</i> <p><i>Concentrations should be continuously recorded during 4 hours chosen between 10 am and 4 pm to register a sample of the daily variations of concentrations and ventilation.</i></p> <p>Sampling air on the field</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Installation of the material in the hopper of the animal housing</i> - <i>installation of the pipes (3 in the room, including the ventilation shaft, 1 in the ceiling or other air inlet, 2 in the outside air)</i> - <i>starting the automatic recording of the concentrations.</i>
---	--

5.1.4 Calculs (Calculations)

<p>Généralités</p> <p>Le calcul est basé sur la mesure des gradients de concentration en gaz et sur la connaissance des défauts de bilan calculés sur les solides et liquides. La forme générale d'un défaut de bilan calculé pour une période donnée est la suivante :</p>	<p>General information</p> <p><i>Calculation is based on measurements of the gas concentration gradients and on the knowledge of the mass balance deficits calculated on the solids and liquids. The general form of a deficit of the mass balance calculated for a given period is the following one:</i></p>
$\text{Perte}_E = (M_i^h \times E_i^h + M_a^h \times E_a^h + N_b \times E_{ex} - M_f^h \times E_f^h - M_e^h \times E_e^h) / (M_i^h \times E_i^h + M_a^h \times E_a^h + E_{ex})$	
<p>où :</p> <p>Perte_E est la perte relative d'un élément E (l'abattement en pourcentage de la quantité apportée),</p>	<p><i>where:</i></p> <p><i>Perte_E is the relative loss of an element E (abattement expressed as a percentage of the input quantity),</i></p>

les indices i et f correspondent aux dates initiale et finale de la période de mesure ; s'il s'agit de la période d'élevage habituelle, par exemple la phase de croissance-finition d'un lot de porcs, on peut alors utiliser des références régionales ou nationales pour l'aliment entrant et l'effluent sortant,

l'exposant s correspond au produit sec et l'exposant h au produit humide,

M_i^h et M_f^h les masses totales de fumier brut initiale et finale,

M_a^h et M_e^h les masses de litière neuve apportée et de fumier enlevé,

N_b , le nombre de porcs de la salle considérée,

E_i^h et E_f^h , les teneurs de l'élément E initiale et finale mesurées sur le produit brut, E_{ex} , la quantité d'élément E excrétée par porc, E_a^h et E_e^h , les teneurs en E de la litière neuve et du fumier enlevé en cours de période, mesurées sur le produit ou issues de références nationales ou régionales. Pour le P et le K , les références peuvent être exprimées en P_2O_5 et en K_2O . Dans ce cas on convertit 1 kg de P en 2,3 kg de P_2O_5 [$2,3 = (31*2 + 16*5)/(31*2)$] et 1 kg de K en 1,2 kg de K_2O [$1,2 = (39*2 + 16)/(39*2)$].

Les quantités excrétées sont calculées de la façon suivante.

Pour l'azote :

$$N_{ex} = N_{ing} - N_{retenu}$$

où N_{ing} est la quantité d'azote ingérée par porc, le mode de calcul de N_{retenu} est indiqué ci-dessous, il est calculé en utilisant TVM est la teneur moyenne en viande maigre (indiquée lors de la vente des porcs par l'éleveur), PV est le poids vif moyen des porcs. En cas d'animal mort, on utilise le poids vif de l'animal mort et l'on considère qu'il a ingéré la même quantité que les autres animaux entre le début du lot et son décès.

Pour le phosphore :

$$P_{ex} = P_{ing} - P_{retenu}$$

où P_{ing} est la quantité de phosphore ingérée par porc, P_{retenu} est la quantité retenue dans la masse corporelle de l'animal, les calculs sont indiqués ci-dessous.

indices i and f correspond to the initial and final dates of the period of measurement ; when it is the usual period of animal breeding, for example the growing-finishing batch of pigs, regional or national references can be used for feed input and manure output,

the superscript s corresponds to the dry product and the superscript h to the wet product,

M_i^h and M_f^h are the initial and final total masses of raw solid manure,

M_a^h and M_e^h are the masses of the fresh litter added and of the removed solid manure,

N_b , the number of pigs in the room considered,

*E_i^h and E_f^h , initial and final contents of the element E measured on the raw product, E_{ex} , the quantity of element E excreted by pig, E_a^h and E_e^h , the E contents of the fresh litter and the solid manure removed during the period; these contents can be either measured on the product or can be deduced from national or regional references. For P and K , the references can be expressed in P_2O_5 and K_2O . In this case one converts 1 kg of P into 2,3 kg of P_2O_5 [$2,3 = (31*2 + 16*5)/(31*2)$] and 1 kg of K in 1,2 kg of K_2O [$1,2 = (39*2 + 16)/(39*2)$].*

The excreted quantities are calculated in the following way.

For nitrogen:

$$N_{ex} = N_{ing} - N_{retenu}$$

where N_{ing} is the quantity of nitrogen introduced by pig, the calculation of N_{retenu} is indicated below, it is calculated from TVM, that is the average content of lean meat (indicated by the slaughter house when the pigs are sold by the farmer), PV is the average live weight of the pigs. When there are died animals, the live weight of the dead animals is used (for output calculation) and it is assumed that they consumed the same amount of feed and water as the living animals between the beginning of the batch and their death.

For phosphorus:

$$P_{ex} = P_{ing} - P_{retenu}$$

where P_{ing} is the quantity of phosphorus eaten by pigs, P_{retenu} is the quantity retained in the body mass of the animal, calculations are indicated

<p>Pour le potassium (en kg K/porc) :</p> $K_{ex} = K_{ing} - K_{retenu}$ <p>où K_{ing} est la quantité de potassium ingérée par porc, K_{retenu} est la quantité retenue dans la masse corporelle de l'animal, les calculs sont indiqués ci-dessous.</p> <p>Perte d'eau</p>	<p><i>below.</i></p> <p><i>For potassium (in kg K/pig):</i></p> $K_{ex} = K_{ing} - K_{retenu}$ <p><i>where K_{ing} is the quantity of potassium eaten by the pigs, K_{retenu} is the quantity retained in the body mass of the animal, calculations are indicated below.</i></p> <p><i>Water loss</i></p>
---	---

Perte eau = entrée eau - sortie eau

<p>Avec « entrée eau » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - eau contenue dans l'alimentation (masse apportée sur la durée d'élevage) (kg) : masse aliment consommé – (masse aliment consommé * MS aliment) - eau bue sur la durée d'élevage (litres) : relevé d'élevage (compteur d'eau) ou estimé par le ratio eau/aliment (environ 2.6kg eau/ kg aliment, variable selon les régimes) ; on peut accroître cette quantité de 5% pour tenir compte de l'eau métabolique, c'est-à-dire celle produite lors de la dégradation de la matière sèche des aliments et qui ne vient ni de l'eau bue ni de l'eau liquide contenue dans les aliments. On dispose ainsi d'une estimation faible (sans eau métabolique) et d'une estimation haute (avec eau métabolique) de la perte d'eau. - eau contenue dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg) : masse litière apportée – (masse litière apportée * MS litière) - eau contenue dans les animaux en début de lot (kg) estimée à 60% du poids vif (PV) <p>Avec « sortie eau » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - eau contenue dans l'effluent en fin de lot (kg) : masse effluent produit – (masse effluent produit * MS effluent) - eau contenue dans les animaux en fin de lot (kg) estimée à 60% du poids vif (PV) <p>Perte de carbone</p>	<p><i>With "entrée eau " = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>water contained in the feed (mass input during the period) (kg): mass feed consumed - (mass feed consumed * MS feed)</i> - <i>water drunk during the period (liters): local measurement of animal farm (water flowmeter) or estimated from the water:feed ratio (approximately 2.6kg water per kg feed, variable according to the type of feed); one can increase this quantity by 5% to take account of metabolic water, i.e. that produced during the degradation of the dry matter of the feeds and which comes neither from the drunk water nor from the liquid water contained in feeds. One has thus both a low estimate (without metabolic water) and a high estimate (with metabolic water) of the water loss.</i> - <i>water contained in the litter (contribution at the beginning of batch + additions) (kg): mass litter input - (mass litter input * MS litter)</i> - <i>water contained in the animals at the beginning of batch (kg) estimated from 60% of the live weight (PV)</i> <p><i>With "sortie eau " = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>water contained in the manure at the end of the batch (kg): mass of effluent produced - (mass of effluent produced * MS manure)</i> - <i>water contained in the animals at the end of the batch (kg) estimated at 60% of the live weight (PV)</i> <p><i>Carbon loss</i></p>
---	---

Comme l'analyse du carbone total, organique et inorganique, dans les échantillons frais est coûteuse, on estime ici le carbone par la moitié de la matière sèche ; cette hypothèse est acceptable pour des matières organiques fraîches (cas des fèces ou des aliments) et le devient de moins en moins à mesure du compostage en raison de l'accumulation des matières minérales non volatiles au détriment des éléments volatiles (C, H, O, N) : $C = MS / 2$

As the analysis of total organic and inorganic carbon in wet samples is expensive, carbon is estimated here from half of the dry matter; this assumption is acceptable for fresh organic matter (case excretion or feeds) and it becomes less acceptable with more and more composted products because of the accumulation of the nonvolatile mineral matters to the detriment of the volatile elements (C, H, O, N): $C = MS/2$

Perte carbone = entrée carbone – sortie carbone

Avec « entrée carbone » = somme de :

- carbone contenu dans l'alimentation (kg) : masse aliment consommé * teneur C (calculé à partir de MS/2)
- carbone contenu dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg) : masse litière apportée * teneur C (calculé à partir de MO/2)
- carbone contenu dans les animaux en début de lot (kg) : PV animaux * teneur C (calculé à partir de MS/2 = 200 g C/kg PV)

Avec « sortie carbone » = somme de :

- carbone contenu dans l'effluent en fin de lot (kg) : masse effluent produit * teneur C (calculé à partir de MS/2)
- carbone contenu dans les animaux en fin de lot (kg) : PV animaux * teneur C (calculé à partir de MS/2 = 200 g C/kg PV)
- on peut également calculer la MS_{retenue} (kg MS/porc = $MS_{\text{fin de lot}} - MS_{\text{début de lot}}$) à partir de l'azote retenu par les porcs :

With “entrée carbone” = sum of:

- carbon contained in the feed (kg): mass feed consumed * content C (calculated from MS/2)*
- carbon contained in the litter (initial input + additions) (kg): mass litter input * content C (calculated from MO/2)*
- carbon contained in the animals at the beginning of batch (kg): PV animals * content C (calculated from MS/2 = 200 g C/kg PV)*

With “sortie carbone” = sum of:

- carbon contained in manure at the end of the batch (kg): mass manure produced * content C (calculated from MS/2)*
- carbon contained in the animals at the end of the batch (kg): PV animals * content C (calculated from MS/2 = 200 g C/kg PV)*
- one can also calculate MS_{retenue} (kg MS/porc = $MS_{\text{end of batch}} - MS_{\text{beginning of batch}}$) using the values of nitrogen retained by the pigs:*

$$MS_{\text{retenue}} = \{ 1,1 \times 4,889 \times [(N_{\text{ing}} - N_{\text{ex}}) \times 6,25]^{0,855} \}$$

Perte d'azote

Nitrogen loss

Perte azote = entrée azote – sortie azote

Avec « entrée azote » = somme de :

- azote contenu dans l'effluent initial (kg N) : masse effluent * teneur azote effluent
- azote contenu dans la litière (apport en début de

With “entrée azote ” = sum of:

- nitrogen contained in initial manure (kg N): mass manure * nitrogen content in manure*
- nitrogen contained in the litter (contribution at*

<p>lot + rajouts) (kg N) : masse litière apportée * teneur azote litière</p> <p>- azote excrété (kg N) : azote ingéré – (azote retenu fin de lot – azote retenu début de lot)</p> <p>où azote ingéré (kg N) : masse aliment consommé * teneur azote aliment</p> <p>azote retenu (kg N) est calculé par :</p>	<p><i>the beginning of batch + additions) (kg N): mass litter input * nitrogen content in litter</i></p> <p><i>- nitrogen excreted (kg N): nitrogen eaten - (nitrogen retained at end of batch - nitrogen retained at beginning of batch)</i></p> <p><i>where nitrogen eaten (kg N): mass feed consumed * nitrogen content in feed</i></p> <p><i>nitrogen retained (kg N) is calculated using:</i></p>
--	--

$$N_{\text{retenu}} = [\exp^{(-0,9385 - 0,0145 \times \text{TVM})} \times (0,915 \text{ PV}^{1,009})^{(0,7364 + 0,0044 \times \text{TVM})}] / 6,25$$

<p>avec :</p> <p>TVM : Teneur en Viande Maigre (environ 60,5%) valeur mesurée à l'abattoir (en kg/100kg)</p> <p>PV : poids vif moyen des animaux (kg)</p> <p>Avec « sortie azote » = somme de :</p> <p>- azote contenu dans l'effluent en fin de lot (kg N) : masse effluent produit * teneur azote effluent</p> <p>- azote contenu dans l'effluent enlevé en cours de lot (kg N) : masse effluent enlevé * teneur azote effluent</p>	<p><i>with:</i></p> <p><i>TVM: content in lean meat (approximately 60,5%) value measured at the slaughter-house (in kg/100kg)</i></p> <p><i>PV: average live weight of the animals (kg)</i></p> <p><i>With "sortie azote" = sum of:</i></p> <p><i>- nitrogen contained in manure at the end of the batch (kg N): mass manure produced * nitrogen content in manure</i></p> <p><i>- nitrogen contained in the manure removed during the batch (kg N): mass manure removed * nitrogen content manure</i></p>
---	--

Perte de phosphore	Phosphorus loss
---------------------------	------------------------

entrée phosphore - sortie phosphore = Perte phosphore

<p>Avec « entrée phosphore » = somme de :</p> <p>- phosphore contenu dans l'effluent initial (kg) : masse effluent * teneur phosphore effluent</p> <p>- phosphore contenu dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg) : masse litière apportée * teneur phosphore litière</p> <p>- phosphore excrété (kg) : P ingéré – (P retenu fin de lot – P retenu début de lot)</p> <p>- P ingéré : masse aliment consommé * teneur phosphore aliment</p> <p>- P retenu : (5.3 *PV/1000)</p> <p>Avec « sortie phosphore » = somme de :</p> <p>- phosphore contenu dans l'effluent en fin de lot (kg) : masse effluent produit * teneur phosphore</p>	<p><i>With "entrée phosphore" = sum of:</i></p> <p><i>- phosphorus contained in initial manure (kg): mass manure * phosphorus content in manure</i></p> <p><i>- phosphorus contained in the litter (contribution at the beginning of batch + additions) (kg): mass of added fresh litter * phosphorus content in litter</i></p> <p><i>- excreted phosphorus (kg): P eaten - (P retained at end of batch - P retained at beginning of batch)</i></p> <p><i>- P eaten: mass feed consumed * phosphorus content in feed</i></p> <p><i>- P retained: (5.3 *PV/1000)</i></p> <p><i>With "sortie phosphore" = sum of:</i></p> <p><i>- phosphorus contained in manure at the end of the batch (kg): mass manure produced *</i></p>
---	---

effluent - phosphore contenu dans l'effluent enlevé (kg) : masse effluent enlevé * teneur phosphore effluent	<i>phosphorus content in manure</i> <i>- phosphorus contained in removed manure (kg):</i> <i>mass manure removed * phosphorus content in manure</i>
--	---

Perte de potassium	<i>Potassium loss</i>
---------------------------	------------------------------

Perte potassium = entrée potassium - sortie potassium

<p>Avec « entrée potassium » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contenu dans l'effluent initial (kg) : masse effluent * teneur potassium - potassium contenu dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg) : masse litière apportée * teneur potassium litière - potassium excrété (kg) : potassium ingéré – (K retenu fin de lot – K retenu début de lot) - K ingéré : masse aliment consommé * teneur potassium aliment - K retenu : (-0.0034 * PV² + 2.5334 * PV) / 1000 <p>Avec « sortie potassium » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contenu dans l'effluent en fin de lot (kg) : masse effluent produit * teneur potassium effluent - potassium contenu dans l'effluent enlevé (kg) : masse effluent enlevé * teneur potassium effluent 	<p><i>With “entrée potassium” = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>- potassium contained in initial manure (kg):</i> <i>mass manure * potassium content</i> <i>- potassium contained in the litter (contribution at the beginning of batch + additions) (kg):</i> <i>mass litter brought * potassium content in litter - excreted potassium (kg):</i> <i>potassium eaten – (K retained at end of batch - K retained at beginning of batch)</i> <i>- K eaten: mass feed consumed * content potassium content in feed</i> <i>- K retained: (- 0.0034 * PV² + 2.5334 * PV) / 1000</i> <p><i>With “sortie potassium” = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>- potassium contained in manure at the end of the batch (kg):</i> <i>mass manure produced * potassium content in manure</i> <i>- potassium contained in removed manure (kg):</i> <i>mass manure removed * potassium content in manure</i>
---	--

<p>Calcul des masses d'effluents en début et fin de période de mesure à partir des mesures de concentration en P, des teneurs en matière sèche, et des flux au cours de la période</p> <p>Si l'on suppose que le phosphore est conservé, on peut écrire la relation suivante :</p>	<p><i>Calculation of the manure masses at the beginning and at the end of the measuring period using measurements of P content, dry matter content, and the fluxes during the period</i></p> <p><i>If it is assumed that phosphorus is conserved, the following relationship can be written:</i></p>
---	---

$$M_i^s \times P_i^s + M_a^s \times P_a^s + N_b \times P_{ex} = M_f^s \times P_f^s + M_e^s \times P_e^s$$

<p>avec M_i^s et M_f^s les masses totales de matière sèche initiale et finale, M_a^s et M_e^s les masses de litière apportée et de fumier enlevé, P_i^s et P_f^s les teneurs en P initiale et finale mesurées sur la matière sèche (par exemple en % P₂O₅ par rapport à la matière sèche), P_a^s et P_e^s les teneurs en P dans la litière apportée et le fumier enlevé, P_{ex} la quantité de P excrétée par les animaux.</p>	<p><i>with M_i^s and M_f^s the initial and final total masses of dry matter, M_a^s and M_e^s the masses of input litter and of removed solid manure, P_i^s and P_f^s the initial and final P contents measured on the dry matter (for example in % P₂O₅ related to the dry matter), P_a^s and P_e^s the P contents in the input litter and in the removed solid manure, P_{ex} the quantity of P excreted by the animals.</i></p>
---	--

Par ailleurs, les masses de matière sèche utilisées dans l'équation ci-dessus sont calculées de la façon suivante :

In addition, the dry matter masses used in the equation above are calculated in the following way:

$$M_i^s = MS_i \times M_i^h$$

$$M_f^s = MS_f \times M_f^h$$

avec M_i^s la masse totale de matière sèche initiale, M_f^s la masse totale de matière sèche finale, MS_i et MS_f les teneurs en matière sèche initiale et finale.

with M_i^s the total mass of initial dry matter, M_f^s the total mass of final dry matter, MS_i and MS_f the initial and final contents of dry matter.

Les masses non connues (M_i^s , M_i^h , M_f^s , M_f^h) peuvent être calculées en se rapportant au début de la bande :

The nonknown masses (M_i^s , M_i^h , M_f^s , M_f^h) can be calculated while referring to the beginning of the batch:

- entre le début de la bande et le prélèvement i :

- *between the beginning of the batch and the sampling day i :*

$$M_i^s = (M_{a[0 \text{ à } i]}^s \times P_{a[0 \text{ à } i]}^s + Nb \times P_{ex[0 \text{ à } i]} - M_{e[0 \text{ à } i]}^s \times P_{e[0 \text{ à } i]}^s) / P_i^s$$

- entre le début de la bande et le prélèvement f :

- *between the beginning of the batch and the sampling day f :*

$$M_f^s = (M_{a[0 \text{ à } f]}^s \times P_{a[0 \text{ à } f]}^s + Nb \times P_{ex[0 \text{ à } f]} - M_{e[0 \text{ à } f]}^s \times P_{e[0 \text{ à } f]}^s) / P_f^s$$

- d'où en utilisant les mesures de matière sèche :

- *therefore, using the dry matter measurements :*

$$M_i^h = M_i^s / MS_i$$

$$M_f^h = M_f^s / MS_f$$

Les valeurs de M_i^h et M_f^h peuvent ainsi être calculées et utilisées dans les équations de calcul des pertes.

The values of M_i^h and M_f^h can thus be calculated and used in the equations to calculate the losses.

Conversion des concentrations gazeuses mesurées en ppm en $mg \cdot m^{-3}$

Conversion of the gas concentrations measured in ppm into $mg \cdot m^{-3}$

Les concentrations gazeuses données par l'analyseur de gaz sont fréquemment exprimées en partie par millions (ppm). Pour leur utilisation présente, il convient de les convertir en mg/m^3 avec la formule suivante :

The gas concentrations given by the gas analyzer are frequently expressed in parts per million (ppm). For the present use, they should be converted into mg/m^3 with the following formula:

Concentration en mg/m^3 = (Concentration en ppm * masse moléculaire gaz)/24,45

*Concentration in mg/m^3 = (Concentration in ppm * molecular mass gas) / 24,45*

Masse Moléculaire CO_2 : 44 $g \cdot mol^{-1}$

Molecular mass CO_2 : 44 $g \cdot mol^{-1}$

Molecular mass CH_4 : 16 $g \cdot mol^{-1}$

Masse Moléculaire CH_4 : 16 $g \cdot mol^{-1}$

Molecular mass N_2O : 44 $g \cdot mol^{-1}$

Masse Moléculaire N₂O : 44 g.mol⁻¹

Masse Moléculaire NH₃ : 17 g.mol⁻¹

Masse Moléculaire H₂O : 18 g.mol⁻¹

Les concentrations en CO₂, CH₄, N₂O et NH₃ obtenues doivent également être converties en C-CO₂, C-CH₄, N-N₂O et N-NH₃ via l'application d'un facteur respectif de 12/44, 12/16, 28/44 et 14/17 (rapports entre les masses moléculaires pour les différentes espèces chimiques).

Calcul des gradients gazeux (exprimés en mg gaz. m⁻³ air humide)

Après conversion des mesures brutes de concentration, on calcule les médianes des concentrations gazeuses intérieures et extérieures relevées pour chaque gaz.

On en déduit :

Gradient gaz = médiane concentration intérieure gaz – médiane concentration extérieure gaz

Dans le cas où plusieurs jours de mesure sont utilisés :

Gradient gaz moyen = moyenne (gradient gaz visite 1 + gradient gaz visite 2 + ...)

calcul des émissions de CO₂, CH₄, N₂O et NH₃ par la méthode des rapports de concentration

On fait l'hypothèse que :

Perte C = Emission C-CO₂ + Emission C-CH₄

et que les émissions sont restées proportionnelles entre elles et proportionnelles aux gradients de concentration. D'où :

Emission C-CO₂ = Perte C / [1 + (gradient moyen C-CH₄/ gradient moyen C-CO₂)]

Emission C-CH₄ = Emission C-CO₂ * (gradient moyen C-CH₄/ gradient moyen C-CO₂)

Emission N-NH₃ = Emission C-CO₂ * (gradient moyen N-NH₃/ gradient moyen C-CO₂)

Emission N-N₂O = Emission C-CO₂ * (gradient moyen N-N₂O/ gradient moyen C-CO₂)

Molecular mass NH₃: 17 g.mol⁻¹

Molecular mass H₂O: 18 g.mol⁻¹

The concentrations in CO₂, CH₄, N₂O and NH₃ obtained must also be converted into C-CO₂, C-CH₄, N-N₂O and NH₃ using respective factor of 12/44, 12/16, 28/44 and 14/17 (relationship between the molecular masses for the various chemical species).

Calculation of the gas gradients (expressed out of mg gas. m³ humid air)

After conversion of raw measurements into concentrations, the medians are calculated for both inside and outside gas concentrations recorded for each gas.

The gradient is deduced:

Gas gradient = median of inside gas concentration - median of outside gas concentration

If several days of measurement are used:

Gradient average gas = average (gradient gas visits 1 + gradient gas visits 2 + ...)

calculation of the emissions of CO₂, CH₄, N₂O and NH₃ by the method of the reports/ratios of concentration

It is assumed that:

Loss C = Emission C-CO₂ + Emission C-CH₄

and that the emissions remained proportional between them and proportional to the concentration gradients. Therefore:

Emission C-CO₂ = Perte C [1 + (average gradient of C-CH₄/average gradient C-CO₂)]

Emission C-CH₄ = Emission C-CO₂ * (average gradient C-CH₄/average gradient C-CO₂)

Emission NH₃ = Emission C-CO₂ * (average gradient NH₃ average gradient C-CO₂)

Emission N-N₂O = Emission C-CO₂ * (average gradient N-N₂O/average gradient C-CO₂)

Emission H_2O = Emission C-CO₂ * (gradient moyen H₂O/ gradient moyen C-CO₂)

*Emission H_2O = Emission C-CO₂ * (average gradient H₂O/average gradient C-CO₂)*

5.1.5 Contrôles et vérifications (*Control and checkout*)

Les contrôles sur les éléments non volatils permettent de vérifier si les quantités observées d'éléments en entrée et sortie sont représentatives du lot suivi. Des écarts importants peuvent être observés lorsque soit les entrées sont mal connues (par exemple la composition de l'aliment), soit les prélèvements n'ont pu être représentatifs des effluents (par exemple fond de fosse à lisier inaccessible ou fumier très hétérogène). Dans le cas d'écarts importants sur P et K il est préférable d'utiliser les références nationales ou régionales d'alimentation et de rejets pour estimer les pertes de C et N :

Perte P = 0, si l'échantillonnage de l'effluent est homogène (« échantillonnage parfait ») et si la composition de l'aliment est bien connue.

Perte K = 0, s'il n'y a pas de pertes de liquides par percolation dans l'effluent et si la composition de l'aliment est bien connue.

Le contrôle sur le bilan d'eau peut être effectué lorsque l'on dispose d'une estimation assez précise de l'entrée d'eau. C'est le cas en général des élevages sans accès extérieur (parcours ou pâturage). Dans ce cas la vérification du bilan d'eau indique que les hypothèses sur la proportionnalité des émissions entre elles et des émissions avec les gradients de concentration moyens sont probablement vérifiées :

Perte Eau \leq Emission H₂O

S'il y a un fort écart entre l'émission d'eau et le défaut de bilan d'eau, il convient d'utiliser avec prudence les émissions d'NH₃ et de GES calculées avec ces observations.

Le contrôle sur le bilan d'azote permet de s'assurer que la représentativité des observations reste acceptable :

Perte N = Emission N-NH₃ + Emission N-N₂O + Emission N-N₂

Controls on the nonvolatile elements allow to check if the measured masses of elements in input and output are representative of the observed batch. Important variations can be observed when either the entries are badly known (for example the composition of feed), or samplings could not be representative of manure (for example bottom of a pit with inaccessible slurry or very heterogeneous solid manure). In the case of important variations on P and K it is preferable to use national or regional references of feed and effluents to estimate the losses of C and N:

Perte P = 0, if the sampling of manure is homogeneous ("perfect sampling") and if the composition of feed is well-known.

Perte K = 0, if there are no losses of liquids by lixiviation in manure and if the composition of feed is well-known.

Control of the water budget can be carried out when there are rather accurate estimates of the water input. This is generally the case in animal farms without outdoor access (outdoor farming or grazing). In these cases checking the water budget indicates that the assumptions on the proportionality between the emissions and between the emissions and the average concentration gradients are probably checked:

Loss Eau \leq Emission H₂O

If there is a strong difference between the water emission and the water mass balance deficit, it is recommended to use with prudence the emissions of NH₃ and GHG calculated with these observations.

Control on the nitrogen budget makes it possible to make sure that the representativeness of the observations remains acceptable:

Perte N = Emission N-NH₃ + Emission N-N₂O + Emission N-N₂

d'où :

$$\text{Perte N} > \text{Emission N-NH}_3 + \text{Emission N-N}_2\text{O}$$

Les émissions ammoniacales sont souvent plus fortes en fin de lot qu'au début. C'est donc en fin de lot que les mesures sont les plus pertinentes pour s'assurer que les émissions du lot sont effectivement faibles. En revanche, il est possible, dans le cas de fortes émissions ammoniacales, que l'émission journalière dépasse l'apport journalier d'azote excrété. Dans ce cas, l'extrapolation de ces mesures à l'ensemble du lot conduit à une incohérence (émission N-NH₃ > N_{ex}). On peut alors conclure que le système est fortement émetteur à ce stade (usage qualitatif des mesures) mais on ne peut utiliser ces observations pour calculer l'émission de l'ensemble du lot (usage quantitatif des mesures).

therefore:

$$\text{Perte N} > \text{Emission N-NH}_3 + \text{Emission N-N}_2\text{O}$$

The ammoniacal emissions are often higher at the end of the batch than at the beginning. Therefore, measurements done at the end of the batch are more relevant to make sure that the emissions of the batch were indeed low. On the other hand, it is possible, in the case of strong ammoniacal emissions, that the daily ammonia emission exceeds the daily excreted nitrogen. In this case, the extrapolation of these measurements to the whole batch shows inconsistency (Emission NH₃ > N_{ex}). It can then be concluded that the system has high emissions (qualitative use of measurements) but these observations cannot be used to calculate emissions for the whole batch (quantitative use of measurements).