

7.1 Procédure pour la mesure du défaut de bilan de masse d'un bâtiment d'élevage de poules pondeuses (*Guidelines for the measurement of the mass balance deficit of an animal house with laying hens*)

7.1.1 Introduction (*Introduction*)

7.1.1.1 Objectif (*Objective*)

L'objectif de ces recommandations est d'indiquer la méthode probablement la plus simple pour mesurer les émissions d'un bâtiment de poules pondeuses.

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 élevage 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). L'avantage des bâtiments d'élevage de poules pondeuses est que la variabilité temporelle des conditions d'élevage au cours d'une saison est faible en regard de celle qui existe lors de l'élevage d'un lot d'animaux en croissance (volailles de chair).

The objective of these guidelines is to indicate probably the simplest method to quantify the emissions of a laying hen house.

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). The advantage of laying hen houses is that the temporal variability of rearing conditions during one season should be minimal compared to animals reared for meat production.

7.1.1.2 Domaine d'application (*Scope*)

Ces recommandations sont adaptées aux cas des bâtiments d'élevage de poules pondeuses 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 la somme 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

These guidelines are adapted to cases of laying hen 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

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 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 d'oeufs. 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, effluents, oeufs) 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.

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

The outputs of the animal house (animals, eggs, droppings) can occur once or several times depending on the practices of animal and manure management. It should be possible to sample all the outputs of the house if analyses are required (e.g. to confirm concentrations in droppings), and either to weight them, or to analyze a conservative tracer identified in the inputs to estimate the mass of outputs. 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.

7.1.1.3 Principes (Principles)

D'une part, pendant la production d'oeufs, presque la moitié des intrants en eau et carbone est perdue sous forme gazeuse par le métabolisme respiratoire. D'autre part, le métabolisme des animaux et leur alimentation et l'efficacité de l'eau bue sont fortement reproductibles d'une ferme à l'autre parce qu'ils 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 d'élevage de poules

On the one hand, during laying hen production, almost half of the inputs of water and carbon are lost as gases through the respiration metabolism. On the other hand, animal metabolism 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 laying hen house for a given period should be either already known from existing data or

pondeuses donné, pendant l'élevage d'un lot d'animaux, devrait soit être déjà connu à partir des données existantes soit être 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.

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.

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.

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. 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 the phosphorous is usually 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,

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 mener à des émissions significatives de diazote. Quand les émissions de diazote sont significatives, le protoxyde d'azote (N_2O) 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 (CO_2 , CH_4 , H_2O , NH_3 , N_2O). 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.

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 (N_2O , or nitrogen monoxide) 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 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 (CO_2 , CH_4 , H_2O , NH_3 , N_2O). 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.

7.1.2 Appareillage (equipment)

<ul style="list-style-type: none"> - 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) - 1 sac TEDLAR® pour le prélèvement d'air extérieur - 1 sac TEDLAR® pour le prélèvement d'air intérieur - 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 - 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 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>clothing for animal farm (disposable coat and boots or specific clothing of the animal farm)</i> - <i>material for taking notes</i> - <i>material of cleaning and disinfection of equipment after the measurements</i> - <i>Gas Analyzer (for example infra-red photo-acoustics analyzer INNOVA® 1312 with filters CO₂, CO, CH₄, NH₃, N₂O, H₂O)</i> - <i>1 TEDLAR® bag for the sampling of outside air</i> - <i>1 TEDLAR® bag for the sampling of inside air</i> - <i>Thermo Hygromètre to characterize the temperature and hygrometry inside and outside the house</i> - <i>air pump (for example aerator of aquarium)</i> - <i>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</i> - <i>PTFE tubes to connect filters, bags, pumps and analyzer gas</i> - <i>if necessary, add the material for samplings of feeds and manure</i>
---	--

7.1.3 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 - Nombre d'œufs produits sur la journée - Quantité d'aliment consommée par jour - Quantité d'eau bue par jour - Quantité de litière ajoutée par jour - Quantité d'effluents produits par jour <p>Précautions générales d'utilisation</p>	<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>Daily production of eggs</i> - <i>Quantity of feed consumed per day</i> - <i>Water quantity drunk per day</i> - <i>Quantity of litter added per day</i> - <i>Manure quantity produced per day</i>
---	---

- 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 **dans de l'aire de vie des animaux**
- Le prélèvement devant être homogène, **effectuer un circuit dans tout le bâtiment** (aire de couchage, de déjection, d'alimentation, d'abreuvement)
- 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.)
- Entre 2 visites d'élevage, **rincer les 2 sacs TEDLAR® avec de l'air peu concentré** pour diminuer au maximum la présence de résidus dans le sac, vérifier avec l'analyseur que les mesures sont faibles
- 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 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.

Fréquence des prélèvements

Les émissions étant calculées journalièrement, un **seul prélèvement suffit pour effectuer une estimation**. Mais la durée d'élevage étant importante, et l'effet des saisons pouvant être significatif, il est préférable d'intervenir à plusieurs reprises pour déterminer les émissions gazeuses à différents stades d'élevage et pour différentes conditions climatiques.

Prélèvements d'air sur le terrain

- Installation du matériel dans le sas du bâtiment d'élevage
- Paramétrage de l'analyseur
 - o Démarrer l'analyseur

General precautions of use

- *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***
- *sample the air so as to **be within the volume of life of the animals***
- *Sampling having to be homogeneous, **carry out a circuit in all the house** (lying area, excreting area, feeding area, watering area)*
- *when sampling outside, **avoid any source of gas contamination** (passage near pit with slurry, dunghill, ventilator moving, tractor moving, fire, etc)*
- *Between 2 visits of animal farm, **rinse the 2 TEDLAR® bags with air with low concentrations** to decrease to the maximum the presence of residues in the bag, check with the analyzer that measurements are low.*
- *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.*

Frequency of samplings

*The emissions being calculated on a daily time step, **only one sampling is enough to carry out an estimate**. But duration of animal rearing being important, and as the effect of the seasons can be significant, it is preferable to carry out several samplings to determine the gas emissions at various stages of animal rearing and for various climatic conditions.*

Sampling air on the field

- *Installation of the material in the hopper of the animal housing*

<ul style="list-style-type: none"> o Effectuer une mesure de température dans le sas via le thermo hygromètre o Enregistrer cette valeur dans l'analyseur o Lancer le menu de mesure de l'analyseur afin que sa température interne s'équilibre <p>- Prélèvement d'air extérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> o S'équiper de la pompe à air, du sac TEDLAR® prélèvement extérieur et du thermo hygromètre o En restant sur place, commencer à remplir le sac TEDLAR® avec l'air extérieur pendant 3 à 5 minutes o Arrêter la pompe, et vider le sac TEDLAR®, vérifier que les mesures de température et hygrométrie sont stables, sinon attendre quelques minutes o Effectuer le prélèvement d'air en contournant le bâtiment d'élevage o En même temps effectuer des mesures de température et d'hygrométrie (3 à 5) o Une fois terminé, fermer le sac avant de le décrocher de la pompe o Brancher le sac TEDLAR® sur l'analyseur pour effectuer l'analyse de l'échantillon <p>- Prélèvement d'air intérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> o Effectuer les mêmes opérations que pour le prélèvement extérieur en utilisant le sac TEDLAR® adéquat o (l'étape « remplissage du sac 3 à 5 minutes » est à effectuer dans le bâtiment, la durée peut être de 20 minutes environ selon la taille du bâtiment) <p>- Analyse des échantillons</p> <ul style="list-style-type: none"> o Brancher le sac TEDLAR® sur l'analyseur o Ouvrir le sac TEDLAR® o Ne pas noter les premières valeurs données, attendre la stabilisation des concentrations pour enregistrer les 	<p>- <i>Parameter setting of the analyzer</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>O start the analyzer</i> <i>O measure the temperature in the hopper via the thermo hygrometer</i> <i>O record this value in the analyzer</i> <i>O start the measurements with the analyzer so that its internal temperature reach an equilibrium</i> <p>- <i>Sampling of outside air</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>O take the air pump, the TEDLAR® bag for outside sampling and the thermo hygrometer</i> <i>O while remaining on the same place, start to fill the TEDLAR® bag with the air outside during 3 to 5 minutes</i> <i>O stop the pump, and empty the TEDLAR® bag, check that the thermo hygrometer has stabilized, wait some minutes if not</i> <i>O sample the air by circumventing the animal housing</i> <i>O meanwhile record hygrometry and temperature measurements (3 to 5)</i> <i>O once completed, close the bag before disconnecting the pump</i> <i>O connect the TEDLAR® bag to the analyzer to analyse the sample</i> <p>- <i>Sampling of inside air</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>O carry on same operations as for outside sampling by using adequate TEDLAR® bag</i> <i>O (the stage "filling of bag 3 to 5 minutes" is to be carried out in all the house, so it may take around 20 minutes depending on its size)</i> <p>- <i>Analysis of the samples</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>O connect the TEDLAR® bag to the analyzer</i> <i>O open the TEDLAR® bag</i> <i>O do not note the first values given, but await the stabilization of the concentrations to record</i>
--	---

<p>mesures</p> <ul style="list-style-type: none"> o Noter les 10 valeurs suivantes o Débrancher le sac TEDLAR® o Vider le sac TEDLAR® 	<p>measurements</p> <ul style="list-style-type: none"> O record the 10 following values O disconnect the TEDLAR® bag O empty the TEDLAR® bag
--	---

7.1.4 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>
--	---

$$\text{Perte}_E = (M_i^h \times E_i^h + M_a^h \times E_a^h + Nb \times E_{ex} - M_f^h \times E_f^h - M_e^h \times E_e^h) / (M_i^h \times E_i^h + M_a^h \times E_a^h + E_{ex})$$

<p>où :</p> <p>Perte_E est la perte relative d'un élément E (l'abattement en pourcentage de la quantité apportée),</p> <p>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 de poules pondeuses, on peut alors utiliser des références régionales ou nationales pour l'aliment entrant et l'effluent sortant,</p> <p>l'exposant s correspond au produit sec et l'exposant h au produit humide,</p> <p>M_i^h et M_f^h les masses totales de fumier (ou fientes) brut initiale et finale,</p> <p>M_a^h et M_e^h les masses de litière neuve apportée et de fumier (ou fientes) enlevé,</p> <p>Nb, le nombre d'animaux de la salle considérée,</p> <p>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 volaille, E_a^h et E_e^h, les teneurs en E de la litière neuve et du fumier (ou fientes) 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</p>	<p>where:</p> <p><i>Perte_E is the relative loss of an element E (abattement expressed as a percentage of the input quantity),</i></p> <p><i>indices i and f correspond to the initial and final dates of the period of measurement ; when it is the usual period of animal rearing of laying hens, regional or national references can be used for feed input and manure output,</i></p> <p><i>the superscript s corresponds to the dry product and the superscript h to the wet product,</i></p> <p><i>M_i^h and M_f^h are the initial and final total masses of raw solid manure (or droppings),</i></p> <p><i>M_a^h and M_e^h are the masses of the fresh litter added and of the removed solid manure (or droppings),</i></p> <p><i>Nb, the number of animals in the room considered,</i></p> <p><i>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 poultry, E_a^h and E_e^h, the E contents of the fresh litter and the solid manure (or droppings) removed during the period; these contents can be either measured on the product or can be</i></p>
---	--

on convertit 1 kg de P en 2,3 kg de P₂O₅ [2,3 = (31*2 + 16*5)/(31*2)] et 1 kg de K en 1,2 kg de K₂O [1,2 = (39*2 + 16)/(39*2)].

Les quantités excrétées sont calculées de la façon suivante.

Pour l'azote :

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

où N_{ing} est la quantité d'azote ingérée par volaille, le mode de calcul de N_{retenu} est indiqué ci-dessous, il est calculé en utilisant PV le poids vif moyen des volailles. La mortalité animale est négligée au pas de temps journalier.

Pour le phosphore :

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

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

Pour le potassium (en kg K/volaille) :

$$K_{\text{ex}} = K_{\text{ing}} - K_{\text{retenu}}$$

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

Perte d'eau

*deduced from national or regional references. For P and K, the references can be expressed in P₂O₅ and K₂O. In this case one converts 1 kg of P into 2,3 kg of P₂O₅ [2,3 = (31*2 + 16*5)/(31*2)] and 1 kg of K in 1,2 kg of K₂O [1,2 = (39*2 + 16)/(39*2)].*

The excreted quantities are calculated in the following way.

For nitrogen:

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

where N_{ing} is the quantity of nitrogen introduced by poultry, the calculation of N_{retenu} is indicated below, it is calculated from PV, the average live weight of the poultry. Died animals are neglected at the daily time step.

For phosphorus:

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

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

For potassium (in kg K/poultry):

$$K_{\text{ex}} = K_{\text{ing}} - K_{\text{retenu}}$$

where K_{ing} is the quantity of potassium eaten by the poultry, K_{retenu} is the quantity retained in the body mass of the animal, calculations are indicated below.

Water loss

Perte eau (Water loss) = entrée eau - sortie eau

Avec « entrée eau » = somme de :

- eau contenue dans l'alimentation (masse apportée par jour) (kg/j) : masse aliment consommé – (masse aliment consommé * MS aliment)
- eau bue sur une journée (litres/j) : relevé d'élevage (compteur d'eau) ou estimé par le ratio eau/aliment ; 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

With "entrée eau" = sum of:

- water contained in the feed (mass input during one day) (kg/d): mass feed consumed - (mass feed consumed * MS feed)
- water drunk during one day (liters/d): local measurement of animal farm (water flowmeter) or estimated from the water:feed ratio; one can increase this quantity by 5% to take account of metabolic water, i.e. that produced during the degradation of the dry

aliments et qui ne vient ni de l'eau buë 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 moyen par jour) (kg/j) : masse litière apportée – (masse litière apportée * MS litière)
- eau contenue dans les animaux en début de journée (kg) : estimée à 65% PV

Avec « sortie eau » = somme de :

- eau contenue dans l'effluent produit sur une journée d'élevage (kg/j) : masse effluent produit – (masse effluent produit * MS effluent)
- eau contenue dans les animaux en fin de journée (kg) estimée à 65% du poids vif (PV)
- eau contenue dans les œufs produits (kg/j) : poids d'œufs produits * teneur eau (740 g eau/kg œufs)

Perte de carbone

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) : $C = MS / 2$

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.

- *water contained in the litter (average addition per day) (kg/d): mass litter input – (mass litter input * MS litter)*
- *water contained in the animals at the beginning of the day (kg) estimated from 65% of the live weight (PV)*

With “sortie eau ” = sum of:

- *water contained in the manure produced each day (kg/d): mass of effluent produced – (mass of effluent produced * MS manure)*
- *water contained in the animals at the end of the day (kg) estimated at 65% of the live weight (PV)*
- *water contained in the produced eggs (kg/d): weight of produced eggs * water content (740 g water/kg eggs)*

Carbon loss

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 quotidienne (kg/j) : masse aliment consommé * teneur C (ou calculé à partir de MS/2)
- carbone contenu dans la litière (apport moyen par jour) (kg/j) : masse litière apportée * teneur C (ou calculé à partir de MO/2)

With “entrée carbone” = sum of:

- *carbon contained in the daily feed input (kg/d): mass feed consumed * C content (calculated from MS/2)*
- *carbon contained in the litter (average daily addition) (kg/d): mass litter input * C content (calculated from MO/2)*
- *carbon contained in the animals at the beginning of the day (kg): PV animals * C*

<p>- carbone contenu dans les animaux en début de journée (kg) : PV animaux * teneur C (ou calculé à partir de MS/2 = 175 g C/kg PV)</p> <p>Avec « sortie carbone » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - carbone contenu dans l'effluent produit sur une journée d'élevage (kg/j) : masse effluent produit * teneur C (ou calculé à partir de MS/2) - carbone contenu dans les animaux en fin de journée (kg) : PV animaux * teneur C (ou calculé à partir de MS/2 = 175 g C/kg PV) - carbone contenu dans les œufs produits (kg/j) : poids d'œufs produits * teneur carbone (ou calculé à partir de MS/2 = 130 g C/kg œufs) 	<p><i>content (calculated from MS/2 = 175 g C/kg PV)</i></p> <p><i>With "sortie carbone" = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>carbon contained in the manure produced each day (kg/d): mass manure produced * C content (calculated from MS/2)</i> - <i>carbon contained in the animals at the end of the day (kg): PV animals * C content (calculated from MS/2 = 175 g C/kg PV)</i> - <i>carbon contained in the daily production of eggs (kg/d): egg daily production * C content (calculated from MS/2 = 130 g C/kg eggs)</i>
--	---

Perte d'azote :	Nitrogen loss
------------------------	----------------------

Perte azote = entrée azote – sortie azote

<p>Avec « entrée azote » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - azote contenu dans l'aliment apporté par jour (kg/j) : masse aliment * teneur azote aliment - azote contenu dans la litière (apport moyen par jour) (kg/j) : masse litière apportée * teneur azote litière - azote contenu dans les animaux en début de journée (kg) : PV des animaux * teneur azote animaux (17,4 g N/kg PV) 	<p><i>With "entrée azote" = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>nitrogen contained in the daily feed input (kg/d): mass feed consumed * N content of feed</i> - <i>nitrogen contained in the litter (average daily addition) (kg/d): mass litter input * nitrogen content of litter</i> - <i>nitrogen contained in the animals at the beginning of the day (kg): PV animals * nitrogen content of animals (17,4 g N/kg PV)</i>
---	---

<p>Avec « sortie azote » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - azote contenu dans l'effluent produit sur une journée d'élevage (kg/j) : masse effluent produit * teneur azote effluent - azote contenu dans les animaux en fin de journée (kg) : PV des animaux * teneur azote animaux (17,4 g N/kg PV) - azote contenu dans les œufs produits par jour (kg/j) : poids d'œufs produits * teneur azote (19,7 g N/kg œufs) 	<p><i>With "sortie azote" = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>nitrogen contained in the manure produced each day (kg/d): mass manure produced * nitrogen content in manure</i> - <i>nitrogen contained in the animals at the end of the day (kg): PV animals * nitrogen content of animals (17,4 g N/kg PV)</i> - <i>nitrogen contained in the daily production of eggs (kg/d): mass of egg daily production * nitrogen content of eggs (19,7 g N/kg eggs)</i>
---	---

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

entrée phosphore - sortie phosphore = Perte phosphore

<p>Avec « entrée phosphore » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - phosphore contenu dans la litière (apport moyen par jour) (kg/j) : masse litière apportée * teneur phosphore litière - phosphore contenu dans l'aliment apporté par jour (kg/j) : masse aliment * teneur phosphore aliment - phosphore contenu dans les animaux en début de journée (kg) : PV des animaux * teneur phosphore animaux (2,15 g P/kg PV) <p>Avec « sortie phosphore » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - phosphore contenu dans l'effluent produit sur une journée d'élevage (kg/j) : masse effluent produit * teneur phosphore effluent - phosphore contenu dans les animaux en fin de journée (kg) : PV des animaux * teneur phosphore animaux (2,15 g P/kg PV) - phosphore contenu dans les œufs produits par jour (kg/j) : poids d'œufs produits * teneur phosphore (2 g P/kg œufs) 	<p>With "entrée phosphore" = sum of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - phosphorus contained in the litter (average daily addition) (kg/d): mass of added fresh litter * phosphorus content in litter - phosphorus contained in the daily feed input (kg/d): mass feed consumed * phosphorus content of feed - phosphorus contained in the animals at the beginning of the day (kg): PV animals * phosphorus content of animals (2,15 g P/kg PV) <p>With "sortie phosphore" = sum of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - phosphorus contained in the manure produced each day (kg/d): mass manure produced * phosphorus content in manure - phosphorus contained in the animals at the end of the day (kg): PV animals * phosphorus content of animals (2,15 g P/kg PV) - phosphorus contained in the daily production of eggs (kg/d): mass of daily egg production * phosphorus content of eggs (2 g P/kg eggs)
--	--

Perte de potassium :	Potassium loss
-----------------------------	-----------------------

Perte potassium = entrée potassium - sortie potassium

<p>Avec « entrée potassium » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contenu dans la litière (apport moyen par jour) (kg/j) : masse litière apportée * teneur potassium litière - potassium contenu dans l'aliment apporté par jour (kg/j) : masse aliment * teneur potassium aliment - potassium contenu dans les animaux en début de journée (kg) : PV des animaux * teneur potassium animaux (1,2 g K/kg PV) <p>Avec « sortie potassium » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contenu dans l'effluent produit sur une journée d'élevage (kg/j) : masse effluent produit * teneur potassium effluent - potassium contenu dans les animaux en fin de journée (kg) : PV des animaux * teneur potassium animaux (1,2 g K/kg PV) - potassium contenu dans les œufs produits par jour (kg/j) : poids d'œufs produits * 	<p>With "entrée potassium" = sum of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contained in the litter (average daily addition) (kg/d): mass fresh litter added * potassium content in litter - potassium contained in the daily feed input (kg/d): mass feed consumed * potassium content in feed - potassium contained in the animals at the beginning of the day (kg): PV animals * potassium content of animals (1,2 g K/kg PV) <p>With "sortie potassium" = sum of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contained in the manure produced each day (kg/d): mass manure produced * potassium content in manure - potassium contained in the animals at the end of the day (kg): PV animals * potassium content of animals (1,2 g K/kg PV) - potassium contained in the daily production
---	--

teneur potassium (1,4 g K/kg œufs)

*of eggs (kg/d): mass of daily egg production * potassium content of eggs (1,4 g P/kg eggs)*

Conversion des concentrations gazeuses mesurées en ppm en mg.m³

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/m³ avec la formule suivante :

Concentration en mg/m³ = (Concentration en ppm * masse moléculaire gaz)/24,45

Masse Moléculaire CO₂ : 44 g.mol⁻¹

Masse Moléculaire CH₄ : 16 g.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 + ...)

Conversion of the gas concentrations measured in ppm into mg.m³

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/m³ with the following formula:

*Concentration in mg/m³ = (Concentration in ppm * molecular mass gas) /24,45*

Molecular mass CO₂: 44 g.mol⁻¹

Molecular mass CH₄: 16 g.mol⁻¹

Molecular mass N₂O: 44 g.mol⁻¹

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

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

On fait l'hypothèse que :

$$\text{Perte C} = \text{Emission C-CO}_2 + \text{Emission C-CH}_4$$

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

$$\text{Emission C-CO}_2 = \text{Perte C} / [1 + (\text{gradient moyen C-CH}_4 / \text{gradient moyen C-CO}_2)]$$

$$\text{Emission C-CH}_4 = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{gradient moyen C-CH}_4 / \text{gradient moyen C-CO}_2)$$

$$\text{Emission N-NH}_3 = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{gradient moyen N-NH}_3 / \text{gradient moyen C-CO}_2)$$

$$\text{Emission N-N}_2\text{O} = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{gradient moyen N-N}_2\text{O} / \text{gradient moyen C-CO}_2)$$

$$\text{Emission H}_2\text{O} = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{gradient moyen H}_2\text{O} / \text{gradient moyen C-CO}_2)$$

reports/ratios of concentration

It is assumed that:

$$\text{Loss C} = \text{Emission C-CO}_2 + \text{Emission C-CH}_4$$

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

$$\text{Emission C-CO}_2 = \text{Perte C} [1 + (\text{average gradient of C-CH}_4 / \text{average gradient C-CO}_2)]$$

$$\text{Emission C-CH}_4 = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{average gradient C-CH}_4 / \text{average gradient C-CO}_2)$$

$$\text{Emission NH}_3 = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{average gradient NH}_3 / \text{average gradient C-CO}_2)$$

$$\text{Emission N-N}_2\text{O} = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{average gradient N-N}_2\text{O} / \text{average gradient C-CO}_2)$$

$$\text{Emission H}_2\text{O} = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{average gradient H}_2\text{O} / \text{average gradient C-CO}_2)$$

7.1.5 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

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.

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 :

$$\text{Perte Eau} \leq \text{Emission H}_2\text{O}$$

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' NH_3 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 :

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

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 $\text{N-NH}_3 > N_{\text{ex}}$). 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).

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:

$$\text{Loss Eau} \leq \text{Emission H}_2\text{O}$$

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 NH_3 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:

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

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 $\text{NH}_3 > N_{\text{ex}}$). 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).