



CARACTÉRISER LES EFFLUENTS LIQUIDES ÉQUINS ISSUS D'AIRES DE VIE STABILISÉES

Par **Pauline DOLIGEZ** (IFCE), **Laurie BRIOT** (IFCE), **Sylvain KIENTZ** (Chambre régionale d'agriculture de Normandie), **Fanny PIERARD** (Société ÉCOVÉGÉTAL), **Tanguy MOREL** (Idele)

INTRODUCTION

Si leur traitement n'est pas assuré, les effluents produits par les équins peuvent provoquer une détérioration de la qualité de l'eau. Il est important de caractériser la nature de ces effluents pour déterminer le mode de gestion le plus approprié afin de limiter la pollution dans l'environnement.

La conduite de chevaux en groupe maintenus en plein air toute l'année sur une surface extérieure stabilisée devient une pratique courante pour réduire l'hébergement en boxes individuels, moins respectueux du bien-être animal. Ces aires de vie doivent être portantes par tous temps et répondre aux exigences réglementaires en matière de gestion et traitement des effluents d'élevage.

Des travaux pour caractériser les effluents liquides équins émanant des aires de vie extérieures stabilisées ont été menés de 2020 à 2023, dans le cadre du [programme Equid'Eff](#), sur le plateau technique IFCE du Pin-au-Haras (jumenterie du Pin), en collaboration avec la Chambre régionale d'agriculture de Normandie, l'entreprise Écovégétal et l'Institut de l'élevage. Les résultats de cette étude sont présentés dans cet article.

INFRASTRUCTURES ET OBJECTIFS D'ÉTUDE

AIRE DE VIE STABILISÉE IMPERMÉABLE – JUMENTERIE DU PIN



Test de perméabilité sur le sol en gravas des aires d'exercice de la jumenterie du Pin
© P. Doligez / IFCE

À la jumenterie du Pin, des aires de vie stabilisées sont utilisées pour hiverner un groupe de 60 juments adultes non gravides de décembre à avril. Une surface de 1883 m² est divisée en 3 grandes aires comprenant chacune une stabulation abritée en libre accès et une aire stabilisée non couverte. La concentration en chevaux adultes est forte (27 à 30 m² par cheval).

L'aire stabilisée non couverte est composée d'une sous-couche imperméable argileuse, avec une couche superficielle de calcaire (grave secondaire de calibre 0/4). La perméabilité du sol stabilisé a été mesurée par une entreprise de géotechnique en amont de cette étude. Le sol est imperméable, avec un coefficient de ruissellement proche de 90% (étude Ecotone, octobre 2020).

Un dispositif de récolte des eaux de ruissellement par un système de canivelles raccordées à un tuyau de drainage a été aménagé en bordure de l'aire étudiée de 729 m², hébergeant un groupe de 25 juments. Un point bas de captage des eaux (1 m de profondeur), accueillant le tuyau de drainage, a été conçu à l'extérieur de l'aire occupée par les animaux.

Pour les hivers 2020/2021 et 2021/2022, les mesures ont été réalisées à partir de l'aire de vie en graves raclée au rabet de tracteur trois fois par semaine pour retirer les déjections. Pour l'hiver 2022/2023, la même aire stabilisée en graves a été munie d'une couche de 10 cm de plaquettes de bois (soit 8 kg brut/m²). Les épaisseurs de plaquettes et les déjections ont été laissées sur place par accumulation jusqu'à la fin de l'hivernage. Une épaisseur de plaquettes de 10 à 15 cm a été réapprovisionnée tous les 15 jours.



Raclage mécanique de l'aire stabilisée en graves (jumenterie du Pin)
© P. Doligez / IFCE



Aire d'exercice extérieure et zone abritée pour un lot de juments en période d'hivernage (jumenterie du Pin) © L. Briot / IFCE

9 analyses ont été réalisées au cours des hivernages (2021 et 2022) à partir de prélèvements des eaux de ruissellement dans le regard collecteur pour l'aire en graves et 5 analyses ont été pratiquées dans le même collecteur lorsque l'aire était munie de plaquettes de bois (2023).

L'objectif de l'étude était d'analyser les critères physico-chimiques et bactériologiques des lixiviats produits sur une aire de vie hébergeant un groupe de chevaux avec une densité forte (27 m²/cheval).

AIRES DE VIE STABILISÉES PERMÉABLES – ÉCURIES ACTIVES COMMERCIALES

Des aires de vie stabilisées extérieures occupées à l'année par un groupe de chevaux avec une densité d'environ 100 m²/cheval ont été étudiées dans des structures équines commerciales (écuries actives).

L'objectif de l'étude consistait à analyser la qualité chimique et bactériologique des lixiviats produits sur les aires de vie de trois écuries actives et de la comparer aux valeurs obtenues sur le dispositif de la jumenterie du Pin.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

• Aire stabilisée de la jumenterie du Pin

Selon la méthode utilisée dans l'étude SALINOV (Mille, 2010), les lixiviats de l'aire étudiée ont été recueillis dans un seau suspendu sous le tuyau de collecte d'arrivée des eaux de ruissellement. Situé dans le point de collecte, le seau était suspendu en permanence, récupérant un filet d'eau s'écoulant du tuyau percé, conduisant ainsi à l'accumulation d'un volume de lixiviats pour une période donnée. Les échantillons ont été prélevés dans le volume accumulé dans le seau. Pour la 3^{ème} année de suivi, des prélèvements ont été effectués sur les plaquettes de bois étalées sur la surface de vie extérieure.



Eaux de ruissellement de l'aire d'exercice, collectées à travers une caniveau (jumenterie du Pin) © L. Briot / IFCE



Regard collecteur des eaux de ruissellement de l'aire d'exercice (jumenterie du Pin) © L. Briot / IFCE

• Sur les structures commerciales

Des structures équinées équipées de points bas de collecte des lixiviats ont été sélectionnées. Une seule structure possédant un système de drains sous l'aire stabilisée a été repérée et étudiée (écurie 1). Les aires de vie de deux autres structures (écuries 2 et 3) ont été étudiées, en collectant les eaux sur un point de source en eau en amont (fossés) et un point de source en eau résiduaire en aval de l'aire d'exercice (fossés ou mare de rétention).



Aire d'exercice perméable munie de dalles de stabilisation (écurie active n°2) © P. Doligez / IFCE



Point de collecte des eaux de ruissellement en aval de l'aire stabilisée (écurie n°2) © P. Doligez / IFCE

CALENDRIER ET FRÉQUENCE DE PRÉLÈVEMENTS

Pour les aires stabilisées de la jumenterie du Pin

Les effluents liquides ont été prélevés au niveau du point bas de collecte pendant une période d'hivernage de 120 jours sur 3 hivers (aire stabilisée en graves en 2020-2021 et en 2021-2022, puis même aire stabilisée munie de plaquettes de bois en 2022-2023).

Sur les aires de vie perméables stabilisées des structures commerciales

Les prélèvements ont été réalisés à une ou deux reprise(s) selon la disponibilité en volume d'eau (écoulements naturels) au niveau des sites de prélèvements (précipitations et débit d'eau dans les fossés) (cf. tableau 1).

	Écurie 1 Sarthe	Écurie 2 Calvados	Écurie 3 Seine-et-Marne
Densité sur l'aire (m²/cheval)	160	<ul style="list-style-type: none"> • Aire A : 92 (hiver) • Aire B : 32 (hiver) 	80
Lieu et nombre de prélèvements par site	2 prélèvements en aval de l'aire de vie en sortie de drain (aire de vie drainée) en janvier et mars 2022	<ul style="list-style-type: none"> • Aire A : 2 prélèvements en février 2023, en amont et aval • Aires A et B : 2 prélèvements en mars 2023, en amont et aval 	2 prélèvements en avril 2023, en amont et aval

Tableau 1 / Calendrier et sites des prélèvements sur les structures commerciales

NATURE DES ANALYSES DES EFFLUENTS LIQUIDES

Les données de pluviométrie des sites de prélèvements pour la jumenterie du Pin ont été relevées périodiquement à la station météorologique de l'INRAe du Pin.

Les échantillons d'eau provenant de la jumenterie et des écuries commerciales ont été acheminés dans la journée auprès du même laboratoire (Labéo, Caen). Au laboratoire, d'après les travaux de SALINOV (Mille, 2010), les paramètres physico-chimiques et biologiques suivants ont été analysés (cf. tableau 2).

	Critères d'analyses	
Chimie	<ul style="list-style-type: none"> • Matières Sèches (MS) • Matières En Suspension (MES) • ST-DCO • DBO₅ • Matières minérales • Carbone (C) organique 	<ul style="list-style-type: none"> • Azote (N_{kjeldhal}) • Ammonium (NH₄⁺) • Nitrates (NO₃⁻) • Nitrites (NO₂⁻) • Phosphore (PO₄³⁻) • Potassium (K₂O)
Microbiologie	<ul style="list-style-type: none"> • <i>E. coli</i> • Entérocoques 	

Tableau 2 / Nature des analyses réalisées en laboratoire

La DBO₅ (Demande Biologique en Oxygène en 5 jours) mesure la quantité d'oxygène consommée en 5 jours à 20°C par les micro-organismes vivants présents dans l'eau, c'est-à-dire la part des matières organiques biodégradables. La DCO (Demande Chimique en Oxygène) représente les matières oxydables susceptibles de consommer de l'oxygène dans l'eau.

TRAITEMENT DES DONNÉES ET INTERPRÉTATIONS

Les analyses ont été comparées aux valeurs physico-chimiques des effluents définis comme « peu chargés » dans les autres espèces (Directive Nitrates, 2011 ; Mille, 2010 ; Coillard *et al.*, 2006 ; Coutant, 2009) et aux références de charges polluantes des textes réglementaires du code de l'environnement pour les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE, arrêté du 17/12/2020).

RÉSULTATS

AIRES STABILISÉES DE LA JUMENTERIE DU PIN

Les précipitations (station météo de l'INRAE du Pin) sont référencées au cours des trois périodes hivernales de présence des animaux sur les aires d'exercice. La pluviométrie sur les 3 hivers observés est stable, soit en moyenne 340 mm (+/- 19 mm) pendant 170 jours (novembre à fin avril).

Teneurs en éléments chimiques et bactériologiques

Avec une teneur moyenne de 0,23 g/L de N total et sans traces de nitrates ou nitrites (*cf.* tableau 3) et une teneur ST-DCO entre 6 et 7 (*cf.* tableau 4) pour l'aire de vie en graves, l'effluent liquide émis pendant la période hivernale peut être défini comme un **effluent « peu chargé »** (Coutant, 2009).

Les teneurs sont légèrement plus élevées en phosphore mais plus basses en potassium (*cf.* tableau 3) que celles référencées pour l'effluent peu chargé (Coutant, 2009).

Le rapport DCO/DBO₅ (*cf.* tableau 4) est toujours supérieur à 2. Cela traduit un manque de biodégradabilité naturelle (référence du seuil technique de l'Idede). La teneur en ammonium est 10 fois inférieure aux teneurs d'un effluent bovin étudié par Coutant (2009).

Le taux de matières en suspension (MES) moyen de 2 g/L (*cf.* tableau 4) de l'effluent équin sur l'aire de vie en graves dépasse le seuil préconisé, défini par l'arrêté ICPE du 17 décembre 2020, de 0,1 g/L.

Les teneurs en bactéries fécales (*E. coli* et entérocoques) sont comprises entre 100 et 1000 bactéries/mL d'effluent, soit mille fois moins que la référence de 6 à 7 log₁₀/mL de Coillard (2006) pour un effluent bovin peu chargé traité par lagunage.

Aire d'hivernage stabilisée de la jumenterie du Pin		Concentration	Azote N Kjeldhal (g/L N)	Ammonium NH ₄ ⁺ (g/L N)	Nitrates NO ₃ ⁻ (g/L N)	Nitrites NO ₂ ⁻ (g/L N)	Phosphore total (g/L P)	Potassium total (g/L K)
n=9 mesures 2 hivers	Aire en graves	Moyenne	0,23	0,0571	0,0004	3,00E-06	0,07	0,49
		Minimum	0,13	0,0357	0,0003	3,00E-06	0,04	0,21
		Maximum	0,38	0,0848	0,0006	3,00E-06	0,09	0,70
n=5 mesures 2 hivers	Aire en plaquettes de bois	Moyenne	0,15	0,0319	0,0005	3,00E-06	0,07	0,43
		Minimum	0,03	0,0138	0,0001	3,00E-06	0,01	0,12
		Maximum	0,29	0,0563	0,0011	3,00E-06	0,12	0,95
Coutant (2009) Effluent peu chargé		-	max 0,6	max 0,325	0	0	0,055	0,7
Arrêté ICPE du 22 octobre 2018 Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel		Moyenne mensuelle	0,03 (qd kg jour > 50 kg/j)	-	-	-	-	-

Tableau 3 / Teneurs en azote, phosphore et potassium des effluents liquides recueillis sur l'aire stabilisée de la jumenterie du Pin | Données en rouge supérieures aux teneurs de référence

Aire d'hivernage stabilisée de la jumenterie du Pin		Concentration	MES (g/L)	ST-DCO (g/L O ₂)	Rapport DCO/DBO ₅ (g/L O ₂)	<i>E. coli</i> (log 10 n/mL)	Entérocoques (log 10 n/mL)
n=9 mesures 2 hivers	Aire en graves	Moyenne	6	7	7	2,61	3,14
		Minimum	0,5	4	4	1,36	2,41
		Maximum	23	13	14	3,28	3,60
n=5 mesures 2 hivers	Aire en plaquettes de bois	Moyenne	2	5	18	2,64	2,75
		Minimum	0,4	2	7	2,34	1,92
		Maximum	5	10	26	3,04	3,46
Coutant (2009) Effluent peu chargé		-	-	max 7,8	-	-	-
Arrêté ICPE du 22 octobre 2018 Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel		Moyenne mensuelle	0,1 (qd kg jour < 15 kg/j)	0,3 (qd kg jour < 50 kg/j)	-	-	-

Tableau 4 / Teneurs physico-chimiques et bactériologiques des effluents liquides recueillis sur l'aire stabilisée de la jumenterie du Pin | Données en rouge supérieures aux teneurs de référence

Comparaison des éléments émis dans l'effluent liquide lorsque l'aire de vie est munie d'une épaisseur de plaquettes de bois sans opération de raclage des déjections

On constate en moyenne une légère diminution de la teneur en azote total (0,16 g/L sur plaquettes vs 0,23 g/L sur sol en graves) et en ammonium (0,03 au lieu de 0,06 g/L N-NH₄⁺) lorsque l'on ajoute une épaisseur de plaquettes de bois filtrante, sans retrait périodique des déjections (cf. tableau 3 ci-dessus). La teneur en nitrates reste très faible (4 à 6 x 10⁻⁴ g/L) quel que soit le sol. Les écart-types des concentrations sont cependant élevés.

Les concentrations des lixiviats en phosphore et en potassium (cf. tableau 3) sont aussi très variables (écart important entre les minima et maxima) quel que soit le type de sol. Une légère tendance pour des concentrations plus faibles d'éléments dans les lixiviats issus du sol muni de plaquettes de bois fait supposer que celles-ci retiennent plus d'éléments (N/P/K) que ceux contenus dans les déjections raclées retirées trois fois par semaine de l'aire en graves. Parvage (2017) observe une diminution de lessivage du phosphore sur colonne au laboratoire lorsqu'il simule des pluies sur des déjections équinées, sur une terre enrichie d'une épaisseur de copeaux de bois, en comparaison à des déjections sur la même terre en sol nu.

Le taux d'ammonium NH₄⁺ de l'effluent liquide est plus faible (0,003 g/L sur plaquettes vs 0,005 g/L sur sol en graves) et son rapport C/N plus élevé quand l'aire d'exercice est munie de plaquettes de bois (C/N=8 pour effluent sur plaquettes vs C/N=4,7 sur sol en graves). La teneur en MES pour le sol muni de plaquettes est beaucoup plus faible (2,25 g/L vs 5,55 g/L sur sol en graves), montrant que **la couche de plaquettes semble retenir les éléments grossiers de l'effluent liquide** (fibres des crottins et refus des fourrages au sol).

Les teneurs en bactéries fécales sont légèrement réduites dans l'effluent liquide issu de l'aire munie de plaquettes de bois non raclée, avec en moyenne 2 log₁₀/mL vs 3 log₁₀/mL pour les entérocoques, mais sans différence pour les *E. coli* (2,61 log₁₀/mL sur graves vs 2,69 log₁₀/mL sur plaquettes) (cf. tableau 4 ci-dessus). L'accumulation des déjections avec l'épaisseur de plaquettes de bois sur les quatre mois d'hivernage n'entraîne **pas d'augmentation de la teneur en bactéries fécales de l'effluent liquide émis**.

Les plaquettes de bois se chargent en azote de 2,2 g N/kg de MS (1,7 si propres à 3,9 si souillées) (cf. tableau 5). Les plaquettes de bois sont trois fois moins chargées en azote si on les compare à des plaquettes de bois utilisées pour les bovins sur des Parcs Stabilisés d'Hivernage (PSH) (3,9 vs 12,3 g N/kg de MS - Coutant, 2009). Les teneurs en ammoniac, nitrites et nitrates des plaquettes tout comme les lixiviats émis de la même surface (cf. tableau 3) sont faibles. Les plaquettes se chargent en phosphore et en potassium de respectivement +3,1 et +9,9 g/kg de MS.

Nature des échantillons		Critères physico-chimiques									
		pH	MS (g/kg PB)	MO (g/kg MS)	N Kjeldahl (g N/kg MS)	NH ₄ ⁺ (g N/kg MS)	NO ₃ ⁻ mg/kg MS	NO ₂ ⁻	P ₂ O ₅ g/kg MS	K ₂ O	CaO
Plaquettes de bois propres, non souillées	Prélèvement de plaquettes propres stockées en tas extérieur	6,2	602	593	1,7	< 0,25	< 2	< 0,1	< 0,05	1,8	5,6
Fumier équin de plaquettes de bois	Prélèvement de plaquettes après 5 mois d'utilisation sans entretien de l'aire stabilisée et avec un réapprovisionnement de plaquettes propres de 10 kg/m ² tous les 15 jours	7,8	259	240	3,9	< 0,25	< 7,72	< 0,12	3,2	11,7	11,7
Litière de copeaux de bois propres	French et al. (2003) cité par Coutant (2009)	-	-	-	2,3	-	-	-	0,18	0,16	-
Fumier bovin de copeaux de bois		-	-	-	12,3	-	-	-	2,9	16,1	-

Tableau 5 / Teneurs en éléments minéraux des plaquettes de bois avant et après usage
MS = Matières Sèches | PB = Produit Brut | MO = Matières Organiques

En résumé

Pour un effluent liquide équin sur aire de vie raclée 3 fois par semaine avec 27 m²/cheval, c'est-à-dire un « effluent peu chargé », les teneurs sont les suivantes :

- N < 0,5 g/L
- P < 0,055 g/L
- DCO < 7,8

Le relargage direct dans le milieu naturel n'est pas possible car les teneurs du lixiviat sont :

- N > à 0,03 g/L,
- DCO > 0,3 g/L
- MES > 0,035 g/L (arrêté 22/10/18)

avec : N = Azote | P = Phosphore | DCO = Demande Chimique en Oxygène | MES = Matière Sèche en Suspension

Il y a donc nécessité d'un système de traitement :

- primaire ==> bassin tampon de sédimentation
- secondaire ==> lagunage ou filtre à roseau

Critères à retenir pour les structures équines

Les aires de vie stabilisées extérieures avec une densité forte d'animaux et entretenues 3 fois par semaine doivent être équipées d'un système de collecte et de traitement des lixiviats. Une couche de plaquettes de bois sur l'aire stabilisée d'hivernage permet d'absorber une partie des éléments lixiviables (azote, matières en suspension, phosphore émis dans les effluents liquides).

Extrapolation de la charge polluante pour une surface de 100 m²/cheval

En tenant compte :

- des concentrations maximales relevées en éléments (g/L)
- des données de référence (P-ETP = Pluviométrie-ÉvapoTranspiration Potentielle) pour le site du Pin (151,38 mm, référence DEXEL, commune du Ginai, 61)
- de la période de 120 jours d'hivernage
- et de la densité de chevaux hébergés au m²

... les concentrations maximales des effluents liquides sont calculées pour simuler la charge polluante du lixiviat pour un hébergement type « écurie active » proposant une aire d'exercice de 100 m²/cheval (cf. tableau 6).

Les flux maximaux journaliers de lixiviat liquide produit sur l'aire d'exercice stabilisée de 675 m² (27m² par cheval, avec 25 chevaux) extérieure raclée trois fois par semaine, est de respectivement 0,33 kg N/j et 0,08 kg P/j en période hivernale.

La concentration maximale en azote de l'effluent liquide équin pour une aire d'exercice de 100 m²/cheval est calculée en diluant la charge de 3,7 points pour passer de 27 à 100 m² et en tenant compte de la pluviométrie moyenne sur la période hivernale (151,38 mm sur 120 jours). Des concentrations maximales calculées de **3,5 g/L de DCO et 0,1 g/L de N** sont obtenues pour une densité de **100 m²/cheval** (cf. tableau 6).

En comparant ces charges calculées aux valeurs limites définies dans l'arrêté ICPE (17/12/2020), les teneurs respectives de 3,5 g/L de DCO et 6 g/L de MES dépassent les valeurs limites de rejet autorisées dans le milieu naturel.

Ainsi, l'effluent produit en période hivernale dans ces conditions (entretien par 3 raclages par semaine avec une densité de 100 m²/cheval) est défini comme un effluent peu chargé (teneur N < 0,5, DCO < 7,8), qu'il est nécessaire de traiter (filières de traitement) avant relargage dans le milieu naturel.

D'après les 9 prélèvements réalisés sur l'aire en grèves au cours des 2 périodes hivernales (2020-2021 et 2021-2022), aire de 675 m ² / 25 chevaux pendant 120 jours	Concentrations maximales mesurées (Cmax, en g/L) d'après les tableaux 3 et 4	Quantités d'éléments produites sur la période par 25 chevaux sur 675 m ² (Q120 = Cmax x pluviométrie (151,38 mm) sur 120 jours) (g/m ²)	Quantités d'éléments produites par jour par m ² par 25 chevaux sur 675 m ² (Qt27m ² = Q120 / 120 jours) (g/m ² /j)	Quantités totales produites par jour pour 25 chevaux sur 675 m ² (Qtj = Qt27m ² x 675) (flux max en kg/jour)	Concentrations maximales produites par jour par 25 chevaux sur 2500 m ² Qt100m ² = (Qt27m ² / (100/27)) / pluvio moyenne jour (1,26 mm) (g/L)	Coutant (2009) Effluent peu chargé (en g/L)	Arrêté ICPE du 22 octobre 2018 Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel (en g/L)
DCO	13	1962	16	11	3,50	< 7,8	< 0,3 (qd flux max < 50 kg/j)
N Kjeldhal	0,38	57,8	0,48	0,33	0,10	< 0,6	< 0,03 (qd flux max > 50 kg/j)
Nitrates (NO ₃ ⁻)	0,001	16,5	0,14		0,03	0	-
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,08	0,089	0,001		0,00	< 0,325	-
Phosphore total	0,09	13,7	0,11	0,08	0,02	< 0,055	< 0,01 (qd flux max > 15 kg/j)
Potassium total	0,70	105,21	0,88		0,19	< 0,7	
MES	23	3481,86	29	20	6	-	< 0,035 (qd flux max > 15 kg/j)

Tableau 6 / Extrapolation de la charge polluante de l'effluent liquide équin produit pour une surface de 100 m²/cheval | Données en rouge supérieures aux teneurs de référence

AIRES STABILISÉES DES STRUCTURES COMMERCIALES

Les teneurs en azote sont en moyenne de **0,008 g de N total/L** dans les lixiviats prélevés en aval des aires stabilisées utilisées pour l'hébergement des chevaux dans les structures extérieures étudiées (cf. tableau 7a). Ces eaux résiduaires sont 62 fois moins chargées par rapport à un effluent peu chargé (N=0,5 g/L | Coutant, 2009). Les valeurs limites de rejet dans le milieu naturel (arrêté ICPE 17/12/2020) ne sont pas dépassées pour l'azote (< 0,03 g/L) dans les trois écuries étudiées. Les valeurs maximales de rejet dans le milieu naturel en MES (écuries 1 et 3) et en DCO (écurie 3) sont en revanche dépassées (cf. tableau 7b). Les eaux résiduaires des aires de vie perméables, équipées de dalles stabilisantes, entretenues quotidiennement (raclage et évacuation des déjections tous les jours), avec une densité de 100 m²/cheval comme l'écurie 2, peuvent être rejetées dans le milieu naturel. Pour les écuries 1 et 3, il est nécessaire de vérifier par prélèvements réguliers les teneurs en MES et DCO des eaux résiduaires pour envisager la nécessité d'une filière de traitement avant rejet dans la nature.

Aire d'hivernage stabilisée		Concentration	Azote N Kjeldhal (g/L N)	Ammonium NH ₄ ⁺ (g/L N)	Nitrates NO ₃ ⁻ (g/L N)	Nitrites NO ₂ ⁻ (g/L N)	Phosphore total (g/L P)	Potassium total (g/L K)
Écurie 1	1 seul point de collecte : sortie de drain	Moyenne	0,003	0,002	0,005	0,0001	0,00003	0,005
		Minimum	0,002	0,001	0,004	0,00004	0,00002	0,005
		Maximum	0,004	0,003	0,007	0,0002	0,00004	0,006
Écurie 2	Point de collecte 1 : amont n=2 mesures	Moyenne	< 0,0005	-	0,000185	< 0,000003	0,0000115	0,000835
		Minimum	< 0,0005	< 0,00004	0,0001	< 0,000003	0,00001	0,0008
		Maximum	0,001	0,00005	0,0003	< 0,000003	0,00001	0,0009
	Point de collecte 1 : aval n=2 mesures	Moyenne	< 0,0005	0,00006	0,0064	-	0,00006	0,01
		Minimum	< 0,0005	0,00005	0,0060	< 0,000005	0,00004	0,008
		Maximum	< 0,0005	0,00007	0,0067	0,000009	0,00007	0,01
	Point de collecte 2 : amont n=1 mesure	-	0,001	< 0,00004	< 0,00011	< 0,000003	0,00002	0,003
Point de collecte 2 : aval n=1 mesure	-	0,0005	0,00004	0,0008	< 0,000003	< 0,00001	0,0008	
Écurie 3	Points de collecte en amont et en aval	Amont	0,00089	0,00004	< 0,00011	< 0,000003	0,000049	0,0058
		Aval	0,0407	0,00671	0,00015	< 0,000003	0,0137	0,217
Moyenne en aval des structures extérieures		-	0,008	0,002	0,004	0,00004	0,00231	0,04
Maximum		-	0,004	0,003	0,007	0,0002	0,00007	0,01
Arrêté ICPE du 22 octobre 2018 Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel		-	< 0,03 (qd kg jour > 50 kg)	-	-	-	< 0,01 (qd kg/j > 15kg)	-

Tableau 7a / Valeurs physico-chimiques NPK des eaux de ruissellement en amont et en aval des aires stabilisées dans les trois exploitations étudiées

Aire d'hivernage stabilisée		Concentration	MES (g/L)	ST-DCO (g/L O ₂)	Rapport DCO/DBO ₅ (g/L O ₂)	E. coli (log 10 n/mL)	Entérocoques (log 10 n/mL)
Écurie 1	1 seul point de collecte : sortie de drain	Moyenne	-	-	-	< 0	< 0
		Minimum	< 2	< 0,01	0,21	< 0	< 0
		Maximum	6,20	0,019	< 0,1	< 0	< 0
Écurie 2	Point de collecte 1 : amont n=2 mesures	Moyenne	-	-	-	< 0	< 0
		Minimum	0,03	< 0,01	< 0,05	< 0	< 0
		Maximum	0,03	< 0,01	< 0,05	< 0	< 0
	Point de collecte 1 : aval n=2 mesures	Moyenne	0,01	< 0,01	-	< 0	< 0
		Minimum	0,01	< 0,01	< 0,05	< 0	< 0
		Maximum	0,01	< 0,01	0,05	< 0	< 0
	Point de collecte 2 : amont n=1 mesure	-	0,16	0,027	0,07	2,48	< 0
	Point de collecte 2 : aval n=1 mesure	-	0,002	0,01	0,05	< 0	< 0
	Écurie 3	Points de collecte en amont et en aval	Amont	< 2,0	0,029	0,021	2,41
Aval			0,14	0,998	0,150	3,41	3,79
Moyenne en aval des structures extérieures		-	0,07 (médiane)	< 0,01	0,10	< 0	< 0
Maximum		-	6,20	0,998	0,21	< 0	< 0
Arrêté ICPE du 22 octobre 2018 Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel		-	< 0,035 (qd kg jour > 15 kg)	< 0,3 (qd kg jour < 50 kg)	-	-	-

Tableau 7b / Valeurs physico-chimiques et bactériologiques des eaux de ruissellement en amont et en aval d'aires stabilisées dans les trois exploitations extérieures | Données en rouge supérieures aux teneurs de référence

COMPARAISON DES CHARGES POLLUANTES DES AIRES DES STRUCTURES EXTÉRIEURES ET DE L'AIRE DE LA JUMENTERIE

Avec une densité de 100 m²/cheval et un raclage quotidien des déjections, **l'effluent liquide de l'aire stabilisée dans les structures extérieures type « écuries actives » est 12 fois moins chargé** (0,008 g de N/L pour les structures extérieures vs 0,1 g de N/L, valeur calculée à la jumenterie du Pin) que le lixiviat émis par l'aire stabilisée de la jumenterie avec un raclage des déjections trois fois par semaine.

CONCLUSION

Critères à retenir pour les structures équinées

➤ Analyser les lixiviats des aires de vie stabilisées pour définir le besoin d'un traitement avant rejet dans le milieu naturel (fossé).

Si les teneurs du lixiviat sont :

- N < 0,03 g/L
- DCO < 0,3 g/L
- MES < 0,035 g/L

Un relargage direct dans le milieu naturel est possible.

Sinon, nécessité d'un système de traitement des eaux résiduaires.

Exemple : bassin tampon de sédimentation + système de traitement secondaire (lagunage ou filtre à roseau)

➤ L'entretien quotidien de l'aire de vie stabilisée extérieure avec une densité faible (100 m²/cheval) permet de limiter la charge polluante de l'effluent liquide émis par les eaux de ruissellement et les déjections.

➤ Une épaisseur de 10 cm de plaquettes de bois (+ un apport régulier) sur l'aire de vie stabilisée extérieure a un effet filtrant permettant de retenir une partie des matières grossières des lixiviats.

Avec N = Azote | DCO = Demande Chimique en Oxygène | MES = Matière Sèche en Suspension

LIMITES DE L'ÉTUDE ET PERSPECTIVES

Les mesures sur le site de la jumenterie du Pin ont été réalisées en période hivernale. Il serait intéressant de mesurer la charge polluante des lixiviats sur les aires stabilisées en été, avec la même densité d'animaux, lorsque la pluviométrie est plus irrégulière (orages...).

Les points de captage des lixiviats des aires de vie des structures extérieures ne proviennent pas d'un système de drainage récoltant la totalité des eaux de ruissellement des surfaces étudiées. L'innocuité des eaux résiduelles émanant des aires de vie stabilisées extérieures des écuries actives doit être confirmée en reconduisant des mesures sur d'autres structures.

Des mesures de charge des lixiviats émis par les aires de vie stabilisées utilisées avec une densité intermédiaire d'animaux (50 m²/cheval) serait intéressante à réaliser pour confirmer la dégressivité de la charge des lixiviats en fonction de la concentration en animaux. Les modalités d'entretien (différentes fréquences de raclage) pourraient aussi être un sujet d'étude pour caractériser les lixiviats équités et proposer des solutions d'hébergements extérieurs efficaces et plus respectueuses de l'environnement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **COILLARD J., EOUZAN P., GAUTIER M. et MENARD J.L.** (2006). Évaluation technico-économique d'une unité pilote de traitement des effluents peu chargés basée sur le lagunage naturel. Bilan de la 4^{ème} année de suivi d'évaluation, site pilote GAEC de la Guichousais (22). Cemagref - Chambres d'agriculture des Côtes d'Armor - Institut de l'élevage, 22 pages.
- **COUTANT S.** (2009). Bâtiment d'élevage simplifié, innovant et économe : le Parc Stabilisé d'Hivernage (PSH), mise au point et évaluation pour les bovins en France. Mémoire de diplôme d'ingénieur des techniques de l'agriculture, APCA - CNAM - AgroParis Tech, 126 pages.
- **FRENCH P., HICKEY M.C., MOLONEY A.P. and LENEHAN J.J.** (2004). Out-wintering pads (OWP) : effects on beef cattle production. Teagasc, Grange Research Centre, Dunsany, Co. Meath, Ireland, 1 page.
- **MARY J., COUTANT S., PILET J.M., PINETEAU S., ROCHETEAU P. et MENARD J.L.** (2007). Le traitement des effluents peu chargés - Choisir une filière de traitement adaptée à votre élevage pour gérer les effluents peu chargés. Chambres d'agriculture des Pays de la Loire - Institut de l'élevage, 64 pages.
- **MILLE S.** (2010). SALINOV, projet CASDAR n°420 (2006-2009). Systèmes allaitants innovants, systèmes de logements alternatifs associés à une utilisation du pâturage hivernal, récapitulatif des analyses et protocole de prélèvement des échantillons de lixiviat et de fumier.
- Arrêté du 17/12/20 abrogeant l'arrêté du 7 juillet 2009 relatif aux modalités d'analyse dans l'air et dans l'eau dans les ICPE et aux normes de référence et modifiant une série d'arrêtés ministériels pour prendre en compte l'abrogation dudit arrêté. Disponible sur : <https://aida.ineris.fr/reglementation/arrete-231111-relatif-prescriptions-generales-applicables-installations-classees>
- 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. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000025001662>