

## 8.1 Procédure pour la mesure du défaut de bilan de masse d'un bâtiment d'élevage de vaches laitières (*Guidelines for the measurement of the mass balance deficit of an animal house with dairy cows*)

### 8.1.1 Introduction (*Introduction*)

#### 8.1.1.1 Objectif (*Objective*)

Dans la plupart des cas où les émissions de la production animale doivent être réduites, elles représentent une quantité significative des intrants totaux du système. Les mesures continues au cours de toute la période d'élevage sont chères. C'est le cas, en particulier, des bâtiments à ventilation naturelle qui sont couramment employés lorsque les conditions climatiques conviennent toute l'année aux animaux, par exemple pour les bovins en France. 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 masse fournit un outil approprié pour estimer les pertes gazeuses élémentaires totales (eau, carbone, azote, etc.) et pour les comparer aux mesures d'émissions gazeuses.

Dans le cas des bâtiments d'élevage, les masses d'intrants solides et liquides peuvent être certifiées (poids d'animaux, de nourriture, d'eau, et de litière). Le bilan de masse du système peut fournir des contraintes physiques réalistes pour vérifier les mesures d'émission. Par conséquent il peut être employé dans un processus d'assurance qualité (QA/QC).

L'objectif de ces recommandations est de proposer des outils qui devraient être utilisables pour calculer le bilan de masse de la plupart des bâtiments de vaches laitières.

*In most cases where emissions from animal production have to be reduced, they represent a significant amount of the total input of the system. Continuous measurements during the whole period of animal rearing are expensive. Particularly in the case of naturally ventilated housing, that is widely used in all regions where the climate suits to the animals throughout the year, that is the case of cattle in France. 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.) and compare it to the measurements of gaseous emissions.*

*In the case of animal houses, mass inputs can be ascertained (weight of animals, food, water, and litter). The mass budget of the system can provide realistic physical constraints to control the emission estimates. Therefore it can be used in the QA/QC process.*

*The objective of these guidelines is to propose tools that should apply to the mass balance of most dairy cows' buildings.*

#### 8.1.1.2 Domaine d'application (*Scope*)

Ces recommandations s'appliquent à tous les bâtiments d'élevage où les intrants et les

*These guidelines apply to all animal houses where inputs and outputs can be clearly*

sorties peuvent être clairement définis.

C'est le cas de toutes les élevages hors-sol (CAFO) où l'alimentation est préparée à l'extérieur du bâtiment, les animaux entrent et sortent du bâtiment à des poids définis, l'effluent est collecté dans le bâtiment. Dans les bâtiments où l'effluent est retiré fréquemment (par exemple par des raclages ou chasses d'eau fréquents), le système peut être réduit à un bâtiment contenant seulement des animaux.

Ce n'est pas le cas quand une quantité significative d'aliment ou d'effluent est mal connue, par exemple dans les systèmes avec pâturage, à moins que des modèles ne prévoient des valeurs représentatives d'excrétion à partir de données sur les animaux, leurs performances de production et le type d'aliment. Par conséquent, une modélisation est incluse dans ces recommandations.

Le bilan de matière peut être appliqué soit à des valeurs observées, spécifiques du système considéré pour la mesure des émissions, soit à des valeurs de référence, représentatives de la catégorie de bâtiment d'élevage à laquelle le système appartient. Lorsque l'on utilise des références plutôt que des observations, la représentativité peut être vérifiée en comparant la composition d'un échantillon effluent et d'un échantillon d'aliment aux références.

Des similitudes de composition des effluents, des aliments et des animaux ne signifie pas que les émissions sont voisines. Par exemple, dans le cas des systèmes de fumier en France, on peut observer des pertes semblables d'azote dans les fermes commerciales, sur la base de l'analyse des effluents produits, alors que les émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote peuvent être beaucoup plus variables (CORPEN, 2003).

*defined.*

*It is the case of all concentrated animal feeding operations (CAFO) where feed is prepared outside the building, animals come in the house and go out at defined weights, manure is collected within the house. In houses where excretion is immediately removed (e.g. through frequent washing or scraping), the system can be reduced to a house with only animals.*

*It is not the case when a significant amount of feed or manure is unknown, for example in pasture systems, except if models can predict representative values of excretion from data concerning animal production and feed type. Therefore, modeling is also proposed within these guidelines.*

*Mass balance can be applied either to observed values, specific of the system considered for emissions, or to reference values, representative of the animal house category to which the system belongs. When using references rather than observations, the representativeness can be checked by comparing the composition of an effluent sample and of a feed sample to the references.*

*Similar compositions of manure and feed, and similar animals does not mean that housing emissions are similar. For example, in the case of solid manure systems in France, similar nitrogen losses can be observed in commercial farms, considering the manure produced, while emissions of ammonia and nitrous oxide can be much more variable (CORPEN, 2003).*

### 8.1.1.3 Principes (Principles)

Le bilan matière est calculé 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

*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.*

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 sont 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

*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, either mineral (e.g. water, ammonia, carbon dioxide) or organic (e.g. volatile fatty acids, amines, and other more or less odourous 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 either inputs or 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 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, 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<sub>2</sub>, the main component of air) can not be quantified while denitrification reactions frequently occur in anaerobic zones of animal manure rich in nitrogen and can*

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.

*lead to significant dinitrogen emissions. When there are significant dinitrogen emissions, nitrous oxide ( $N_2O$ ) 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.*

### 8.1.2 Identification des sites émetteurs (*Identification of emission site*)

- localisation géographique du bâtiment
- saison à laquelle l'estimation est faite
- type de bâtiment (couchage / effluents)
- effectifs actuels (VL + autres si dans le même bâtiment)
- production moyenne de lait + taux (TB, TP)
- matières premières entrant dans l'alimentation + quantités apportées/j (fourrages, concentrés, compléments minéraux et vitaminés)
- quantité de litière apportée/ j
- temps de présence des animaux (heures/jour)
- évaluation de la répartition des effluents (FTC, FC, FM, LIS, cf. tableau ci-dessous) dans le bâtiment (proportions sur une échelle de 0 à 1) :

- *geographical localization of the house*
- *season to which the estimate is made*
- *type of house (floor / manure)*
- *animal number (dairy cows + others if they are in the same house)*
- *average production of milk + content (fat, proteins)*
- *raw feed + daily amounts (fodder, concentrates, complements mineral and vitaminized)*
- *mass of litter per day*
- *presence of the animals (hours/day)*
- *evaluation of the various types of manure (FTC, FC, FM, LIS, cf table below) in the house (proportions on a scale from 0 to 1):*

**Tableau 1. Types de logement et types de déjections associées / Housing categories and associated manure categories**

Logement	Logement/Housing	Type de	Effluent / Manure
----------	------------------	---------	-------------------

<b>/ Housing category</b>		<b>déjections / Manure category</b>	
LAF	Litière Accumulée avec couloir raclé en fumier / <i>Accumulated Solid Manure beside a floor with solid manure scraping</i>	FTC + FM	Fumier très compact + Fumier mou / <i>High density solid manure + Limp manure</i>
LAL	Litière Accumulée avec couloir raclé en lisier / <i>Accumulated Solid Manure beside a floor with liquid manure scraping</i>	FTC + LIS	Fumier très compact + Lisier / <i>High density solid manure + Slurry</i>
LF	Logettes Fumier / <i>Cubicles with solid manure</i>	FM + LIS	Fumier mou + Lisier / <i>Limp manure + Slurry</i>
LL	Logettes Lisier/ <i>Cubicles with liquid manure</i>	LIS	Lisier / <i>Slurry</i>
LC	Logettes Caillebotis/ <i>Cubicles with slatted floor</i>	LIS	Lisier / <i>Slurry</i>
EE	Etable Entravée / <i>tethered housing</i>	FC	Fumier compact / <i>Dense solid manure</i>
LAI	Litière Accumulée Intégrale / <i>Loose housing</i>	FTC	Fumier très compact / <i>High density solid manure</i>

### 8.1.3 Appareillage (equipment)

<p><b>Échantillonnage des gaz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyseur de gaz (par exemple analyseur infrarouge photo-acoustique INNOVA® 1312 équipé de filtres CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O)</li> <li>- 1 sac TEDLAR® pour le prélèvement d'air extérieur</li> <li>- 1 sac TEDLAR® pour le prélèvement d'air intérieur</li> <li>- Thermo Hygromètre pour caractériser les conditions de température et d'hygrométrie à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment</li> <li>- Pompe à air (par exemple aérateur d'aquarium)</li> <li>- Filtres (Milipore Millex- HV Hydrophile PVDF 0,45 µm) placé en entrée du système de prélèvement, un pour extérieur et un pour l'intérieur</li> <li>- Tuyaux PTFE pour raccorder filtres, sacs, pompes et analyseur de gaz</li> </ul>	<p><b>Sampling the gases</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gas Analyzer (for example infra-red photo-acoustics analyzer INNOVA® 1312 with filters CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O)</li> <li>- 1 TEDLAR® bag for the sampling of outside air</li> <li>- 1 TEDLAR® bag for the sampling of inside air</li> <li>- Thermo Hygromètre to characterize the temperature and hygrometry inside and outside the house</li> <li>- air pump (for example aerator of aquarium)</li> <li>- 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</li> <li>- PTFE tubes to connect filters, bags, pumps and analyzer gas</li> </ul>
<p><b>Échantillonnage des stocks</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- voir procédure « bilan de masse au stockage »</li> </ul>	<p><b>Sampling the stock</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- see procedure "mass balance of storage"</li> </ul>

### **Autres équipements**

- 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
- compteur volumétrique pour l'eau

### **Other equipment**

- *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*
- *water flowmeter*

## **8.1.4 Observations (Observations)**

### **Liste des informations nécessaires**

- Type de bâtiment (couchage/ effluents)
- Age des animaux lors des visites
- Nombre d'animaux (de différents types si nécessaire : vaches en production, génisses, etc.) lors des visites
- Poids des animaux lors des visites
- Production laitière moyenne + taux (TB, TP)
- Matières premières entrant dans l'alimentation + Quantités apportées/j
- Quantité d'eau bue par jour
- Quantité de litière ajoutée par jour
- Evaluer la répartition des effluents (FTC, FC, FM, LIS) dans le bâtiment (sur une échelle de 0 à 1)
- Des valeurs de masse d'effluents et de composition sont proposées dans la méthode, ces valeurs peuvent être observées
- Temps de présence des animaux le jour du prélèvement

### **Précautions générales d'utilisation**

- 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** (environ 2m de hauteur)
- Le prélèvement devant être homogène,

### **List of required informations**

- *Type of house (lying area / effluent management)*
- *Age of the animals at the time of the visits*
- *Number of animals (of various types: lactating cows, young cattle, etc.) at the sampling dates*
- *Weight of the animals at the sampling dates*
- *Milk production and quality (TB, TP)*
- *Various types of feed and masses per day*
- *Water quantity drunk per day*
- *Quantity of litter added per day*
- *Estimate the proportion of each type of effluent (FTC, FC, FM, LIS) inside the building (between 0 and 1)*
- *Values of the mass of effluents and of their composition are proposed in the method, they also can be observed*
- *Number of hours where the animals are in the house on the sampling date*

### **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** (around 2 m above ground level)*
- *Sampling having to be homogeneous, **carry out a circuit in all the house** (lying area,*

**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
- l'air intérieur des stabulations bovines est généralement froid, mais s'il est chaud et humide en hiver, il y aura 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 ; 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
  - 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
- Prélèvement d'air extérieur

*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.*
- *Cattle houses are generally cold, but when they are warm and moist during the winter there is 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; 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*
- *Parameter setting of the analyzer*
  - o *start the analyzer*
  - o *measure the temperature in the hopper via the thermo hygrometer*
  - o *record this value in the analyzer*
  - o *start the measurements with the analyzer so that its internal temperature reach an equilibrium*

<ul style="list-style-type: none"> <li>o S'équiper de la pompe à air, du sac TEDLAR® prélèvement extérieur et du thermo hygromètre</li> <li>o En restant sur place, commencer à remplir le sac TEDLAR® avec l'air extérieur pendant 3 à 5 minutes</li> <li>o Arrêter la pompe, et vider le sac TEDLAR®, vérifier que les mesures de température et hygrométrie sont stables, sinon attendre quelques minutes</li> <li>o Effectuer le prélèvement d'air en contournant le bâtiment d'élevage</li> <li>o En même temps effectuer des mesures de température et d'hygrométrie (3 à 5)</li> <li>o Une fois terminé, fermer le sac avant de le décrocher de la pompe</li> <li>o Brancher le sac TEDLAR® sur l'analyseur pour effectuer l'analyse de l'échantillon</li> </ul> <p>- Prélèvement d'air intérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Effectuer les mêmes opérations que pour le prélèvement extérieur en utilisant le sac TEDLAR® adéquat</li> <li>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)</li> </ul> <p>- Analyse des échantillons</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Brancher le sac TEDLAR® sur l'analyseur</li> <li>o Ouvrir le sac TEDLAR®</li> <li>o Ne pas noter les premières valeurs données, attendre la stabilisation des concentrations pour enregistrer les mesures</li> <li>o Noter les 10 valeurs suivantes</li> <li>o Débrancher le sac TEDLAR®</li> <li>o Vider le sac TEDLAR®</li> </ul>	<p>- <i>Sampling of outside air</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>O take the air pump, the TEDLAR® bag for outside sampling and the thermo hygrometer</i></li> <li><i>O while remaining on the same place, start to fill the TEDLAR® bag with the air outside during 3 to 5 minutes</i></li> <li><i>O stop the pump, and empty the TEDLAR® bag, check that the thermo hygrometer has stabilized, wait some minutes if not</i></li> <li><i>O sample the air by circumventing the animal housing</i></li> <li><i>O meanwhile record hygrometry and temperature measurements (3 to 5)</i></li> <li><i>O once completed, close the bag before disconnecting the pump</i></li> <li><i>O connect the TEDLAR® bag to the analyzer to analyse the sample</i></li> </ul> <p>- <i>Sampling of inside air</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>O carry on same operations as for outside sampling by using adequate TEDLAR® bag</i></li> <li><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></li> </ul> <p>- <i>Analysis of the samples</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>O connect the TEDLAR® bag to the analyzer</i></li> <li><i>O open the TEDLAR® bag</i></li> <li><i>O do not note the first values given, but await the stabilization of the concentrations to record measurements</i></li> <li><i>O record the 10 following values</i></li> <li><i>O disconnect the TEDLAR® bag</i></li> <li><i>O empty the TEDLAR® bag</i></li> </ul>
---	---

**Echantillonnage pendant les opérations**

**Sampling during input-output operations**

## **d'entrée-sortie**

Idéalement, l'échantillonnage du lisier ou du fumier devrait être pratiqué lorsqu'il est déplacé d'un endroit à l'autre et pesé pendant cette opération. Dans ce cas, l'échantillonnage régulier devrait se produire lors des opérations de chargement ou déchargement de l'effluent. Puis tous les échantillons devraient être regroupés, puis complètement mélangés, puis être divisés en 2 parts, puis à nouveau mélangés et séparés en 2 jusqu'à ce que la taille de l'échantillon soit atteinte. L'échantillon devrait être alors conditionné dans un récipient évitant des pertes de gaz, puis congelé pour éviter des transformations biochimiques (par exemple l'ammoniac peut être produit ou consommé si l'échantillon n'est pas gelé). Une fois congelés, si les échantillons sont faits de grandes particules (> taille de 2mm), les échantillons devraient être broyés pour atteindre une dimension particulière en-dessous de 2mm. Cette opération est nécessaire parce que les grandes particules induiront une variabilité élevée des résultats analytiques. En effet, ces derniers sont obtenues après sous-échantillonnage par petites quantités (quelques grammes). Si le broyage n'est pas faisable, alors l'échantillon devrait être séché, tamisé, et l'analyse devrait être faite sur la fraction fine, en indiquant la proportion de la fraction fine utilisée pour l'analyse (ce procédé est semblable à ce qui est fait pour des sols avec des pierres, quand des pierres sont jetées avant analyse, ou pour quelques déchets ou eaux qui sont également tamisés avant analyse).

### **Échantillonnage des stocks**

Quand le prélèvement n'est pas possible pendant les opérations d'entrée-sortie d'effluents, le prélèvement idéal devrait être précédé d'un mélange du produit. Par conséquent, l'échantillonnage devrait être effectué après un brassage énergique du lisier ou après retournement du tas de fumier, chaque fois que ces opérations sont possibles. Tous les échantillons devraient être regroupés, puis être traités comme décrit ci-dessus.

Quand le mélange n'est pas possible, le procédé de prélèvement devrait être

*The ideal sampling of liquid and solid manure can be done when it is moved from one place to another and weighed during this operation. Then regular sampling should occur during either charging or discharging the manure. All samples should be collected in a tank, then thoroughly mixed, then divided in 2 parts until the size of the sample is reached. The sample should be conditioned in a container avoiding gas losses, then deep frozen to avoid biochemical transformations (e.g. ammonia can be produced or consumed if sample is not frozen). Once frozen, if the samples are made of big particles (> 2mm size), the samples should be ground to reach a particle size below 2mm. This operation is necessary because large particles will induce a high variability of analytical results that they are obtained after subsampling a small quantity (some grammes). If it is not feasible, then the sample should be dried, screened, and the analysis should be done on the fine fraction, indicating the fraction of fine fraction used for analysis (this procedure is similar to what is done for soils with stones, when stones are discarded before analysis, or for some wastes or waters that are also screened before analysis).*

### **Sampling the stock**

*When sampling is not possible during input-output operations, the ideal sampling follows the mixing of the product. Therefore, sampling should be carried on after energy mixing of the slurry or after turning the solid manure heap, each time it is feasible. All samples should be collected in a tank, then processed as described above.*

*When mixing is not possible, the sampling procedure should be representative of the heterogeneity of the manure, whatever liquid or solid, and of the volume of the stock. For example, in a lagoon, it should account for the variability of the sludge accumulation, or of the liquid evolution in case of complex geometry. All samples should be collected in*

représentatif de l'hétérogénéité de l'effluent, qu'il soit liquide ou solide, et du volume des différents stocks. Par exemple, dans une lagune, il devrait tenir compte de la variabilité de l'accumulation de boues, ou de l'évolution du liquide en cas de géométrie complexe. Tous les échantillons devraient être rassemblés, puis être traités comme décrit ci-dessus.

Quand les stocks sont prélevés, le pesage n'est pas systématiquement effectué. La masse peut être déduite de la conservation des éléments non-volatils (P, K). Cependant, un biais peut se produire pendant l'échantillonnage. Par conséquent, quand le pesage n'est pas effectué, au moins 3 dates de prélèvement devraient être employées (commencement, milieu, fin d'expérience) afin de vérifier la validité des données utilisées pour l'évaluation de masse à partir des éléments non volatils (test de l'hypothèse de conservation de ces éléments).

Quand le volume peut être mesuré avec une incertitude inférieure à 10%, il devrait être mesuré au début et à la fin de la période expérimentale. Dans ce cas-ci, la densité devrait être également mesurée en pesant un volume connu d'effluent, au moins au début et à la fin de l'expérience.

### **Analyses**

L'analyse des échantillons porte sur la matière sèche (bilan d'eau), le carbone inorganique et organique total (bilan de carbone), l'ammoniac et l'azote Kjeldahl (bilan d'azote), le potassium et le phosphore (bilan des éléments non-volatils).

Quand le protocole d'analyse passe par un séchage de l'échantillon (chauffage ou lyophilisation), des composés volatils sont perdus. La quantité perdue dépend de la composition de l'échantillon (par exemple le poids moléculaire des espèces chimiques), la température de séchage, le pH, la durée du séchage. Selon l'échantillon, il peut être nécessaire d'adapter le procédé analytique afin d'éviter le biais dû à la volatilisation pendant le séchage. Par exemple, si l'échantillon est riche en composés volatils de carbone, le contenu de carbone devrait être analysé non seulement sur la fraction sèche (c.-à-d. après chauffage, fréquemment faite

*a tank, then processed as described above.*

*When the stocks are sampled, weighing is generally not carried on. The mass can be deduced from the conservation of non-volatile elements (P,K). However, sampling bias can occur during the experiment. Therefore, when weighing is not carried on, at least 3 sampling dates should be used (beginning, middle, end of experiment) in order to check the validity of the data used for mass estimate (assess the assumption of the conservation of non volatile elements).*

*When the volume can be measured with an uncertainty lower than 10%, it should be measured at the beginning and at the end of the experimental period. In this case, the density should be also measured by weighing a known volume of manure, at least at the beginning and the end of the experiment.*

### **Analysis**

*Samples are analyzed for dry matter (mass balance of water), ammonia and Kjeldahl nitrogen (mass balance of nitrogen), total organic and total inorganic carbon (mass balance of carbon), total phosphorous and total potassium (mass balance of non-volatile elements).*

*When the analysis protocol induces sample drying (by heating or lyophilization), volatile compounds are lost. The amount lost depends on the sample composition (e.g. the molecular weight of the chemical species), the drying temperature, the pH, the duration of the drying. Depending on the sample, it can be necessary to adapt the analytical procedure in order to avoid the bias due to the volatilization during drying. For example, if the sample is rich in volatile carbon compounds, the carbon content should be analyzed not only on the dry fraction (i.e. after heating, frequently done above 100°C) but also on the liquid fraction, that can represent over 90% of the sample mass. When the complete carbon analysis is too*

au-dessus 100°C) mais également sur la fraction liquide, qui peut représenter plus de 90% de la masse de l'échantillon. Quand l'analyse complète de carbone est trop chère, la teneur peut être approchée par la teneur en matière sèche (mesurée en pesant les échantillons humides avant et après séchage durant 48h, ou plus si le poids de l'échantillon continu à descendre, à 60°C pour réduire la perte de composés volatils de carbone) divisée par deux.

*expensive, it can be approximated by the dry matter content (estimated by weighing the moist samples and the sample dried 48h at 60°C to reduce the loss of volatile carbon compounds) divided by two.*

### 8.1.5 Calculs (Calculations)

#### Généralités

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.

#### Variables utilisées

%MS : teneur en matière sèche moyenne de l'aliment distribué aux vaches

%dé<sub>i</sub> : proportion de chaque type de déjections (i = FTC, FC, FM, LIS)

Anx : nombre d'animaux dans le bâtiment étudié (UGB/bâtiment)

Besoin PDI : besoin de la vache en protéines digestibles dans l'intestin (g/UGB/jour)

Bilan N : bilan de masse d'azote dans la masse corporelle de l'animal (g N/UGB/jour)

C : carbone

C concentrés : carbone ingéré dans les concentrés (g C/UGB/j)

C déjections : carbone excrété dans les déjections (g C/UGB/j)

C fourrages : carbone ingéré dans les fourrages (g C/UGB/j)

C gestation : carbone contenu dans le veau en gestation (g C/UGB/j)

C ingéré : carbone apporté aux animaux (g C/UGB/jour)

C lait : carbone contenu dans le lait produit (g C/UGB/j)

C litière : carbone contenu dans la litière

#### General information

*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.*

#### Variables used

*%MS: average content of dry matter of feed distributed to the cows*

*%dé<sub>i</sub>: proportion of each type of effluent (i = FTC, FC, FM, LIS)*

*Anx: number of animals in the house considered (UGB/house)*

*Besoin PDI: need of one cow for proteins that can be digested in the intestine (g/UGB/day)*

*Bilan N: mass budget of nitrogen in the body of the animal (g N/UGB/day)*

*C : carbon*

*C concentrés: carbon contained in the concentrated feed (g C/UGB/day)*

*C dejections: carbon excreted in the dejections (g C/UGB/day)*

*C fourrages: carbon contained in the forrages (g C/UGB/day)*

*C gestation: carbon contained in the foetus (g C/UGB/day)*

*C ingéré : carbon input of the animals (g C/UGB/day)*

*C lait: carbon contained in the produced milk (g C/UGB/day)*

*C litière: carbon contained in the litter (g*

apportée (g C/UGB/j)	<i>C/UGB/day</i>
C production : carbone contenu dans la production des animaux (g C/UGB/j)	<i>C production : carbone contained in the productions of the animals (g C/UGB/day)</i>
CAR K : Coefficient d'Absorption Réelle du potassium lors de la digestion (en % du K ingéré, environ 85%)	<i>CAR K: absorption efficiency of potassium during digestion (% of ingested K; around 85%)</i>
CAR P : Coefficient d'Absorption Réelle du phosphore lors de la digestion (en % du P ingéré, environ 70%)	<i>CAR P: absorption efficiency of th phosphorus during digestion (% of ingested P; around 70%)</i>
Déj <sub>i</sub> : déjections de type i produites dans le bâtiment quand les animaux sont présents 24h/jour (kg/UGB/j)	<i>Déj<sub>i</sub> : dejection of type i that is produced inside the building when the animals are present 24h/day (kg/UGB/day)</i>
eau aliment : eau contenue dans les fourrages (kg/UGB/j)	<i>eau aliment : water in the feed (kg water/UGB/day)</i>
eau bue : eau bue à l'abreuvoir	<i>eau bue : water drunk (kg water/UGB/day)</i>
eau <sub>Lait</sub> : eau contenue dans la production de lait	<i>eau<sub>Lait</sub> : water in the milk production (kg water/UGB/day)</i>
eau déjections : eau excrétée par les animaux (faeces + urines ; kg eau/UGB/jour)	<i>eau déjections : water output in the ecretion of the animals (feces + urines; kg water/UGB/day)</i>
eau ingérée : eau apportée aux animaux (kg eau/UGB/jour)	<i>eau ingérée : water input of the animals (kg water/UGB/day)</i>
eau Litière : eau contenue dans la litière apportée (kg eau/UGB/j)	<i>eau Litière : water contained in the fresh litter (kg water/UGB/day)</i>
eau métabolique : eau produite par la dégradation de la matière sèche des aliments (kg eau/UGB/j)	<i>eau métabolique : water produced when dry matter is degraded by the metabolism (kg water/UGB/day)</i>
eau production : eau contenue dans la production des animaux (kg eau/UGB/j)	<i>eau production : water contained in the productions of the animals (kg water/UGB/day)</i>
Énergie métabolique ingérée : valeurs indiquées dans la composition des aliments (kcal/UGB/day)	<i>Énergie métabolique ingérée : metabolic energy indicated in the composition of feed</i>
GMQ fœtus : croissance journalière du fœtus (poids naissance en kg/durée gestation en jours)	<i>GMQ fetus: daily growth of the fetus (weight birth in kg/[7.SemG])</i>
H <sub>2</sub> O : eau	<i>H<sub>2</sub>O: water</i>
lact : indice d'activité = 1 en stabulation entravée ; 1,1 en stabulation libre ; 1,2 au pâturage	<i>lact: index of activity = 1 in blocked stalling; 1,1 in free stalling; 1,2 with the pasture</i>
K : potassium	<i>K: potassium</i>
litière : litière apportée par jour	<i>litière : daily input of litter</i>
masse : quantité (kg /UGB/jour)	<i>masse: quantity (kg/UGB/day)</i>
MAT : matière azotée totale (g N/UGB/j) ; valeurs indiquées dans la composition des	<i>MAT: total matter rich in nitrogen (g N/UGB/day); values indicated in the composition of feed (MAT forages and MAT</i>

aliments (MAT fourrage et MAT concentré correspondent aux teneurs respectives des fourrages et des concentrés)

MO<sub>déj<sub>i</sub></sub> : matière organique des déjections de type i (en g MO/kg dej)

MS : matière sèche (en %)

MSI : matière sèche ingérée (kg/UGB.j)

MSlitière : matière sèche de la litière (en %)

MSdej : matière sèche des déjections (en %)

N : azote

N<sub>2</sub>O : protoxyde d'azote

Ndéjections : azote excrété dans les déjections (g N/UGB/j)

NH<sub>3</sub> : ammoniac

Nlitière : azote contenu dans la litière apportée (g N/UGB/j)

perte : perte déduite du bilan de masse (kg/UGB/day)

P : phosphore

Peffluent : phosphore contenu dans l'effluent (g P/UGB/j)

Pexcrétion : phosphore excrété par les animaux chaque jour (g P/UGB/j)

PL4% : production laitière standardisée à 4% matière grasse

Prod\_lait : production de lait (kg lait/UGB/jour)

PV : poids vif (kg)

PV nai : poids vif du veau à la naissance (40 - 45 kg)

Q : production de chaleur des animaux (kcal/UGB/jour)

SemG : nombre moyen de semaines de gestation

TB : taux butyreux (moyenne UE = 4,03%)

TP : taux protéique du lait (par défaut 3,2%)

teneur C déj<sub>i</sub> : teneur en carbone des déjections de type i (g C/kg déjection brute) ; mesuré ou estimé à partir de MO/2

teneur C litière : teneur en carbone de la litière apportée (g C/kg litière) ; mesuré ou estimé à partir de MO/2

*concentrated corresponds to the respective contents of fodder and the concentrates)*

*MO<sub>déj<sub>i</sub></sub>: organic matter in dejections of type i (in g OM/kg dej)*

*MS: dry matter (in %)*

*MSI: dry matter feed intake (kg/UGB.j)*

*MSlitière: dry matter of the litter (in %)*

*MSdej: dry matter of the dejections (in %)*

*N: nitrogen*

*N<sub>2</sub>O: nitrous oxide*

*Ndéjections: nitrogen excreted in the dejections (g N/UGB/day)*

*NH<sub>3</sub>: ammonia*

*Nlitière: nitrogen contained in the fresh litter added (g N/UGB/day)*

*perte: loss calculated from the mass balance (kg/UGB/day)*

*P: phosphorus*

*Peffluent: phosphorus contained in manure (g P/UGB/day)*

*Pexcrétion: phosphorus excreted by the animals each day (g P/UGB/day)*

*PL 4%: standardized milk production with 4% fat contents*

*Prod\_lait: milk production (kg milk/UGB/day)*

*PV : live weight (kg)*

*PV nai : live weight of calf to the birth (40 - 45 kg)*

*Q : heat production of the animals (kcal/UGB/day)*

*SemG: median number of weeks of gestation*

*TB: fat content of the milk (average EU = 4,03%)*

*TP: protein content of milk (default 3,2%)*

*teneur C déj<sub>i</sub>: carbon content of the effluents of type i (g C/kg wet weight of effluent); measured or estimated from OM litter/2*

*teneur C litière: carbon content of the litter (g C/kg litter); measured or estimated from OM litter/2*

*TPA: presence of the animals = number of hours within the house over one day of 24:00*

<p>TPA : temps de présence des animaux = nombre d'heures dans le bâtiment sur une journée de 24h (heures/jour)</p> <p>UFL : unités fourragères lait, valeurs indiquées dans la composition des aliments</p> <p>UGB : unité gros bovins, référence de production d'azote pour convertir des animaux de poids et âges différents en unités homogènes (UGB/animal)</p> <p><b>Calculs</b></p> <p>Les <b>émissions sont calculées pour une journée d'élevage</b> du cheptel suivi, et exprimées en kg d'eau ou de chaque élément (C, N, P, K) par UGB/j. Pour exprimer les valeurs pour l'ensemble du bâtiment, on multiplie par le nombre d'UGB (anx).</p> <p><b>Perte d'eau</b></p>	<p>(hours/day)</p> <p><i>UFL: fodder units for milk, values indicated in the composition of feed</i></p> <p><i>UGB: "unit large cattle", reference used in France, corresponding to a production of nitrogen, to convert animals of weight and ages different into homogeneous units (UGB/animal)</i></p> <p><b>Calculations</b></p> <p><i>The emissions are calculated for one day of the observed livestock, and are expressed in kg of water or each element (C, N, P, K) per UGB/day. The results are expressed for the entire house after multiplication by the number of animals (anx).</i></p> <p><b>Loss of water</b></p>
--	---

[1] **Perte eau** = (eau ingérée – eau production) \* TPA + eau Litière – eau déjection

Avec :	With
--------	------

[2] **eau ingérée** = eau aliment + eau bue + eau métabolique

[3] eau aliment = (MSI / %MS) – MSI

[4] eau bue = 4.82\*MSI+ 0.46\*Prod\_lait+ 0.01\* MAT fourrage vert – 0.8\*eau aliment – 26

[5] eau métabolique= 0.15\* Q/1000

[6] Q = Energie Métabolique Ingérée – 0.44 \* PL4% \* 1700

[7] **eau production** = eau<sub>Lait</sub>

[8] eau<sub>lait</sub> : 0.87 \* PL4%

[9] PL 4% : Prod\_lait \* (0.4 + (0.015\* TB))

[10] **eau Litière** = masse litière (kg/UGB/j) \* (1 – MS litière)

**eau déjections : eau excrétée dans les déjections** (kg eau/animal/j)

$$[11] \text{ eau déjections} = \sum_{i=1}^4 (\% \text{d}é_j_i * \text{masse Dé}_j_i * \text{TPA}) * (1 - \text{MS dé}_j_i) \quad i = \text{type de déjections}$$

<p>Exemple pour les systèmes d'élevage laitier en France.</p> <p>Avec : teneur en MS par type de déjections :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fumier très compact (FTC) MS Dé<sub>1</sub> : 22.1%</li> <li>- Fumier compact (FC) MS Dé<sub>2</sub> : 16.8%</li> <li>- Fumier mou (FM) MS Dé<sub>3</sub> : 16.4%</li> <li>- Lisier (LIS) MS Dé<sub>4</sub> : 11%</li> </ul> <p>Quantité produite (masse de déjections) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fumier très compact (FTC) masse Dé<sub>1</sub> : 36.99 kg/UGB/j</li> <li>- Fumier compact (FC) masse Dé<sub>2</sub> : 47.26 kg/UGB/j</li> <li>- Fumier mou (FM) masse Dé<sub>3</sub> : 56.45 kg/UGB/j</li> <li>- Lisier (LIS) masse Dé<sub>4</sub> : 60 l/UGB/j</li> </ul>	<p><i>Example for the french types of dairy farms.</i></p> <p><i>With: MS content by type of effluent:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Very compact solid manure (FTC)</i> <i>MS Dé<sub>1</sub>: 22.1%</i></li> <li>- <i>Compact solid manure (FC)</i> <i>MS Dé<sub>2</sub>: 16.8%</i></li> <li>- <i>Soft solid manure (FM)</i> <i>MS Dé<sub>3</sub>: 16.4%</i></li> <li>- <i>Slurry (LIS)</i> <i>MS Dé<sub>4</sub>: 11%</i></li> </ul> <p><i>Produced quantity (mass of effluents):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Very compact solid manure (FTC)</i> <i>masse Dé<sub>1</sub>: 36.99 kg/UGB/j</i></li> <li>- <i>compact Solid manure (FC)</i> <i>masse Dé<sub>2</sub>: 47.26 kg/UGB/j</i></li> <li>- <i>Soft solid manure (FM)</i> <i>masse Dé<sub>3</sub>: 56.45 kg/UGB/j</i></li> <li>- <i>Slurry (LIS)</i> <i>masse Dé<sub>4</sub>: 60 l/UGB/j</i></li> </ul>
--	---

<b>Perte de carbone :</b>	<b>Carbon loss:</b>
---------------------------	---------------------

$$[12] \text{ Perte carbone} = (\text{C ingéré} - \text{C production}) * \text{TPA} + \text{C litière} - \text{C déjection}$$

$$[13] \text{ C ingéré} = \text{C Fourrages} + \text{C Concentrés}$$

$$[14] \text{ C}_{\text{fourrages}} : 0.49 * \text{MAT} + 0.8 * \text{EE} + (\text{MO} - (\text{MAT} + \text{EE})) * 0.46$$

$$[15] \text{ C}_{\text{concentrés}} : 0.49 * \text{MAT} + 0.8 * \text{EE} + 0.62 * \text{ADL} + (\text{MO} - (\text{MAT} + \text{EE} + \text{ADL})) * 0.44$$

Les teneurs en MAT, EE, ADL et MO sont données dans les tables INRA-AFZ (2007).	<i>The contents in MAT, EE, ADL, and MO are specific values given in the tables of INRA-</i>
---	--

$$[16] \text{ C production} = C_{\text{lait}} + C_{\text{gestation}} + 10,6$$

$$[17] C_{\text{lait}} : (0.552*TP+0.772*TB+20.58)*\text{Prod Lait}$$

$$[18] C_{\text{gestation}} : 0.115*GMQ \text{ fœtus}$$

$$[19] \text{ C litière} = \text{masse litière} * \text{teneur C litière}$$

$$[20] \text{ C déjections} = \sum_{i=1}^4 \text{masse Déj}_i * (\% \text{déj}_i * \text{teneur C déj}_i) * \text{TPA}$$

Avec **teneur C déj<sub>i</sub>** estimé en fonction de **MO déj<sub>i</sub>/2**, selon le type de déjections :

- Fumier très compact (FTC) MO déj<sub>1</sub> : 18%
- Fumier compact (FC) MO déj<sub>2</sub> : 13.2%
- Fumier mou (FM) MO déj<sub>3</sub> : 13%
- Lisier (LIS) MO déj<sub>4</sub> : 8.9%

With **teneur C déj<sub>i</sub>** estimated from **MO déj<sub>i</sub>/2**, depending on the type of effluent:

- Very compact solid manure (FTC) MO déj<sub>1</sub>: 18%
- compact Solid manure (FC) MO déj<sub>2</sub>: 13.2%
- Soft solid manure (FM) MO déj<sub>3</sub>: 13%
- Slurry (LIS) MO déj<sub>4</sub>: 8.9%

**Perte d'azote**, les notations sont similaires à celles employées pour le carbone :

**Nitrogen loss**, notations are similar to C budget:

$$[21] \text{ Perte N} = (\text{N ingéré} - \text{N production}) * \text{TPA} + \text{N litière} - \text{N déj}$$

$$[22] \text{ N ingéré} = \text{N Fourrages} + \text{N Concentrés}$$

(ou bien : N ingéré = (MAT Fourrages + MAT Concentrés)/ 6.25 ; MAT dans INRA-AFZ, 2007)

**N production**, intègre les échanges liés à la production et les besoins de maintenance des animaux.

**N production**, integrates the terms of production and maintenance of the animals.

$$[23] \text{ N production} = N_{\text{Lait}} + N_{\text{gestation}} + \text{Bilan N}$$

$$[24] N_{\text{lait}} = (TP/6.38)*\text{Prod Lait}$$

$$[25] N_{\text{gestation}} = (0.7* \text{Besoin PDI})/6.25$$

$$[26] \text{ Besoin PDI} : 0.07* PV_{\text{nai}} * e^{0.111*semG}$$

$$[27] \text{ Bilan N} = 3.88* \text{Bilan UFL} + 18$$

$$[28] \text{ Bilan UFL} = \text{UFL}_{\text{ingéré}} - (0.041 * \text{PV}^{0.75} * \text{lact}) + (0.44 * \text{PL}4\%) + (0.00072 * \text{PVnai} * e^{0.116 * \text{semG}})$$

[29] **N litière** = masse litière \* teneur N litière

$$[30] \text{ N déj} = \sum_{i=1}^4 (\text{masse Déj}_i * \% \text{déj}_i * \text{TPA}) * \text{teneur N déj}_i$$

Avec teneur en N selon le type de déjections :	<i>With N content depending on the type of effluent:</i>
- Fumier très compact (FTC) N déj <sub>1</sub> : 5.8 g/kg	- <i>Very compact solid manure (FTC)</i> N déj <sub>1</sub> : 5.8 g/kg
- Fumier compact (FC) N déj <sub>2</sub> : 5 g/kg	- <i>compact Solid manure (FC)</i> N déj <sub>2</sub> : 5 g/kg
- Fumier mou (FM) N déj <sub>3</sub> : 4.7 g/kg	- <i>Soft solid manure (FM)</i> N déj <sub>3</sub> : 4.7 g/kg
- Lisier (LIS) N déj <sub>4</sub> : 4 g/kg	- <i>Slurry (LIS)</i> N déj <sub>4</sub> : 4 g/kg

La perte de phosphore est calculée en g P/UGB/jour avec des notations similaires à celles du carbone.

*The phosphorus loss is calculated in g P/UGB/day using similar notations as for carbone.*

[31] **Perte phosphore** = entrée phosphore - sortie phosphore

Avec « entrée phosphore » = somme de :

*Where “entrée phosphore” is the sum of the following inputs:*

[32] **P litière** = masse litière \* teneur P litière

[33] **P excrétion** = (P ingéré – P absorbé – P lait)

[34] P ingéré = P fourrages + P concentrés

[35] P absorbé = P ingéré \* CAR P

[36] P lait = 0.9 \* Prod Lait

On néglige le phosphore retenu dans le fœtus et le phosphore mobilisé par l'animal à partir de son stock pour enrichir le lait (cas où Plait > Pingéré – Pabsorbé).

*The phosphorus retained in the fetus and the phosphorus used by the animal from his stock to enrich milk (when Plait > Pingéré – Pabsorbé) are neglected.*

Avec « sortie phosphore » :

*And where “sortie phosphore” at exit is:*

$$[37] \text{ Peffluent} = \sum_{i=1}^4 (\text{masse Déj}_i * \% \text{déj}_i * \text{TPA}) * \text{teneur P déj}_i$$

Avec **masse Déj<sub>i</sub>** indiquée ci-dessus, la répartition des effluents est celle constatée dans le bâtiment et la teneur en phosphore

*With “masse déj<sub>i</sub>” indicated above, the proportions of the various types of manure is that noted in the house and the content of*

est une observation ou une référence. <b>Perte de potassium :</b>	<i>phosphorus is either an observation or a reference.</i> <b>Loss of potassium:</b>
--	---

[38] Perte potassium = entrée potassium - sortie potassium

Avec « entrée potassium » = somme de :	<i>Where « entrée potassium » is calculated as the sum of:</i>
--	--

[39] **K litière** = masse litière \* teneur K litière

[40] **K excrétion** = (K ingéré – K absorbé – K lait – K gestation)

[41] K ingéré = K Fourrage + K Concentré

[42] K absorbé = K ingéré \* CAR K

[43] K lait = 1.5 \* Prod Lait

[44] K gestation (uniquement pendant le dernier tiers de la gestation) = 1.027

Avec « sortie potassium » :	<i>With « sortie potassium »:</i>
-----------------------------	-----------------------------------

[45] **K effluent** = 
$$\sum_{i=1}^4 \text{masse Déj}_i * (\% \text{déj}_i * \text{teneur K déj}_i) * \text{TPA}$$

Avec Masse de déjections indiquée ci-dessus, la répartition des effluents est celle constatée dans le bâtiment et la teneur en potassium est une observation ou une référence.	<i>With "Masse de dejections" indicated above, the proportions of the various types of manure is that noted in the house and the content of potassium is an observation or a reference.</i>
--	---

<p><b>Conversion des concentrations gazeuses mesurées en ppm en mg.m<sup>3</sup></b></p> <p>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<sup>3</sup> avec la formule suivante :</p> <p>Concentration en mg/m<sup>3</sup> = (Concentration en ppm * masse moléculaire gaz)/24,45</p> <p>Masse Moléculaire CO<sub>2</sub> : 44 g.mol<sup>-1</sup></p> <p>Masse Moléculaire CH<sub>4</sub> : 16 g.mol<sup>-1</sup></p> <p>Masse Moléculaire N<sub>2</sub>O : 44 g.mol<sup>-1</sup></p> <p>Masse Moléculaire NH<sub>3</sub> : 17 g.mol<sup>-1</sup></p> <p>Masse Moléculaire H<sub>2</sub>O : 18 g.mol<sup>-1</sup></p>	<p><b>Conversion of the gas concentrations measured in ppm into mg.m<sup>3</sup></b></p> <p>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<sup>3</sup> with the following formula:</p> <p>Concentration in mg/m<sup>3</sup> = (Concentration in ppm * molecular mass gas) /24,45</p> <p>Molecular mass CO<sub>2</sub>: 44 g.mol<sup>-1</sup></p> <p>Molecular mass CH<sub>4</sub>: 16 g.mol<sup>-1</sup></p> <p>Molecular mass N<sub>2</sub>O: 44 g.mol<sup>-1</sup></p> <p>Molecular mass NH<sub>3</sub>: 17 g.mol<sup>-1</sup></p> <p>Molecular mass H<sub>2</sub>O: 18 g.mol<sup>-1</sup></p>
---	---

Les concentrations en CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O et NH<sub>3</sub> obtenues doivent également être converties en C-CO<sub>2</sub>, C-CH<sub>4</sub>, N-N<sub>2</sub>O et N-NH<sub>3</sub> 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<sup>-3</sup> 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 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O et NH<sub>3</sub> par la méthode des rapports de concentration**

On fait l'hypothèse que :

Perte C = Emission C-CO<sub>2</sub> + Emission C-CH<sub>4</sub>

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

Emission C-CO<sub>2</sub> = Perte C / [1 + (gradient moyen C-CH<sub>4</sub>/ gradient moyen C-CO<sub>2</sub>)]

Emission C-CH<sub>4</sub> = Emission C-CO<sub>2</sub> \* (gradient moyen C-CH<sub>4</sub>/ gradient moyen C-CO<sub>2</sub>)

Emission N-NH<sub>3</sub> = Emission C-CO<sub>2</sub> \* (gradient moyen N-NH<sub>3</sub>/ gradient moyen C-CO<sub>2</sub>)

Emission N-N<sub>2</sub>O = Emission C-CO<sub>2</sub> \*

*The concentrations in CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and NH<sub>3</sub> obtained must also be converted into C-CO<sub>2</sub>, C-CH<sub>4</sub>, N-N<sub>2</sub>O and NH<sub>3</sub> 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. m<sup>3</sup> 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 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and NH<sub>3</sub> by the method of the reports/ratios of concentration**

*It is assumed that:*

*Loss C = Emission C-CO<sub>2</sub> + Emission C-CH<sub>4</sub> and that the emissions remained proportional between them and proportional to the concentration gradients. Therefore:*

*Emission C-CO<sub>2</sub> = Perte C [1 + (average gradient of C-CH<sub>4</sub>/average gradient C-CO<sub>2</sub>)]*

*Emission C-CH<sub>4</sub> = Emission C-CO<sub>2</sub> \* (average gradient C-CH<sub>4</sub>/average gradient C-CO<sub>2</sub>)*

*Emission NH<sub>3</sub> = Emission C-CO<sub>2</sub> \* (average gradient NH<sub>3</sub> average gradient C-CO<sub>2</sub>)*

*Emission N-N<sub>2</sub>O = Emission C-CO<sub>2</sub> \* (average gradient N-N<sub>2</sub>O/average gradient C-CO<sub>2</sub>)*

*Emission H<sub>2</sub>O = Emission C-CO<sub>2</sub> \* (average gradient H<sub>2</sub>O/average gradient C-CO<sub>2</sub>)*

(gradient moyen N-N<sub>2</sub>O/ gradient moyen C-CO<sub>2</sub>)

Emission H<sub>2</sub>O = Emission C-CO<sub>2</sub> \* (gradient moyen H<sub>2</sub>O/ gradient moyen C-CO<sub>2</sub>)

### 8.1.6 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 ≤ Emission H<sub>2</sub>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<sub>3</sub> 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 :

*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 ≤ Emission H<sub>2</sub>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<sub>3</sub> 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:*

$Perte\ N = Emission\ N-NH_3 + Emission\ N-N_2O + Emission\ N-N_2$

d'où :

$Perte\ N > Emission\ N-NH_3 + Emission\ N-N_2O$

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  $N-NH_3 > N_{ex}$ ). 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).

$Perte\ N = Emission\ N-NH_3 + Emission\ N-N_2O + Emission\ N-N_2$

therefore:

$Perte\ N > Emission\ N-NH_3 + Emission\ N-N_2O$

*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 ( $Emission\ NH_3 > N_{ex}$ ). 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).*