



Etude financée par : la
Région Pays de la Loire
et le CIPC

Qualité des eaux de lavage de bâtiments de poulet de chair

Déterminants et perspectives de traitement

V. BLAZY¹, S. ROFFI², S. FASSION^{3,4}

Contact : blazy@itavi.asso.fr

¹ ITAVI – RENNES

² CRAB – PLERIN

³ CRAPL – ANGERS

⁴ ELINNOVE-ANGERS

Résumé

Cet article présente les résultats de caractérisations physico-chimiques d'eaux de lavage de 12 élevages de poulet de chair. Au regard des valeurs obtenues sur la demande chimique en oxygène et l'azote Kjeldahl, ces eaux de lavages peuvent être assimilées à des eaux vertes (résultantes du lavage d'aires d'attente d'animaux). Une analyse statistique a permis de mettre en évidence que la qualité d'eau mesurée était fonction de la fréquence de vidange de l'ouvrage de stockage. Si celle-ci est réalisée après chaque lot, une meilleure qualité d'eau (diminution de 145 à 10% des polluants selon le paramètre considéré) a pu être observée comparé à une eau de lavage vidangée une fois par an. Par ailleurs, dans le cas d'une extraction régulière une concentration en azote inférieure à 500mgN/l a été mesurée permettant d'affilier ces eaux à un « effluent peu chargé ». Dès lors, ils peuvent être épandus toute l'année, y compris en zone vulnérable, même si un traitement primaire visant à abattre les matières en suspensions est recommandés (ce critère de pollution étant bien corrélé à celui des demandes chimiques et biologique en oxygène). Concernant les eaux vidangées une fois l'an, il est recommandé aux éleveurs souhaitant passer sur un épandage continue de curer leur ouvrage de stockage et d'également investir dans un traitement primaire.

1. Contexte

L'utilisation de l'eau en aviculture, et plus généralement en agriculture, fait l'objet d'une attention croissante dans un contexte de raréfaction de la ressource. Dans un poulailler, environ 70% de la consommation d'eau est due au besoin physiologique des animaux (qui boivent en moyenne 1,8 fois plus qu'elles ne mangent) (CAPDL et ITAVI, 2007). De fait, beaucoup de travaux se sont intéressés à la qualité de cette eau de boisson aussi bien au niveau physico-chimique (Galtier et al., 2022), que bactériologique (Buteau et Travel, 2019 ; Buteau et al., 2021). Enfin, l'eau de boisson est également un support vaccinal ainsi qu'un moyen de traitement et d'apport en vitamines comme le rappelle Dennery et al., (2012). Comparées à l'eau de consommation, les eaux de lavage représentent un flux mineur, souvent inférieur à 10% de la consommation d'eau totale d'un élevage (Dennery et al., 2012).

Vis-à-vis de ce flux, le parc français de bâtiments avicoles disposait d'un sol en terre battue. Dans cette configuration, le bâtiment est lavé avant d'être curé. Ainsi les eaux de lavage étaient absorbées et récupérées avec le fumier et ne nécessitaient pas d'ouvrage de stockage ou de modes de

gestion particuliers. Depuis 2010, le parc bâtiment français a opéré une importante phase de rénovation en production de poulet de chair, voyant notamment la conversion de sols en terre battue en sols béton (ITAVI, 2020). Ce changement structurel s'explique par une amélioration des pratiques sanitaires (plus facile à nettoyer que la terre battue) et environnementales (en conservant un fumier le plus sec possible et non susceptible d'écoulement lors de son stockage, notamment au champ, (Cf Arrêté du 11 octobre 2016) tout en réalisant des économies de litière, car le sol béton en nécessite de moindres quantités (Dezat et al., 2013). Bien que cela soit moins évident à appréhender, les crises sanitaires de 2015 et 2016, liées aux épizooties d'influenza aviaire, et l'arrêté biosécurité (2016, remis à jour en 2021) qui en a découlé, ont certainement contribué à une sensibilisation accrue des éleveurs aux conditions sanitaires de leur élevage (et in fine au passage sur sol béton). Enfin, la réglementation environnementale est aussi un levier qui explique ce changement de pratique. Le BREF élevage (2017) promeut également (pour les installations soumises à autorisation), des sols imperméables pour les bâtiments d'élevage ou de stockage, susceptibles d'accueillir des effluents pouvant ruisseler. Il impose même la mise en œuvre de réseaux de collecte étanches et dirigés vers les

ouvrages de stockage ou de traitement des eaux résiduaires ou des effluents. En effet, sur sol béton le lavage et la désinfection des bâtiments sont réalisés après le curage du bâtiment et la dalle doit faire l'objet d'un lavage. Les eaux utilisées dans ce but se retrouvent souillées par des déjections de volailles résiduelles. Ce nouveau flux est bien à considérer comme un effluent à collecter au sein des élevages et à gérer comme tel.

Sur un plan réglementaire, les eaux de lavage peuvent être assimilées à des effluents peu chargés (EPC) si, selon la définition donnée dans l'annexe I de l'arrêté du 19 décembre 2011 (relatif au programme d'action national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables), ils peuvent satisfaire à cette définition : « les effluents issus d'un traitement d'effluents bruts et ayant une quantité d'azote par m³ inférieure à 0,5kg (soit 500mg/l) ». Les EPC disposent d'une tolérance pour être épandus toute l'année, même en zone vulnérable (sous réserve du respect d'un seuil d'apport limité durant les périodes les plus à risques). En filière ruminant, les eaux résiduaires à l'origine des EPC ont été catégorisées selon leurs propriétés physico-chimiques (IDEL, 2007) : les eaux blanches (eaux de lavage de l'installation de traite et de la cuve de réfrigération), les eaux vertes (eaux de lavage des quais et de l'aire d'attente après raclage), les eaux blanches de fromagerie, les eaux brunes (issues du ruissellement des eaux pluviales tombant sur les aires non couvertes souillées par les déjections des animaux). Comme certains de ces flux disposent de teneurs supérieures à 500mg d'azote/l des procédés de traitement alternatif ont été étudiés pour être finalement reconnus par l'administration. Leur application permettant de passer d'un effluent à un EPC. Dennerly et al. (2012) détaillent, selon les dénominations des eaux résiduaires à l'origine des EPC énumérés ci-dessus, les procédés de traitement pouvant être appliqués. On retrouve au niveau du traitement primaire la sédimentation via un bassin tampon de sédimentation ou le filtre à paille. Alors qu'au niveau des traitements secondaires et tertiaires, les techniques sont le lagunage, le filtre planté de roseaux, le bosquet épurateur et le massif filtrant végétalisé. Pour ces chaînes de traitement plus complexe, l'effluent est directement renvoyé au milieu naturel sans épandage.

En aviculture, faute de références et de données relatives aux propriétés physico-chimiques des eaux de lavage, le statut d'EPC ne peut être revendiqué qu'au cas par cas pour les éleveurs. L'épandage est le mode de gestion le plus répandu (après un stockage plus ou moins long). Cependant, il présente quelques inconvénients (d'après Debrosse 2009) : démultiplication de la taille des ouvrages de stockage (les campagnes d'épandage doivent respecter le calendrier directive nitrates), fertilisation avec un effluent disposant d'une faible valeur agronomique, tâche chronophage nécessitant de la main-d'œuvre et engendrant un coût de mécanisation. Ainsi, les acteurs de la filière sont demandeurs d'alternatives à cette issue. En production de reproducteurs, les organismes de production ont déjà intégré à leur charte sanitaire la nécessité de traiter ces eaux et d'éviter le recours à l'épandage. Toutefois, des contraintes techniques supplémentaires sont à souligner. À

l'inverse de la filière ruminant (eaux de salle de traite, aires d'attente qui sont lavées fréquemment), la production d'eau de lavage est discontinuée et survient seulement à la fin d'un lot en aviculture. Par ailleurs, les volumétries engagées peuvent être elles aussi très différentes, ce qui limite des économies d'échelle dans le cas d'une transposition d'une chaîne de gestion adaptée aux ruminants vers les productions avicoles.

Cette étude a pour but de proposer des premiers travaux de référencement sur la qualité physico-chimique des eaux de lavage en production de poulet de chair standard. À partir de ces premiers résultats, il sera possible de i) positionner les eaux de lavages de poulaillers face au statut des EPC ; ii) tenter de discriminer les itinéraires techniques et/ou pratiques pouvant expliquer une variabilité de la teneur en pollution et iii) proposer des pistes de réflexion vers des solutions de traitement applicables en élevage avicole.

2. Matériels et méthodes

Ces travaux se sont appuyés sur 16 prélèvements réalisés dans des élevages commerciaux de poulet de chair standard. Le panel d'éleveurs recrutés est localisé dans la région des Pays de Loire (départements 37, 44, 49, 53, 72, 79, 85). La campagne d'échantillonnage s'est étalée de mai 2022 à janvier 2023.

Cette partie vise à présenter le protocole de prélèvement, les analyses menées et la méthode statistique d'analyse des résultats.

2.1. Protocole de prélèvement

Le protocole de prélèvement a été construit de manière à collecter des informations qualitatives et quantitatives relatives aux bâtiments d'exploitation reliés à l'ouvrage de stockage échantillonné, les pratiques de nettoyage de l'éleveur, l'ouvrage de stockage lui-même. La procédure de prélèvement sera également détaillée dans cette partie.

2.1.1. Collecte d'informations

Pour l'analyse des résultats, il était important d'associer les qualités d'eau mesurées à des données de production (surface d'élevage, nombre de lots, densité animale...), aux pratiques d'éleveurs ou de l'historique du site, mais aussi à la configuration des ouvrages de stockage. Le Tableau 1 présente l'ensemble des informations collectées au cours des entretiens avec les éleveurs.

2.1.2. Procédure de prélèvement

La procédure a été adaptée d'après la fiche pratique d'échantillonnage de l'INRAE Transfert (2014).

Le principe de l'échantillonnage consiste à prélever une partie représentative des eaux de lavage présentes dans les ouvrages de stockage. Pour cela, l'échantillon doit être constitué à partir de prélèvements réalisés à différents endroits de l'ouvrage (aussi bien sur sa surface que sur sa profondeur). La taille de l'échantillon final peut varier en fonction de l'appréciation de l'homogénéité du substrat prélevé et représente à ce titre le principal point d'adaptation du protocole. La possibilité d'homogénéiser ou non l'ouvrage en amont du prélèvement a en effet conditionné la répétition de sous-échantillons. Sur les 16

prélèvements réalisés, la possibilité d'homogénéiser la fosse de stockage en amont ne s'est présentée que 4 fois (soit à cause de l'absence d'équipement pour réaliser un mélange, soit à cause de la configuration de l'ouvrage qui ne permet pas d'y introduire un équipement d'homogénéisation...). Le matériel utilisé a été le suivant :

- 1 contenant de 30 L ;
- 8 flacons de 1L avec opercule et un large col ;
- 1 perche de prélèvement (téléscopique) avec un bécier ou un sondimètre ;
- 1 glacière avec des pains de glace.

Tableau 1 : Liste des données collectées lors d'un prélèvement

Type de données	Données collectées
Données de production	Souche animale
	Données techniques élevage
	Durée d'élevage
	Densité animale
	Nombre de rotations annuelles
	Litière utilisée
	Superficie bâtiment
	Superficie du SAS sanitaire
	Données techniques bâtiment
	Dimensions (longueur, largeur, hauteur)
Pratique et historique du site	Type de ventilation
	Descriptif abreuvement
	Descriptif chauffage
	Foyer Influenza Aviaire
	Consommation d'eau nettoyage
Ouvrage de stockage	Usage de détergeant
	Appel à un prestataire extérieur
	Autres pratiques au nettoyage
	Forme et dimensions
	Volume
	Flux alimentant l'élevage
	Couverture de l'ouvrage
	Nombre de bâtiment relié à l'ouvrage
	Nombre de nettoyage de lot au moment du prélèvement
	Fréquence de vidange

La méthode employée consiste à réaliser un échantillon intermédiaire d'environ 30 L (réduit à 15 L si la fosse pouvait être homogénéisée en amont du prélèvement) qui servira de base à la réalisation de l'échantillon final (avec une prise d'essai de 2.5L). Dans le cas où il était impossible d'homogénéiser l'ouvrage de stockage ; le nombre de prélèvements au sein de la couche concentrant les matières en suspensions a été réalisé au prorata de l'épaisseur qu'ils représentent par rapport à la hauteur d'eau observée dans l'ouvrage. Une fois achevé, l'échantillon intermédiaire a fait l'objet d'un intense mélange avant d'être sous-conditionné en échantillons de 1L prêts à être analysés et en échantillons de secours.

Pour prévenir d'une altération des propriétés physico-chimiques, les échantillons ont été directement conditionnés dans des glacières avec des pains de glace et amenés le jour même au laboratoire d'analyse.

2.2. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques ont été confiées au laboratoire INOVALYS d'Angers certifié, COFRAC. Le set analytique réalisé est détaillé dans le Tableau 2. À noter que pour certains échantillons, le laboratoire d'analyse n'a pas pu réaliser les mesures de DCO (pour 2 échantillons) et DBO (pour 3 échantillons) filtrée.

2.3. Traitement des résultats et analyses statistiques

2.3.1. Cohérence des données

Avant d'être analysée, la cohérence des résultats d'analyses a été validée et confrontée aux commentaires de l'opérateur ayant réalisé les prélèvements. Sur la série de 16 prélèvements 4 présentaient des doutes au regard de leur aspect et/ ou des commentaires de l'éleveur. Pour 3 résultats, un risque d'infiltration d'eau souterraine a été émis par l'éleveur. L'opérateur a relevé pour ces prélèvements un aspect différent avec notamment un aspect très dilué et un trouble ressemblant à celui d'une boue minérale jusque-là jamais observée sur les différents sites échantillonnés. Les résultats des analyses physico-chimiques de ces effluents ont en effet présenté des valeurs très faibles (d'un facteur 10, comparé à la moyenne des autres échantillons) sur quasiment tous les paramètres investigués. De la même manière, un autre résultat a dû être écarté de notre analyse. Suite à des teneurs très élevées (toujours supérieur de 2 à 6 fois la moyenne des résultats selon le paramètre considéré) comparées au reste du panel. Un second entretien plus approfondi a eu lieu avec l'éleveur qui précisait que son ouvrage de stockage était sous-dimensionné et qu'il observait fréquemment des débordements. Ce mode de fonctionnement peut être une explication face aux teneurs observées. La matière particulière décante dans l'ouvrage alors que la phase liquide (moins chargée) est évacuée par débordement. Mécaniquement, l'ouvrage de stockage concentre la pollution expliquant ces teneurs « anormalement » hautes observées. Ce résultat d'analyse a été également écarté avant le traitement des données, ramenant la population (n) du jeu de données de 16 à 12.

2.3.2. Traitement statistique des données

Pour chacun des paramètres physico-chimiques analysés, le test de normalité de Shapiro-Wilk a été réalisé au regard de la faible population étudiée (n=12 soit n=6). La normalité de jeu de donnée a été validée à partir d'une p-value inférieure à $\alpha = 0,05$.

Au regard de la faible population étudiée (n=12) et de la grande incertitude pesant sur la représentativité des résultats (erreurs lors des prélèvements et des analyses), le test de Student a été validé à partir d'une p-value inférieure à $\alpha = 0,10$. Ces deux tests ont été réalisés sous le logiciel Excel. À noter que compte tenu des incertitudes précédemment évoquées, aucun test non paramétrique n'a été réalisé sur les paramètres d'analyses physico-chimiques ne suivant pas une distribution normale.

Tableau 2 : Set d'analyses physico-chimiques réalisé sur les différents prélèvements

Paramètres	Abs	Méthodes	Unités	Informations
Demande Chimique en oxygène	DCO	NF T90-101 Titrimétrie	mg(O ₂)/l	la DCO est une mesure globale de toutes les matières organiques et de certains sels minéraux oxydables (pollution organique totale) présents dans l'eau
Demande Biologique en Oxygène	DBO	NF EN ISO 5815-1 Potentiométrie	mg(O ₂)/l	La DBO mesure la quantité d'oxygène consommée par le processus naturel de décomposition de la matière organique décomposable présente dans l'eau
Demandes chimique et biologique en oxygène filtrées	DCOf et DBOf	NF T90-101 Millipore AP40- Titrimétrie & NF EN ISO 5815-1 Millipore AP40- Potentiométrie	mg(O ₂)/l	Représente les parts de DCO et DBO présentes après filtration. La pollution mesurée est alors présente dans les fractions dissoute et colloïdale de l'effluent.
Matières en suspensions	MES	NF EN 872 Millipore AP40- Filtration	mg/l	La quantité de MES se mesure par filtration (seuil de coupure de 1 µm) d'un litre d'effluent et pesage des résidus séchés.
Azote Total Kjeldahl	NTK	NF EN 25663 Méthode Kjeldahl	mg(N)/l	C'est la somme des composés non encore oxydés de l'azote : azote organique + ammoniacal contenu dans l'effluent
Azote ammoniacal	NH ₄	NF T90-015-1 Distillation	mg(N)/l	L'ion NH ₄ ⁺ est une des formes de l'azote pouvant être rencontrée dans la dynamique de cet élément. Cette forme d'azote peut aussi bien résulter de la dégradation biologique de matières organiques que de celle de l'urée rejetée par les animaux
Phosphore total	P _{TOT}	Méthode interne A-EAUX/M/040 Colorimétrie automatisée-	mg(P)/l	Représente la teneur globale du phosphore aussi bien présent sous forme minérale qu'organique que dissoute ou solide
Potassium	K	Méth. int. A-EAUX/I/126 ; NF EN ISO 17294-2 Minéralisation HNO ₃ +HCl-ICP-MS	mg/l	Représente la concentration en ion potassium de l'effluent
pH	pH	NF EN ISO 10523 Potentiométrie	unité pH	Représente le caractère acide, neutre ou basique de l'effluent. C'est un indicateur global de pollution, généralement compris entre 6 et 8.5

3. Résultats et discussion

3.1. Qualité d'eau de l'ensemble des prélèvements

Les moyennes et écarts-types des résultats d'analyses physico-chimiques sont présentés dans le Tableau 3.

Cet effluent moyen présente un ratio DCO/DBO tout juste inférieur à 5 indiquant que ces eaux de lavage sont difficilement biodégradables (ou l'ont déjà été en grande partie). La part de DCO filtrée comparée à la DCO est assez faible indiquant que la plus grande partie de cette pollution est concentrée dans les MES. Cela est beaucoup moins le cas pour la DBO qui est à peu près pour moitié présente dans les MES et les autres fractions (i.e. colloïdale et dissoute). La part de DBO semble également être peu élevée comparée aux charges azotées et phosphorées pour une dégradation biologique de l'effluent.

La moyenne sur le paramètre NTK montre bien une valeur inférieure au 500 mg/l, seuil réglementaire définissant un EPC. Les résultats de trois analyses (soit un quart de la population échantillonnée) ont montré des teneurs supérieures, avec une teneur maximum observée de 890 mg N/l pour l'un d'eux. Plus généralement, la part d'azote sous forme d'azote ammoniacal représente un peu plus d'un tiers indiquant que l'effluent a déjà subi une

dégradation biologique. Avec un pH inférieur à 7,5, il y a peu de chance que cet ammoniac se volatilise sous sa forme gazeuse NH₃ (il faudrait que l'équilibre pH soit un peu plus basique).

Par ailleurs, à l'exception du pH, nous pouvons observer pour les différents paramètres mesurés un écart type important (même après avoir retiré des valeurs aberrantes extrêmes). Cela montre que des résultats de qualité d'eau très contrastés ont été observés et qu'il existe peut-être des facteurs permettant d'expliquer ces différences. Une analyse statistique a donc été menée pour tenter d'identifier de tels facteurs en lien avec les pratiques et les infrastructures des éleveurs enquêtés. **3.2. Déterminants de la qualité d'eau de lavage**

Les moyennes des différents sous-groupes ont été comparées entre elles. Dès ce stade, il est apparu que les résultats moyens des fosses couvertes et non-couvertes étaient proches et qu'il n'y avait donc pas lieu de poursuivre l'analyse statistique. Les résultats des tests de Shapiro-Wilk ont montré que seuls les jeux de données de concentration de la DCO, des MES, du NTK, du NH₄ disposaient d'une distribution normale (à l'inverse, la DBO, les DCO et DBO filtrées, le pH et le P ne suivent pas une telle distribution). Pour ces paramètres les p-value ainsi que les moyennes des différentes modalités sont présentées dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 3 : Moyenne, écart type et population considérée pour les résultats d'analyses physico-chimiques de l'ensemble des échantillons et des échantillons issus d'ouvrages vidangés après chaque lot ou une fois par an

Critères de pollution	Unités	Ensemble des ouvrages			Ouvrages vidangés après chaque lot			Ouvrages vidangés une fois par an		
		Population	Moyenne	Écart-type	Population	Moyenne	Écart-type	Population	Moyenne	Écart-type
Demande chimique en O ₂	mg(O ₂)/l	12	7 600	4 934	6	6 217	5 082	6	8 983	4 811
Demande chimique en O ₂ filtrée	mg(O ₂)/l	10	1 438	1 021	5	1 378	484	5	1 498	1 449
Demande biologique en O ₂	mg(O ₂)/l	12	1 552	1 241	6	1 473	975	6	1 630	1 556
Demande biologique en O ₂ filtrée	mg(O ₂)/l	9	708	712	4	730	243	5	690	984
Matières en suspensions	mg/l	12	5 113	4 280	6	3 295	3 279	6	6 930	4 650
Azote Kjeldahl	mg (N)/l	12	446	237	6	352	111	6	540	300
Azote ammoniacal	mg (N)/l	12	170	121	6	161	88	6	179	156
Phosphore total	mg (P)/l	12	109	115	6	61	27	6	156	151
Potassium	mg/l	12	371	153	6	335	131	6	407	177
pH	unité pH	12	7,2	0,5	6	7,1	0,4	6	7,3	0,6

Les résultats (tableau 4) montrent qu'une différence significative a pu seulement être établie sur les teneurs en MES et en NTK selon la fréquence de vidange de l'éleveur. Ainsi deux qualités d'eaux distinctes peuvent être établies pour ce paramètre. L'hypothèse retenue pour expliquer cet écart repose sur le fait que les vidanges des ouvrages, et notamment des dépôts de MES en leur fond, se font toujours de manière incomplète. Ce processus serait d'autant plus marqué que la fréquence de vidange est limitée. Dis autrement, une vidange après chaque lot permet d'éviter d'accumuler trop de dépôts dans les ouvrages de stockage.

Au regard du faible nombre de résultats d'analyses physico-chimiques, ces premiers résultats sont bien évidemment à consolider. Il aurait été intéressant de demander aux éleveurs réalisant une vidange annuelle le nombre d'années depuis lequel ils sont engagés dans cette pratique. Il aurait pu être possible de corrélérer cet âge avec les niveaux de pollution rencontrés. Cela aurait permis de valider l'hypothèse émise ci-contre tout en fixant une recommandation de curage de l'ouvrage de stockage. Des analyses de la fraction de surnageant (environ 80% de la hauteur de fosse aurait pu être réalisée pour valider leur statut d'EPC. La fosse agit alors comme un traitement séparation primaire dont la fraction sédimentaire doit être traitée comme un effluent d'élevage classique). L'objectif final étant de trouver un compromis acceptable entre le niveau de pollution des eaux de lavage et le coût et le temps homme nécessaire pour cette intervention fastidieuse.

3.3. Incidence de la fréquence de vidange

La qualité des eaux de lavage issues d'un ouvrage vidangé à chaque lot et annuellement est renseignée dans le tableau 3. Comparé à l'ensemble des prélèvements, les eaux vidangées à chaque lot disposent d'une meilleure biodégradabilité avec un ratio DCO/DBO qui passe de 5 à 4,2. A contrario, ce ratio passe à 5,5 pour les effluents vidangés annuellement. Ces variations sont surtout portées par la teneur en DCO alors que la BDO reste stable (c'est

aussi le cas de la DCO et la DBO filtrées). Ce résultat paraît surprenant, mais laisse penser qu'en l'absence de vidange l'ouvrage se charge d'une fraction de MES dépourvues de DBO.

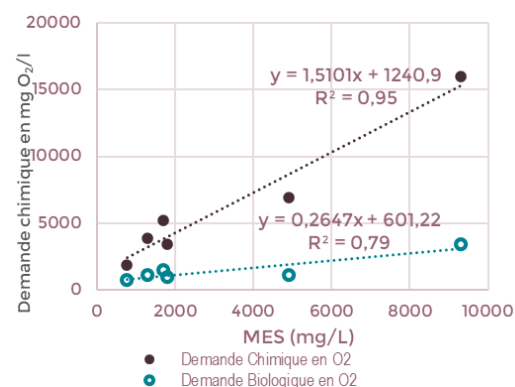


Figure 1 : Demandes chimiques et biologiques en O₂ en fonction des matières en suspensions pour les ouvrages vidangés après chaque lot

Ces résultats sont très cohérents pour les effluents vidangés à chaque lot qui affichent de fortes corrélations entre la DCO ($R^2=0,95$), la DBO ($R^2=0,79$) (figure 1). L'ordonnée à l'origine des équations de régression (figure 1) est très proche des résultats d'analyse physico-chimique de DCO et DBO filtrées. Pour les eaux issues de vidange annuelle la qualité des régressions linéaires entre DCO, DBO et MES diminue. La DCO affiche quand même un coefficient de corrélation de $R^2=0,90$, alors que celui de la DBO chute à $R^2=0,03$ (graphique non montré). Cette perte de corrélation montre que la nature de la pollution particulière est bien différente selon la fréquence de vidange de l'ouvrage de stockage. Dans le cas d'une vidange annuelle et au regard du long temps de séjour de l'effluent dans l'ouvrage de stockage, cette pollution a sûrement fait l'objet d'une dégradation de sa matière organique (paramètre qu'il conviendrait de mesurer pour valider cette hypothèse). Une telle cohérence n'est pas retrouvée lorsque cette corrélation est réalisée sur l'ensemble des échantillons.

Tableau 4 : Moyennes et p-value (test de Student) de paramètres physico-chimiques selon la fréquence de vidange, l'origine des eaux et l'usage ou non de détergent

Déterminants et paramètres		Matières en suspensions		Demande chimique en O ₂		Azote Total Kjeldahl		Azote ammoniacal	
		Moyenne (mg/l)	p-value	Moyenne (mgO ₂ /l)	p-value	Moyenne (mgN/l)	p-value	Moyenne (mgN/l)	p-value
Fréquence de vidange	Vidange à chaque lot (n=6)	3 295	0,07*	6 217	0,18	352	0,09*	161	0,41
	Vidange annuelle (n=6)	6 930		8 983		540		179	
Origine des eaux stockées	Eaux lavage bâtiment	6 462	0,14	9 333	0,12	497	0,24	182	0,37
	Eaux lavage bâtiment + eaux grises	3 763		5 867		395		158	
Détergent	Avec détergent	5 592	0,36	8 467	0,28	423	0,38	152	0,31
	Sans détergent	4 633		6 733		468		188	

*p-value < 0,10

Globalement, la DCO, le NTK, les MES et le P sont plus ou moins concentrés dans l'ouvrage de stockage selon le mode de gestion des eaux de lavage. Un écart relatif positif (pour les eaux vidangées annuellement) et négatifs (pour les eaux vidangées après chaque lot) de respectivement 18 ; 21 ; 36 et 44 % avec les résultats de l'ensemble de la population ont pu être observés. Ces écarts peuvent principalement s'expliquer par des biais au moment du prélèvement (avec parfois une surreprésentation de la fraction contenant des MES) mais aussi une accumulation de MES au fur et à mesure des curages de la fosse. Le P, élément plus stable que la DCO (perte par biodégradation) et le NTK (pertes par volatilisation) est retrouvé dans un ordre de grandeur similaire à celui des MES. La teneur en N-NH₄ a elle peu évolué ce qui conduit à une augmentation/diminution de la part de cette forme d'N au sein du NTK selon la fréquence de vidange. Concernant la pollution azotée, la teneur moyenne en NTK est supérieure au seuil des 500 mg/l pour les eaux vidangées annuellement. Ces eaux ne peuvent être en moyenne assimilées à des EPC. Cela n'est pas forcément problématique dans la mesure où les éleveurs gèrent ces eaux de lavage comme des effluents d'élevage et les épandent sur les périodes autorisées. Les charges azotées et phosphorées restent toutefois très limitées (comparé à des effluents d'élevage bruts) et à chaque fois inférieures à 1 g/l.

3.4. Perspectives de traitement et mode de gestion

3.4.1. Traitement primaire : éliminer la pollution particulaire

Les traitements primaires visent, soit par décantation ou filtration, à débarrasser complètement ou partiellement un effluent liquide de sa matière en suspension. Le lien entre MES et DCO présenté ci-dessus montre que l'abattement de 1 g/l de MES permettra d'environ réduire la charge de DCO de 1,5 à 1 g O₂/l pour respectivement un effluent extrait après chaque lot et annuellement. Avec toutefois une limite d'abattement correspondant à la DCO présente sous forme dissoute (i.e. qui sera toujours présente même

dans le cas où l'ensemble des MES est piégés), affichant une concentration de 1,5 g O₂/l de DCO. Pour la DBO, le retrait de la fraction particulaire conduira à un abattement d'environ 50 %. Pour approfondir et valider ces ordres de grandeur, il pourrait être intéressant de mesurer avant/après décantation et/ou filtration les niveaux de MES, DCO et DBO. À titre indicatif, les travaux de l'IDELE (IDELE, 2007) indiquent un taux d'abattement de la DCO de 40 % pour des traitements primaires (par filtre à paille ou par bassin tampon de sédimentation). Si de tels taux sont atteints pour les eaux de lavage avicole, cela voudrait dire que ces techniques permettent de capter environ 50 % de la charge de MES entrantes.

En revanche, pour les pollutions azotée la répartition entre les phases particulaire et dissoute est moins évidente. Un abattement des MES, ne conduira certainement pas à des niveaux d'abattement aussi important que sur la DCO et la DBO. Pour l'N, la part présente sous forme N-NH₄ (et donc dissoute) représente entre 33 et 46 % (pour respectivement un effluent extrait annuellement et après chaque lot) de la charge azotée. L'azote organique restant (soit 67 à 54 % du NTK) se répartit dans des proportions mal connues entre les phases particulaire et dissoute. Pour l'azote, les travaux de l'IDELE (IDELE, 2007) indiquent un taux d'abattement de 30 % de la charge azotée entrante. Dans le cas des eaux de lavages avicoles, cela représenterait 50 % de l'azote organique traité (soit environ 95 à 180 mg(N)/l pour respectivement un effluent d'eaux de lavage vidangé après chaque lot et annuellement). À noter qu'avec un tel taux d'abattement (qu'il conviendrait de vérifier), les eaux de lavage vidangées annuellement auraient en moyenne une teneur inférieure à 500 mg N/l et pourraient ainsi être requalifiées d'EPC.

Après un traitement primaire, l'épandage sur prairies y compris en période hivernale pourrait être une solution de traitement pour les eaux de lavage avicole, quelle que soit leur fréquence de vidange.

3.4.2. Traitement secondaire : traitement biologique pour éliminer la pollution dissoute

En sortie d'un traitement primaire poussé (hypothèse de 100 % d'abattement des MES), la moitié de la DCO restante (environ 0,75 gO₂/l) sous forme dissoute serait comprise sous forme de DBO₅. Cette fraction pourra s'éliminer de manière naturelle en aérant l'effluent. La part de DCO dissoute restante correspond à des matières qui seront difficilement oxydables et qui pourraient s'accumuler ou « passer au travers » de traitements biologiques (type lagune, filtre planté...) et risquer de contaminer le milieu naturel récepteur. Une mesure directe de ce paramètre (la DCO « dure ») devrait être réalisée pour identifier les limites de traitement. L'origine de cette DCO dure serait alors à identifier, mais pourrait potentiellement provenir de produit détergeant et/ou désinfectant.

Concernant la fraction azotée, la faible proportion de DBO₅ (environ 1.5 et 0.75 gO₂/l si l'effluent est brut ou débarrassé de sa fraction particulaire) limitera l'immobilisation et le traitement de cette pollution lors d'un traitement biologique. Contrairement aux EPC produits par les ateliers de ruminant, la répartition entre les charges carbonées, azotées et phosphorées est déséquilibrée et ne peut être corrigée en mélangeant différents flux (eaux vertes, brunes et blanches...). Au regard de leurs charges polluantes en DCO et NTK, les caractérisations des tableaux 5 et 6 correspondent plutôt à celle d'eaux vertes de nettoyage d'aires d'attente de sols lisses ou rainurés avec un raclage efficace (IDELE, 2007). Pour ce type d'effluent les procédés les plus recommandés sont un traitement primaire suivi d'un épandage sur prairies (comme indiqué en partie 3.4.1) ou le filtre planté de roseaux à deux étages (Chambres d'Agriculture de Picardie, 2015). À défaut de filtre, un traitement secondaire peut être adapté avec une lagune. Cependant, ce procédé présente une grande emprise au sol et nécessite un apport régulier d'effluent pour entretenir la biomasse épuratrice en suspension. Ce mode de fonctionnement continu n'est pas toujours compatible avec celui des cycles de nettoyage des poulaillers qui sont espacés par le temps de présence des animaux (à moins d'avoir un ouvrage tampon de taille suffisante). Ces pistes de traitement doivent bien évidemment être consolidées et certainement adaptées comparé au mode de fonctionnement des installations existantes chez les ruminants.

4. Conclusion

Cette étude a permis d'identifier et de proposer des caractérisations physico-chimiques d'eaux de lavage d'élevages de poulet de chair. Au regard de leur

composition, ces dernières peuvent être assimilées à des eaux vertes produites dans les ateliers de ruminants. Deux qualités distinctes d'eaux de lavage ont pu être observées selon la fréquence de vidange des ouvrages de stockage (à la fin de chaque lot vs une fois par an). Les eaux issues d'ouvrages de stockage vidangés annuellement présentent des teneurs en P_{TOT}, MES, NTK et en DCO qui sont respectivement supérieures de 145, 110, 55 et 45 % comparées aux eaux vidangées après chaque lot. Les teneurs de la DBO et de NH₄ restent plus stables et n'augmentent que de 10 %.

Pour les échantillons vidangés après chaque lot, une teneur inférieure à 500 mg N/l a été observée rattachant cette catégorie d'eau à celle d'un effluent peu chargée. Afin d'éviter un colmatage du système d'épandage lors de l'épandage sur prairies (même en période hivernale), il est toutefois recommandé de réduire sa pollution particulière (traitement par décantation, filtre à paille...).

Concernant les eaux de lavage vidangées annuellement, un traitement est nécessaire pour qu'elles puissent rentrer dans la catégorie des effluents peu chargés. La portée de celui-ci (traitement primaire vs traitement primaire+secondaire) ne peut être caractérisé dans le cadre de cette étude. Toutefois, ces investissements ne semblent pas nécessaires puisque l'épandage régulier des effluents semble limiter leur charge. Ainsi pour des éleveurs souhaitant passer d'un mode d'épandage annuelle vers un épandage après chaque lot, il est d'abord fortement recommandé de procéder à un curage de leur ouvrage de stockage et par sécurité de disposer d'un traitement primaire. À défaut, le mode de gestion actuelle visant à épandre ces eaux dans le même cadre réglementaire qu'un effluent d'élevage peut être conservé bien qu'il induise un surcoût notable pour un intérêt agronomique modeste.

Cette étude se basant sur les résultats de 12 élevages commerciaux mérite d'être également consolidée. Un nombre plus important de résultats d'analyse permettrait d'identifier de nouveaux déterminants. Par ailleurs, la simulation à "une échelle laboratoire" d'analyses d'effluents bruts, filtrés et/ou décantés sur les indicateurs de pollutions d'azote, de phosphore et de demandes chimiques & biologique en O₂ semblent souhaitables.

Remerciements

Ce projet a été conduit dans le cadre du projet GEST O LAV (Caractérisation et gestion des eaux de lavage en production avicole), financé par la région Pays de la Loire et le Comité Interprofessionnel du Poulet de Chair (CIPC). Les auteurs remercient également les éleveurs qui ont accepté de participer à cette étude

Références bibliographiques

- Arrêté du 8 février 2016 relatif aux mesures de biosécurité applicables dans les exploitations de volailles et d'autres oiseaux captifs dans le cadre de la prévention contre l'influenza aviaire, JORF n°0034 du 10 février 2016.
- Arrêté du 11 octobre 2016 modifiant l'arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole, JORF n°0239 du 13 octobre 2016.
- Arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole, JORF n°0295 du 21 décembre 2011.
- BREF élevage intensif de volailles ou de porcs 2017, 898 pages.
- Buteau A., Chiron G., Travel A., 2021. Qualité de l'eau en élevage de volailles de chair. TéMa n°57, Janvier – Février – Mars 2021, 8 pages.
- Buteau A. et Travel A., 2019. Maîtriser la qualité bactériologique de l'eau en élevage de volailles de chair. Treizièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 20 et 21 mars 2019, 5 pages.
- Chambre d'agriculture Pays de la Loire & ITAVI, 2007. Eau de boisson en élevage avicole: un levier majeur de réussite. Novembre 2007, 12 pages.
- Chambres d'Agriculture de Picardie et du Nord Pas-de-Calais - Institut d'élevage, 2015. Fiche 14 : Le traitement des effluents liquides peu chargés : une alternative au stockage et à l'épandage, 8 pages.
- Debrosse F., 2009. Les filtres plantés de roseaux dans les exploitations agricoles premier bilan de fonctionnement de la Loire. Chambre d'Agriculture de la Loire. Août 2009, 12 pages.
- Dennery G., Dezat E., Aubert C., 2012. L'eau en élevage avicole: une consommation maîtrisée. Brochure, 34 pages.
- Dezat E., Dennery G., Rousset N., Avril 2013. Sol cimenté en aviculture: l'avis des éleveurs. Chambres régionales d'agriculture de Bretagne, des Pays de la Loire, ITAVI. 8 pages.
- Galtier N., Remiot P., Chevalier D., Chataigner E., 2022. Incidence de la gestion de la qualité physico-chimique de l'eau de boisson dans les élevages de volailles de chair. Quatorzièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 9 et 10 mars 2022, 5 pages.
- IDELE, Les effluents peu chargés en élevage de ruminants – Procédés de gestion et de traitements. Seconde édition revue et complétée, Collection Synthèse. 2007 ISBN : 978-2-84148-312-6
- INRAE Transfert, 2014. Fiche pratique échantillonnage, Version 2.2. Octobre 2014, 5 pages.
- ITAVI, Évolutions du parc de bâtiments de production de volailles de chair, TéMa n°53, janvier-février-mars 2020, 8 pages.

Abstract : Quality of washing water from broiler chicken buildings

This article presents the results of physicochemical characterizations of wash waters from 12 broiler chicken farms. Considering the concentration values for chemical oxygen demand and Kjeldahl nitrogen, these wash waters can be classified as green waters. Statistical analysis revealed that the measured water quality was dependent on the frequency of the storage facility emptying. When this is done after each flock, improved water quality (reduction from 145% to 10% depending on the parameter considered) was observed compared to wash water emptied once a year. Furthermore, in the case of regular extraction, a nitrogen concentration lower than 500 mgN/l was measured, categorizing these waters as 'low-loaded effluents'. Therefore, they can be spread throughout the year, even in vulnerable areas, although primary treatment aimed at reducing suspended solids is recommended (this pollution criterion being strongly correlated with chemical and biological oxygen demands). For waters emptied once a year, it is recommended for farmers wishing to switch to continuous spreading to clean their storage facility and also invest in a primary treatment.