



Refonte méthodologique du bilan réel simplifié volailles

Pour plus précisément apprécier l'excrétion

Résumé

Les données d'excrétion sont aujourd'hui incontournables pour l'administration, les éleveurs et leur technicien. Elles servent d'indicateur de base pour apprécier l'efficacité des systèmes d'élevage dans le bouclage des cycles de nutriments en réponse à des objectifs de réduction des intrants et des pollutions (principalement azotés et phosphorés). L'approche par modélisation, faisant appel au principe de bilan de masse, a été déclinée en 2017 par l'ITAVI à travers un premier outil, le Bilan Réel Simplifié (BRS) volaille. Aujourd'hui il apparaît nécessaire de proposer des évolutions de cet outil pour affiner son approche conceptuelle et sa précision. Les principales améliorations visent à proposer aux éleveurs une simulation non plus à l'échelle du lot, mais de la journée, permettant de mieux prendre en compte l'adéquation des intrants alimentaires par rapport aux besoins physiologiques des animaux. D'autres progrès méthodologiques sont présentés dans cet article. Ces améliorations ont été reconnues par le comité scientifique et technique (CST) « Gestion des éléments nutritifs et des émissions vers les milieux » GENEM ce qui permet d'inscrire ce nouvel outil comme calculateur de référence d'excrétion des ateliers avicoles dans le cadre du 7^{ème} Plan Action Nitrates. Afin de faciliter l'usage et la diffusion de cet outil, une application Web sera proposée en 2022 par l'ITAVI aux éleveurs, techniciens et acteurs de la R&D.

1. Contexte

Les flux d'excrétion unitaire des productions avicoles font l'objet d'études régulières par l'ITAVI. La précision dans l'estimation de ces derniers est à la croisée d'enjeux environnementaux, réglementaires, de recherche et développement (R&D).

Sur des aspects environnementaux, l'excrétion d'éléments comme l'azote, le phosphore, le cuivre (Cu) ou le zinc (Zn) a une incidence notable sur différents compartiments environnementaux comme i) la contamination des milieux aquatiques par les nitrates (NO_3^-), ou leur l'eutrophisation (en cas d'excès d'azote et de phosphore); ii) l'écotoxicité terrestre en cas de concentrations importantes en Zn ou Cu (et d'autres éléments traces métalliques); iii) la qualité de l'air pour la part d'azote excrété volatilisé sous forme d'ammoniaque (NH_3) et de protoxyde d'azote (N_2O). Au regard de ces préjudices environnementaux, il est important de disposer d'une bonne connaissance des éléments excrétés. Cette donnée est cruciale dans la compréhension de la dynamique de bouclage des flux qui doit tendre vers une valorisation agronomique optimisée et raisonnée des effluents produits par les animaux.

Par ailleurs, les résultats d'excrétions servent de données d'entrée dans les méthodologies d'inventaires nationaux d'émission (IPCC, 2006 et EMEP, 2016) ou d'évaluation environnementale. C'est par exemple le cas de l'azote excrété qui intervient dans le calcul des émissions directes d' NH_3 et de N_2O . Deux gaz qui vont respectivement contribuer à l'acidification des milieux et au changement climatique.

D'un point de vue réglementaire, la révision, en 2017 de la directive européenne sur les émissions industrielles (Directive IED, 2010/75/UE) a conditionné l'obtention du permis d'exploiter au respect de niveaux d'excrétion maximale (NEA-MTD) sur l'azote (N) et le phosphore (P) (exprimés en kg N ou P_2O_5 /place/an). Ces dispositions concernent les élevages de plus de 40 000 emplacements en poules pondeuses, poulet de chair, dindes et canards (uniquement N) (RMT élevage et environnement, 2019). L'annexe 1 de l'arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets impose la déclaration annuelle de polluants. Pour cela l'outil GEREP propose de calculer les flux d'émissions gazeuses (NH_3 , CH_4 , PM_{10} , N_2O) de l'exploitation en faisant, pour certaines molécules, appel aux résultats d'excrétions.

Au titre de cette directive, la décision d'exécution (UE) 2017/302 de la Commission du 15 février 2017 établissant les conclusions sur les Meilleures Techniques Disponibles (MTD), décrit deux méthodes pour déterminer les niveaux d'excrétion (MTD n°24) (Santonja et al., 2017). La première vise en une analyse physico-chimique des effluents par un laboratoire agréé. La seconde s'appuie sur un bilan de masse basé sur la différence entre les flux d'éléments ingérée et fixée par les animaux.

Cette seconde méthode a été retenue pour déterminer les références d'excrétion unitaire nationale (ex-références CORPEN) (ITAVI, 2013). Celle-ci est utilisée dans le cadre de la directive Nitrates (91/676/CEE) qui plafonne la quantité d'azote (à 170 kgN/ha, d'après le décret national du 10/11/2011) contenue dans les effluents d'élevage épandue annuellement sur les terres de l'exploitation. Le calcul du N épandable se base sur le N excrété moins les

pertes par volatilisation lors de la présence de l'animal en bâtiment et lors du stockage des effluents.

De la même manière, les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) peuvent indexer pour les nouvelles installations IED (ou lors du renouvellement de leur autorisation) l'équilibre de la fertilisation sur le P. Ils imposent une dose de 90 à 95 unités de phosphore et la mise en œuvre d'un maillage bocager. Le calcul du phosphore épandable se base sur celui excrété sans déduction puisque cet élément ne se volatilise pas.

Au final, cet équilibre de la fertilisation peut, dans certains cas (zones vulnérables), constituer une limite des densités de peuplement total d'animaux d'un territoire, voire d'une exploitation. Dès lors, la mise en œuvre d'une stratégie de résorption et l'ampleur de celle-ci peuvent être facilement appréciées grâce à une valeur d'excrétion unitaire robuste.

Concernant les aspects R&D, les approches par modélisation (bilan de masse) et par analyses physico-chimiques sont conjointement appliquées en vue d'améliorer les connaissances relatives aux processus de conservation, transformation et volatilisation des éléments entrants.

Le bilan de masse reste le meilleur moyen pour contrôler des résultats d'analyses physico-chimiques d'effluent d'élevages (appliqué sur des éléments ne se volatilisant pas comme le P). Les biais de représentativité à l'échantillonnage et les erreurs de mesures lors des analyses sont source de nombreuses approximations (Levasseur et al., 2019).

De même, lors de suivis d'ambiances, il est essentiel de comparer les résultats de bilans à ceux de mesures des quantités de déjections produites et de leur composition. Le défaut de bilan constaté (se devant dès lors d'être le plus précis) sur les éléments volatilisables, comme l'azote, peut être ainsi comparé au suivi d'émissions gazeuses (Hassouna et Eglin, 2015).

De par sa simplicité d'utilisation et sa fiabilité l'approche par bilan de masse offre un puissant moyen de vérification des résultats issus de campagnes analytiques menées en élevage. Toutefois, cette méthode ne permet pas de connaître les quantités de fumier, lisier ou fientes produites et nécessite de formuler des hypothèses, devant être vérifiées, concernant l'importance des émissions gazeuses dans le bâtiment, sur les parcours et au cours du stockage (ITAVI, 2013).

Pour répondre à ces enjeux, l'ITAVI a créé un outil de calcul simplifié : le BRS Volailles (Bilan Réel Simplifié), qui a pour objectif de fournir, à partir des aliments consommés

et des performances zootechniques de l'élevage, une estimation fiable des éléments excrétés, en se basant sur la méthode du bilan massique (Ponchant, 2017).

Compte tenu des multiples enjeux qui gravitent autour des résultats d'excrétion ; une révision de l'approche méthodologique du BRS Volaille semble nécessaire pour disposer d'une simulation plus précise et au plus près des pratiques d'élevages.

2. Matériel et méthode

2.1. Rappels et limitent méthodologiques de l'ancien BRS

L'ancienne version du BRS propose de calculer l'excrétion sur les éléments suivants : l'azote (N), le phosphore (P), le calcium (Ca), le potassium (K), le cuivre (Cu) et le zinc (Zn) à l'échelle du lot. Pour cela, cet outil propose d'appliquer le bilan de masse à l'atelier d'élevage (Cf Ponchant, 2017 pour plus de détails).

Cette ancienne méthodologie présente des limites puisqu'elle ne donne aucun aperçu de la dynamique d'excrétion, elle-même dépendante des dynamiques d'ingestion, de croissance et de mortalité des animaux. Cette dernière composante est d'ailleurs, par simplicité, modélisée de manière assez grossière puisqu'elle fait l'hypothèse que tous les animaux décèdent à la moitié du lot.

Au-delà des questions méthodologiques, cette ancienne approche ne prend que partiellement en compte les gains de stratégies alimentaires comme l'alimentation de phase. Cette pratique vise à changer la qualité de l'aliment pour répondre de manière plus fine aux besoins corporels des animaux qui évoluent selon leur stade physiologique. En l'état, le BRS ne peut que comptabiliser précisément la diminution de nutriments entrant dans le système. La part d'excrétion évitée en tenant compte de l'évolution des besoins alimentaires des animaux au cours du lot n'est que partiellement quantifiée.

2.2. Principes et productions comprises dans le Nouveau BRS

Le nouveau calculateur d'excrétion propose d'estimer les rejets en réalisant un bilan de masse à l'échelle de la journée (Figure 1). Cette approche, plus précise, permet ainsi de mieux saisir la dynamique d'excrétion à l'échelle du lot ou de l'année.

Le calculateur fonctionne sur le principe de génération a posteriori des dynamiques de croissance, d'ingestion et de mortalité du lot à partir des données zootechniques renseignées par l'opérateur et de courbes de référence.

Les 22 productions avicoles concernées par la refonte méthodologique sont présentées dans le Tableau 1.

2.3. Sélection des courbes de références

Des courbes de références ont été choisies pour représenter le plus fidèlement possible les dynamiques de croissance (courbe de poids vif), d'ingéré (courbe d'indice de consommation (IC)), de mortalité cumulée et de production des œufs.

2.3.1. Croissance et ingestion

Ces données peuvent varier en fonction du type de productions considérées, mais demeurent peu nombreuses et relativement simples à collecter. Les évolutions en matière de sélection génétique des animaux d'élevage tendent à homogénéiser les courbes de références pour plusieurs productions données. Pour chacune d'elle, les courbes de référence de la souche la plus répandue au niveau national ont été retenues. Le Tableau 2 présente pour chaque production la souche et la source des courbes de références retenues.

2.3.2. Mortalité

Les courbes de mortalité cumulée ont été déterminées en calculant la moyenne quotidienne d'un peu plus de 230 lots de diverses productions avicoles (données internes ITAVI). La Figure 2 présente, à titre d'exemple, les résultats de la construction du modèle de mortalité en production de dinde femelle (N=12). Cette courbe est assez représentative des différentes productions avicoles étudiées. Nous pouvons noter que les profils de mortalité cumulée présentent un écart type élevé, généralement

admis entre +/- 30 à 40% (et pouvant même atteindre jusqu'à 50%, surtout en début de lot). Toutefois, cette marge de variation ne remet pas en cause la répartition quotidienne de la mortalité cumulée, particulièrement bien décrite par la courbe de Wilmink.

2.3.3. Production cumulée d'œufs

Concernant la courbe de poids d'œuf cumulés (pour les productions concernées), des données provenant de firmes services ont servi de références afin de modéliser la courbe appropriée. Par la suite, une courbe de production quotidienne est générée à partir de la production cumulée.

2.4. Construction des modèles de simulation

Une fois les courbes de référence sélectionnées et connues, il est déterminant d'avoir une expression continue de ces dernières avec pour variable, le temps (en jour), permettant ainsi de les manipuler aisément, en vue de les ajuster aux données opérateurs (ex : poids renseigné, durée du lot...). Les expressions mathématiques des ajustements des courbes de référence de croissance, d'ingéré, de mortalité cumulée et de production des œufs sont présentés dans le Tableau 3. Ces travaux ont été menés dans le but de disposer de modèles précis et montrant une régression satisfaisante (i.e. avec un $R^2 > 99\%$). Les coefficients et arguments des équations, propres à chaque production, ne sont pas présentés dans cet article.

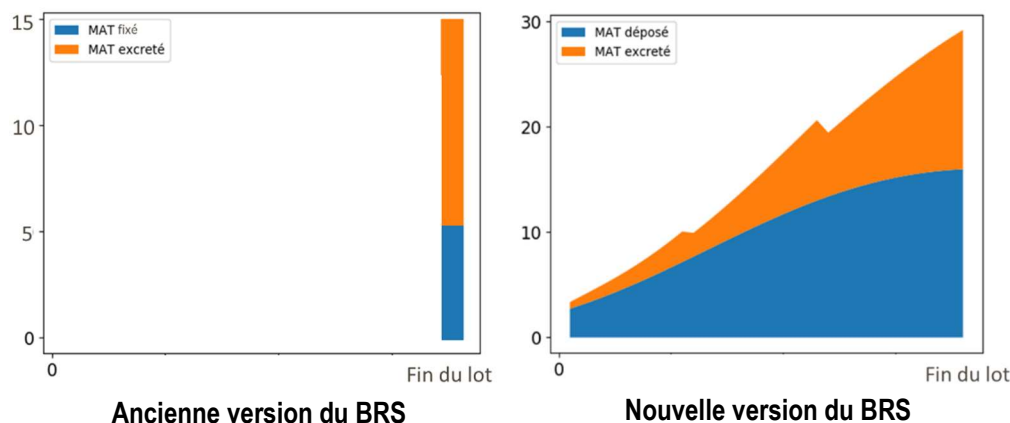


Figure 1 : Représentation graphique des bilans d'excrétion entre l'ancien et le nouveau BRS

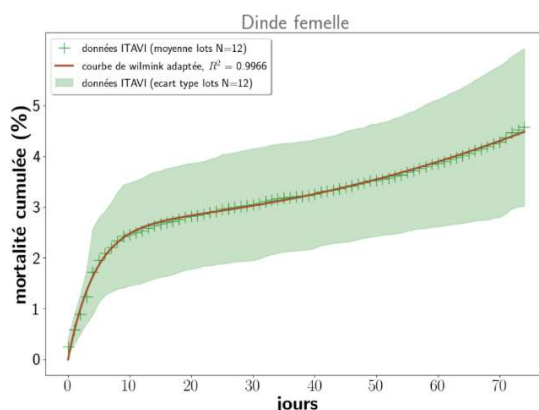


Figure 2 : Exemple de courbe de mortalité cumulée de lots de dindes femelles

3. Résultats et discussion

Les résultats présentent un cas général de calcul d'excrétion ainsi que l'adaptation de la méthodologie à des cas spécifiques propres aux productions avicoles.

3.1. Cas général : données d'entrées et application en production standard en bâtiment d'un bilan d'excrétion

Le système considéré dans le bilan de masse est l'atelier d'élevage. La mécanique de calcul de l'excrétion, faisant appel aux modèles de simulation précédemment décrits, est présentée ci-dessous. Les données d'entrées et leur utilisation sont détaillées pas à pas ci-contre :

- L'espèce de volaille élevée : le choix de l'espèce pour laquelle l'opérateur désire effectuer un bilan doit être renseigné. Le calculateur sélectionne les courbes de références correspondantes pour le poids vif (PV), l'indice de consommation (IC, i.e. le ratio entre le gain de poids et la quantité d'aliments ingéré) et la mortalité cumulée
- Les poids et âges à la mise en place (valeur forfaitaire possible) et à l'abattage, IC technique, les nombres d'animaux à la mise en place et morts : Ces données zootechniques sont utilisées pour ajuster les courbes de références sélectionnées. A ce stade, le calculateur dispose une représentation a posteriori des dynamiques de poids vif, d'IC et mortalité cumulée du lot. Par conséquent, il est possible de connaître le gain de poids quotidien, l'ingéré quotidien ainsi que le nombre d'animaux vivants chaque jour dans le bâtiment.
- Le plan d'alimentation (teneur en élément N, P, K, Ca, Cu, Zn de chaque aliment et durées de distribution) : couplé à la courbe d'ingérée acquises dans l'étape précédente, il est possible de connaître l'entrée quotidienne d'élément dans le système. De la même manière, sur la base de la courbe de gain de poids et moyennant la connaissance de la composition des carcasses de volailles de la production enseignée (valeurs tables ; ITAVI 2013), il est possible de déterminer la part fixée par les animaux pour chaque élément. La différence des deux dynamiques (flux entrant- fixé) permet de remonter à l'excrétion quotidienne d'un animal et même du lot entier puisque le nombre d'animaux vivants par jour est appréhendé dans l'étape précédente. La somme des résultats d'excrétion quotidienne sur l'ensemble des jours du lot permet de déterminer l'excrétion totale du lot. Cette opération peut être intégralement répétée sur l'ensemble des lots réalisés dans l'année.

- Le nombre de places : les résultats d'excrétion de l'ensemble des lots de l'année peuvent être additionnés puis divisés par le nombre de places pour avoir une expression de l'excrété dans les mêmes unités que les seuils réglementaires à respecter.

La Figure 3 présente un schéma de synthèse de la démarche décrite ci-dessus.

Il convient de noter que dans cette nouvelle méthode de calcul, l'opérateur est libre d'inclure les parties d'un lot (au jour près) qui auraient débuté ou terminé en dehors de l'année considérée par le BRS. Cette spécificité peut être également avantageuse pour répondre à des questions de R&D (i.e. réaliser des bilans d'excrétions intermédiaires).

3.2. Cas spécifique : productions de pondeuses

Dans les productions pondeuses, l'immobilisation de nutriment dans la production d'œufs doit être intégrée au calcul de l'excrétion.

D'autres spécificités de ces systèmes de production sont à prendre en compte comme le fait que les animaux arrivent un stade physiologique avancé. Ainsi, les modèles de croissance et de mortalité précédemment présentés ne peuvent être applicables. Ces deux résultats techniques (ingéré et mortalité), renseignés par l'opérateur, sont considérés comme constants tout au long du lot par le calculateur. L'export de nutriment via les œufs est simulé à partir des résultats de la modélisation de la courbe de poids d'œuf quotidien (POQ) et ajustée à partir du poids d'œufs cumulé en fin de lot renseigné par l'opérateur. Il est ainsi possible de soustraire jour après jours a part de nutriment fixé de cette manière. La Figure 4 illustre une représentation graphique d'un bilan d'excrétion quotidien en poules pondeuses tenant compte de la production d'œufs.

3.3. Cas spécifique : productions sexées séparées

Les productions de volailles de chair dites "sexées séparées" apportent une particularité au calcul des excréments d'un lot. En effet, dans ce type d'élevage, les mâles et les femelles sont séparés dès la mise en place et les mâles sont élevés plus longtemps que les femelles.

Cette conduite d'élevage était difficile à simuler dans la précédente version du BRS et contraignait à réaliser deux bilans (somme de deux élevages distincts au sein d'un même bâtiment ayant chacun des âges et des poids à l'abattage différent, mais ayant accès au même aliment). Une approximation dans le calcul apparaissait puisque les valeurs d'IC pour chacun des sexes (résultante des ingérés et des poids de carcasses des deux sexes abattus à des âges différents) étaient souvent méconnues de l'opérateur.

Afin d'avoir une estimation de l'IC pour chaque sexe, et donc de l'ingéré quotidien, la nouvelle version du BRS intègre une méthode se basant sur l'IC renseigné et les âges à l'abattage indiqués par l'opérateur. Celle-ci repose sur une hypothèse de calcul stipulant que l'IC des deux sexes tel que renseigné dans ce type de production est équivalent à un IC tout venant (=moyenne IC mâle et femelle) pris à un âge donné (= moyenne pondérée des deux âges, mâle et femelle).

Le principe de cette méthode ainsi que les résultats de la régression linéaire validant l'hypothèse de calcul sont présentés en Figure 5. Une fois les courbes d'IC mâles et femelles connues, le calcul des excréments de ce type de production est réalisé en appliquant aux deux sexes la méthode générale présentée dans la partie précédente.

3.3. Cas spécifique : répartition de l'excrétion entre le parcours et le bâtiment

La précédente version du BRS proposait d'appliquer un coefficient de répartition sur l'ensemble de l'excrétion (alors qu'une partie de celle-ci avait exclusivement lieu au bâtiment, lors de la phase de démarrage).

La connaissance de la dynamique d'excrétion quotidienne est l'occasion d'affiner notre vision de cette répartition. Il est désormais possible de connaître les parts d'excrétion avant et après l'accès au parcours. Il semble ensuite plus juste de limiter la part d'excrétion où les animaux ont accès au parcours d'un coefficient de répartition.

Un nouveau coefficient de répartition a été obtenu en s'appuyant sur les travaux de Ponchant et al. (2014), Méda (2011) et Méda et al., (2015). Ces études comprenaient des suivis de répartition d'excrétion au bâtiment et au parcours pour un total de 16 lots de poulets labels. Ces expérimentations ont été réalisées sur des périodes climatiques contrastées (été/hiver) et sur des parcours de type arborés/ prairies. Les données expérimentales ont été intégrées dans le nouveau calculateur afin de déterminer la part d'excrétion une fois que les animaux ont eu accès au parcours. Ainsi un ratio : part d'excrété au parcours sur la part d'excrétion dès lors que les animaux y ont eu accès de 30% a pu être calculée. La Figure 6 présente ce résultat de manière graphique. Pour mémoire, la méthodologie CORPEN prévoyait d'appliquer un coefficient de répartition sur les parcours à hauteur de 25% de l'excrétion totale en production de poulet label.

Moyennant la disponibilité de suivis de répartition d'excrétion entre le parcours et le bâtiment à d'autres productions avicoles, il peut être envisageable de transposer cette approche. Par ailleurs, elle implique la demande d'une donnée d'entrée supplémentaire de la part de l'opérateur, i.e. le jour à partir duquel les animaux ont eu accès au parcours.

Dans un contexte d'une meilleure prise en compte du bien-être animal ; les cahiers des charges fixant l'âge d'accès au parcours des animaux, voire l'arrivée de nouvelles productions plein air (par exemple les poulettes biologiques) sont autant d'évolution des pratiques et des systèmes d'élevage qui pourront être pris en charge par le nouveau BRS.

4. Conclusion

Au regard des enjeux réglementaires, environnementaux et de R&D liés à l'excrétion ; la refonte méthodologique du Bilan Réel Simplifié est incontournable. Celle-ci vise à rendre cet outil plus précis, plus lisible et conceptuellement plus juste.

La réalisation d'un bilan à l'échelle du jour (et non plus du lot) permettra aux utilisateurs de mieux s'approprier et comprendre les évolutions des dynamiques d'ingestion, de croissance, de ponte et de mortalité qui conditionnent celle de l'excrétion. Sur un plan réglementaire, cette approche offre l'avantage de répartir l'excrétion d'un même lot à cheval sur deux années civiles.

Plus généralement, cette révision ouvre la porte à l'intégration de nouvelles approches en vue de disposer de modélisations plus représentatives de systèmes d'élevage (exemple de la répartition de l'excrétion parcours/bâtiment) ou de pratiques d'élevage spécifiques (exemple des productions sexées séparées).

Ces avancées méthodologiques ont été reconnues par le comité scientifique et technique (CST) « Gestion des éléments nutritifs et des émissions vers les milieux » GENEM ce qui permet d'inscrire ce nouvel outil comme calculateur de référence d'excrétion des ateliers avicoles dans le cadre du 7^{ème} Plan Action Nitrate.

Bien que cette nouvelle façon d'appréhender l'excrétion entraîne des réductions mécaniques (à données d'entrées équivalentes) comparées aux résultats de l'ancien BRS. Il convient de préciser que ce sont les évolutions zootechniques (notamment l'IC) et alimentaires (plan d'alimentation et ration en P) ainsi que les changements de pratiques affectant la volatilisation de l'azote, mises en œuvre par la profession, qui permettent de réduire de manière notable la part d'excrétion retournant au champ.

Afin de mieux rendre compte de ces efforts, il apparaît nécessaire de remettre à jour ces données (datant de 2013) dans le calcul de références d'excrétion. En parallèle, une application Web devrait voir le jour d'ici 2022 pour faciliter la diffusion et l'utilisation du nouveau BRS. Cette mise à disposition du calculateur semble être le moyen le plus prometteur pour offrir confort et accessibilité aux différents acteurs souhaitant mieux connaître l'excrétion d'un atelier d'élevage (éleveurs, technicien et conseillers, chercheurs...).

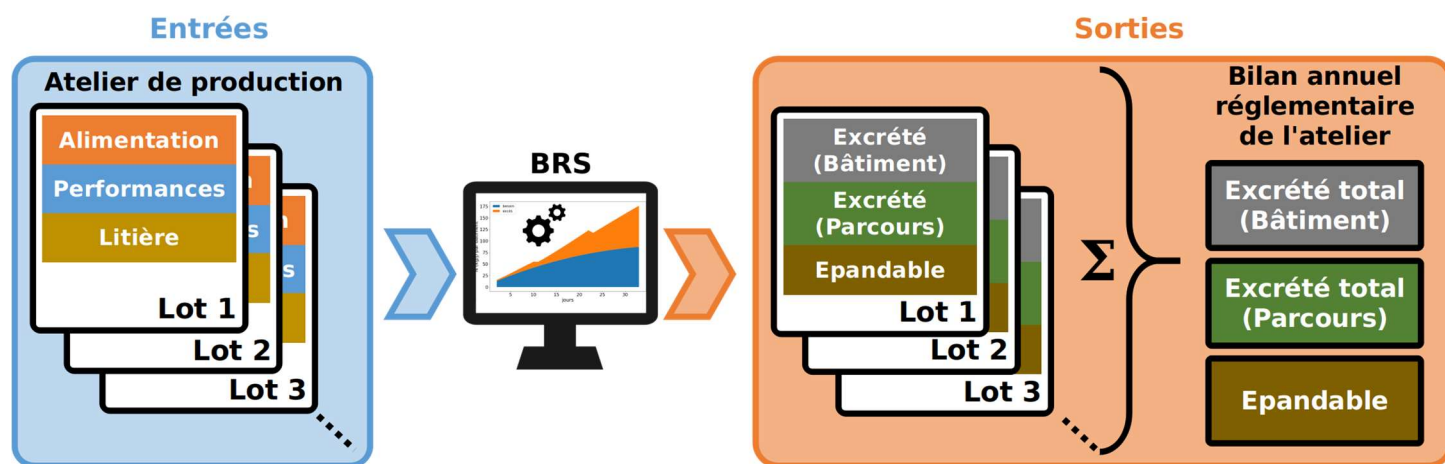


Schéma de synthèse du calculateur

Remerciements

Ce projet a été financé par les interprofessions CICAR, le CIPC, le CIDEF, le CIP, le CNPO et le CIFO. Nous les remercions pour leur confiance.

Tableau 1 : Liste des productions intégrées dans la refonte méthodologique du BRS

Volailles de chair	Palmipèdes	Poules pondeuses & poulettes
Poulet léger	Canard de Barbarie	Poule pondeuse (cage)
Poulet standard	Canette de Barbarie	Poule pondeuse (sol)
Poulet lourd	Canette Mulard à rôtir	Poule pondeuse (plein air)
Poulet label	Canard Pékin	Poule pondeuse (biologique)
Poulet biologique	Canette Pékin	Poulette standard
Dinde à rôtir		Poulette biologique
Dinde lourde	Canard PAG	
Pintade		
Pintade label		
Pintade biologique		

Tableau 2: Souches et sources des courbes de croissance et d'ingéré retenues par production avicoles

Productions concernées	Souche	Source courbe de référence
Poulet léger, standard et lourd	ROSS308	http://eu.aviagen.com/tech-center/download/1339/Ross308-308FF-BroilerPO2019-EN.pdf
Poulet label, Poulet biologique	Cou nu s757n	http://www.couvoirhubert.com/cou-nu-s757n
Dinde à rôtir, dinde lourde	Grade maker	http://resources.hybridturkeys.com/fr/commercial/birds
Poule pondeuse (sol, cage, plein air, label, biologique)	-	Communication privée firme service
Pintade, pintade label et biologique	Galor standard GI 543	http://www.galor-genetics.com/pintadeaux-de-chair/gamme-galor/7776-gi-543-label-et-standard.html
Poulette standard et biologique	Isa brown	Isa brown product guide
Canard PaG	Hytop 85A	Grimaud frères sélection
Canard/Canette de Barbarie	R71L	Grimaud frères sélection
Canard/Canette Pékin	Star 53	Grimaud frères sélection
Canette Mulard à rôtir	Hytop 85	Grimaud frères sélection

Tableau 3: Equation et type de courbe retenue pour modéliser les indicateurs de dynamique participant au calcul d'excrétion

Dynamique modélisée	Grandeur modélisée	Unité	Type de courbe	Equation
Croissance	Poids vif (PV)	kg	Courbes de Richards	$PV(t)=A(1+(\delta-1)e^{-k(t-\gamma)})^{1/(1-\delta)}$
Croissance (pondeuses)	Poids vif (PV)	kg		$PV(t)=1836+0,178t-31047e^{(-0,036t)}$
Ingéré	Indice de consommation (IC)	-	Courbe de Wilmink	$IC(t)=at+bt^2+c(1-e^{-kt})$
Mortalité	Mortalité (M)	%	Courbe de Wilmink	$M(t)=at+bt^2+c(1-e^{-kt})$
Production d'oeufs	Poids d'oeuf cumulé (POC)	kg	Primitive de Wilmink	$POC(t)=at-b/2 t^2-c/3 t^3+d/k(e^{-kt}+1)$

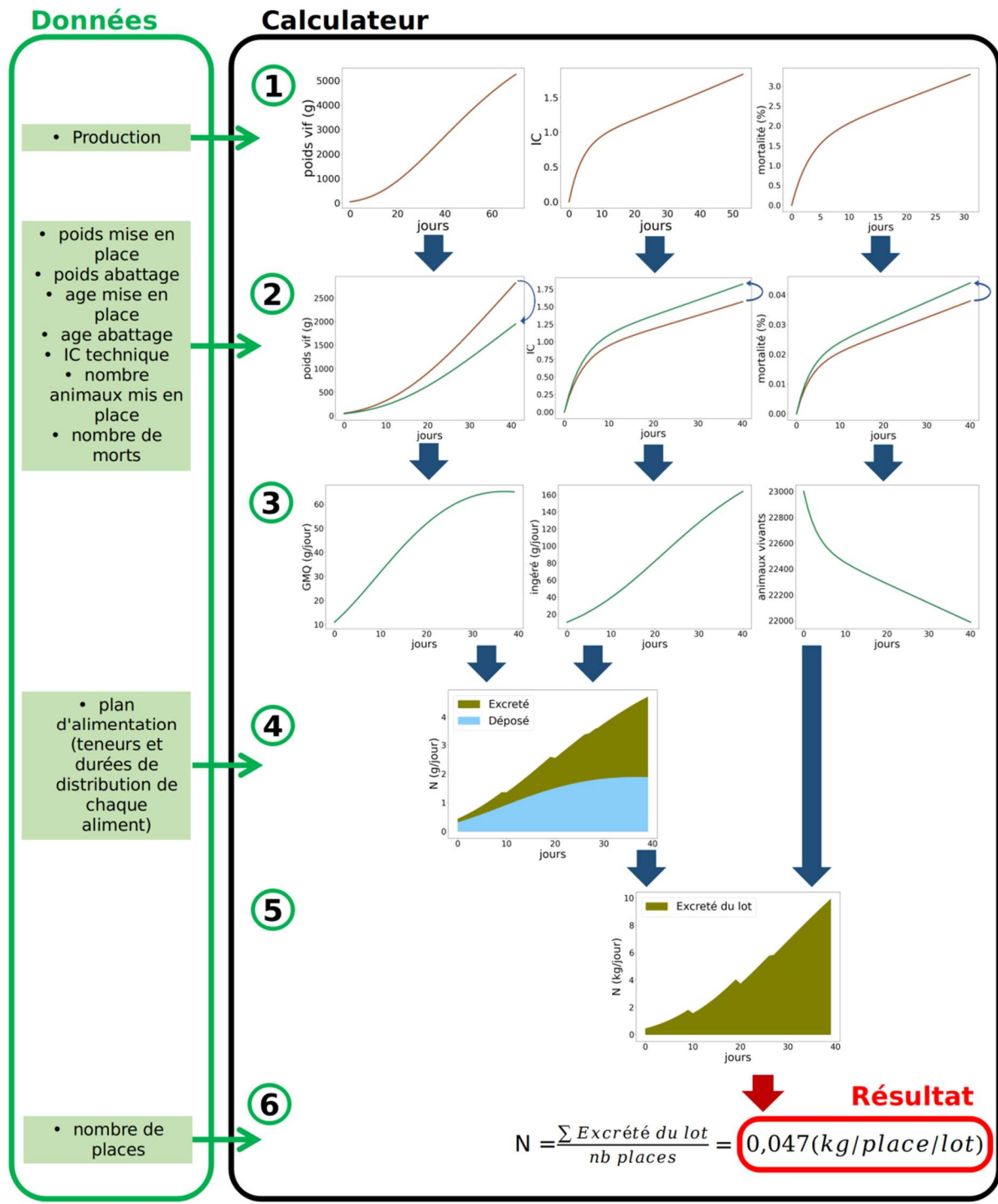


Figure 3 : Représentation schématique du calculateur (cas d'un lot de poulet standard 40 jours). Les données demandées à l'utilisateur sont représentées en vert et le cœur de l'algorithme de calcul est lui représenté en noir. Ici seul l'azote (N) est représenté, mais les 5 autres éléments (P, K, Ca, Cu, Zn) sont calculés de l'exacte même façon, seules les teneurs de l'aliment et la composition des carcasses pour ces derniers varient.

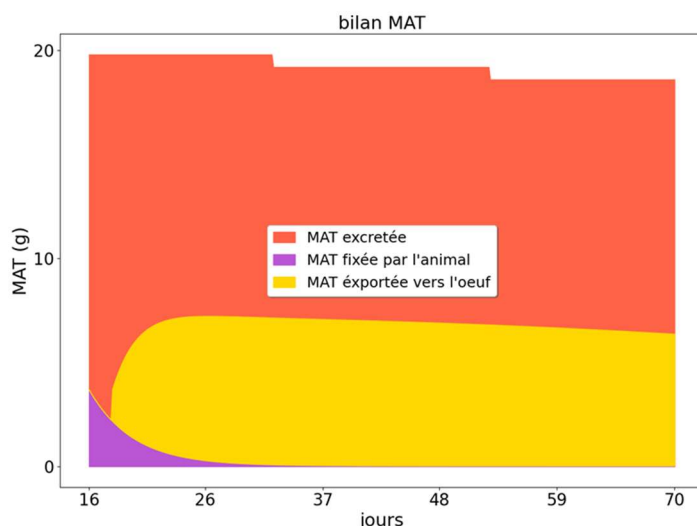


Figure 4 : Représentation graphique d'un bilan d'excrétion du nouveau BRS en poules pondeuses (avec la part de flux immobilisé dans la production d'œufs)

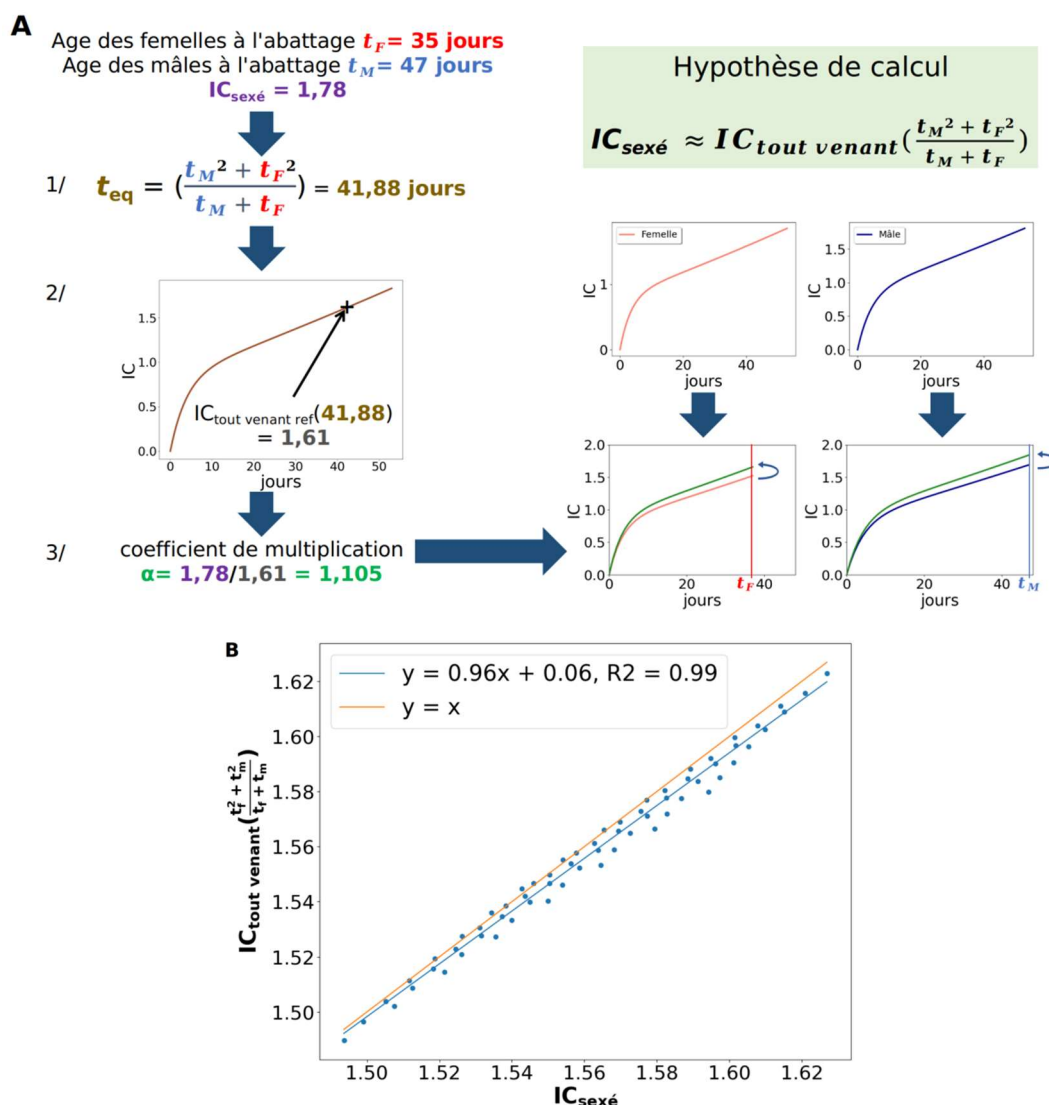


Figure 5 : A. Représentation et exemple d'utilisation de la méthode d'estimation des dynamiques d'IC mâle et femelle pour les productions sexées séparées. 1/ un âge équivalent est calculé à partir des âges à l'abattage des mâles et des femelles. 2/ l'IC tout venant de référence est estimé à cet âge équivalent. 3/ Le coefficient d'ajustement est calculé à partir de l'IC tout venant et l'IC des deux sexes renseigné par l'opérateur. Enfin, les courbes de références générées à partir des données disponibles dans les guides de performance des sélectionneurs pour les mâles et les femelles sont ajustées via le coefficient multiplicateur. B. Graphe de validation de l'hypothèse de calcul, des IC des deux sexes tel que calculés en élevage ont été générés à partir des données disponibles dans les guides de performance des sélectionneurs puis comparées par rapport à l'IC tout venant. La méthode tend à correctement estimer l'IC des deux sexes avec un coefficient directeur proche de 1 (0,96) et un R^2 de 99%.

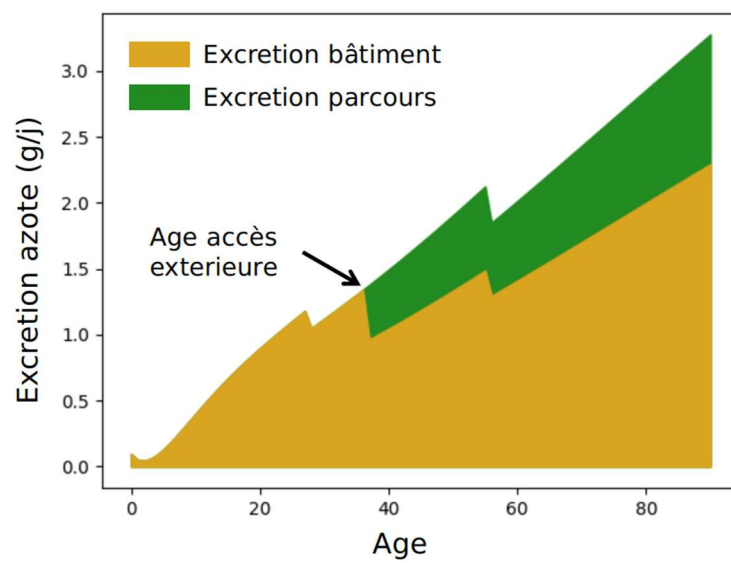


Figure 6 : Exemple de la répartition de l'excrétion bâtiment/parcours pour un poulet label ayant accès à l'extérieure à l'âge de 37 jours

Références bibliographiques

- Directive 91/676/CEE du 12/01/1991, concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles. Journal Officiel de l'Union Européenne du 31 décembre 1991.
- Directive n°2010/75/UE du 04/11/2010 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution). Journal Officiel de l'Union Européenne L334 du 17 décembre 2010.
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. Technical guidance to prepare national emission inventories. 32 pages.
- Hassouna M., Eglin T. 2015. Mesurer les émissions gazeuses en élevage : gaz à effet de serre, ammoniac et oxyde s d'azote. Diffusion INRA ADEME. 314 pages.
- IPCC 2006, Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Chapitre 10 : Émissions imputables au bétail et à la gestion du fumier. 103 pages.
- ITAVI. 2013. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre et zinc par les élevages avicoles. Mise à jour des références CORPEN 2006. 63 pages.
- Levasseur P., Morvan T., Toudic A., Buteau A., Foray S., 2019. Connaître la composition des effluents d'élevage avec précision. Chapitre 4 ouvrage « Pratiques d'élevage et environnement », édition QUAE. 351 pages.
- Méda B., 2011. Une approche dynamique des flux d'éléments et d'énergie des ateliers de production avicole avec ou sans parcours : Conception et application du modèle MOLDAVI, manuscrit de thèse, 239 pages.
- Méda B., Hassouna M., Lecomte M., Germain K., Dourmad J-Y et Robin P., 2015. Influence of season and outdoor run characteristics on excretion behaviour of organic broilers and gaseous emissions. Biosystems Engineering 139, 35-47.
- Ponchant P., Germain K., Lamothe E. et Ollivier S., 2014. Emissions gazeuses en bâtiment et sur parcours d'élevage de volailles biologiques. Rapport du projet Casdar Parcours, 10 pages.
- Ponchant P. Le Bilan Réel Simplifié volaille, un outil simplifié pour la détermination des rejets en élevage avicole. TéMa n°42, Avril – Mai – Juin 2017. 6 pages.
- Santonja G.G., Georgitzikis K., Scalet B.M., Montobbio P., Roudier S., Delgado Sancho L., 2017. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs; EUR 28674 EN; doi:10.2760/020485
- Règlement (UE) 2018/848 du 30/05/2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques. Journal Officiel de l'Union Européenne L 150 du 14 juin 2018.
- RMT Elevage et Environnement, 2019. Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage, Fiche PVB 21 :Le BREF Élevage. 6 pages

New approach for the poultry simplified nutrient mass balance

Nowadays the excretion levels are an essential indicator for the administration, the farmers and their advisors. They are using to assess the farms close nutrient cycles responding to reduction goals of intakes and pollutions (mainly on nitrogen and phosphorus). A Modelling tool, based on simplified nutrient mass balance, have been developed by ITAVI since 2017. Today, an overall methodological revision of this tool is necessary. It offers the possibility to the user to conduct a daily simulation rather than a simulation on the rearing span. Thus the adequacy between feed intakes and the physiological needs of the animals is better taken into account. Other methodological improvements are detailed in this paper. All of these improvements have been validated by the scientific and technical committee of "nutrients management and emissions toward the environment" allowing to use this new tool as the excretion reference computer for poultry farms in the 7th nitrates action plan. In order to support the use and the diffusion of this tool, a Web application will be available in 2022 by ITAVI to the farmers, their advisors and the actors of the R&D.