



# INGESTION DE SOL PAR LES CHEVAUX AU PÂTURAGE

## ENJEUX, PREMIÈRES QUANTIFICATIONS ET IMPLICATIONS POUR LA GESTION DU PÂTURAGE

Par **Claire COLLAS** (Université de Lorraine, INRAE), **Laurie BRIOT** (IFCE), **Cyril FEIDT** † (Université de Lorraine, INRAE), **Stefan JURJANZ** (Université de Lorraine, INRAE)

### INTRODUCTION

Quelles que soient les orientations des élevages équinés, l'ingestion de sol est un phénomène qui peut avoir des conséquences non négligeables sur la santé, le bien-être et les performances zootechniques voire sportives des chevaux. Le présent article constitue une synthèse des connaissances disponibles sur l'ingestion de sol chez le cheval. Cette synthèse a été réalisée à partir de trois publications récentes de Jurjanz *et al.* (2021) et Collas *et al.* (2022a, 2022b) qui représentent les trois premières études de l'ingestion de sol chez le cheval.

### CONTEXTE ET ENJEUX

Les animaux peuvent ingérer de la terre, en particulier les herbivores lors du pâturage. Cette ingestion peut être volontaire, notamment chez les espèces sauvages pour combler une carence en minéraux, mais le plus souvent elle est involontaire et peut être liée à une activité d'alimentation très proche du sol et/ou à l'ingestion de nourriture (*i.e.* végétation, pédofaune, selon le régime de l'animal) souillée par des particules de terre.

Le sol est un réservoir de contaminants environnementaux tels que des polluants organiques persistants, des éléments traces métalliques, des radionucléides ou encore des pathogènes. L'ingestion de sol peut ainsi représenter une voie majeure d'exposition des animaux aux contaminants de l'environnement (Feidt *et al.*, 2017). Elle a été étudiée en conditions tempérées, et parfois en conditions tropicales, chez les principaux animaux d'élevage : bovins (Collas *et al.*, 2020 ; Collas *et al.*, 2019 ; Jurjanz *et al.*, 2017 ; Jurjanz *et al.* 2012), ovins (Abrahams and Steigmajer, 2003 ; Smith *et al.*, 2009), porcins (Collas *et al.*, 2023) ou encore les volailles (Jurjanz *et al.*, 2015). L'ingestion de sol est un paramètre important pour l'évaluation des risques de contamination des denrées alimentaires d'origine animale (lait, viande, œufs).

Jusqu'à récemment, aucune étude d'ingestion de sol n'a été conduite chez le cheval. L'enjeu de sécurité sanitaire peut paraître moindre que chez les autres espèces d'élevage, car la viande de cheval est assez peu consommée en France (0,3 kg/habitant/an) et en Europe (ingestion la plus élevée pour l'Italie, avec 0,8 kg/habitant/an) par rapport à la viande de porc ou encore de bœuf (33 et 24 kg/habitant/an, respectivement) (FranceAgriMer, 2021). Cependant, le risque de transfert peut concerner également le lait, or le lait de jument et le lait d'ânesse sont particulièrement prisés en cosmétique, en reflétant l'image d'un produit de qualité pour lequel il est nécessaire de garantir l'innocuité.

Par ailleurs, la fédération des courses hippiques a recensé des cas de dépassement du seuil en arsenic lors des contrôles anti-dopage. L'arsenic est en effet considéré comme un agent dopant et son contrôle dans l'urine et le plasma est basé sur un seuil international (Popot *et al.*, 2018). Par ailleurs, il a été observé que des chevaux présentaient des taux d'arsenic élevés dans leur urine alors qu'ils provenaient d'une zone géographique présentant un sol naturellement riche en arsenic (anomalie géochimique) (Feuillade *et al.*, 2022). Le sol étant un compartiment réservoir d'éléments métalliques et métalloïdes, il peut ainsi s'avérer source de contamination pour le cheval et affecter ainsi, de façon indirecte, ses performances sportives.

De par leur mode d'élevage, les chevaux peuvent être exposés à l'ingestion de sol (*i.e.* terre), mais leur utilisation pour le sport ou le loisir les expose également à l'ingestion de sable (carrière, manège, paddock). Les particules de sol ou sable ingérées peuvent endommager la muqueuse gastrique et réduire la digestibilité de l'alimentation et l'absorption d'eau et de nutriments. Si les particules s'accumulent dans l'intestin, elles peuvent entraîner des douleurs intestinales (spasmes, torsion) qui peuvent provoquer des coliques de sable (Kilcoyne *et al.*, 2017).

## APPROCHES MÉTHODOLOGIQUES

### DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX

L'ingestion de sol chez le cheval a été évaluée pour la première fois chez des races de selle, lors de trois études récentes conduites sur des prairies permanentes, dans différentes régions tempérées (Irlande et France) et à différentes saisons (*cf.* tableau 1).

La première étude a été conduite en Irlande (*cf.* figure 1), avec 6 chevaux de sport (619 kg de poids vif), pour tester l'effet de l'offre fourragère sur les quantités de sol ingérées. Les chevaux ont pâturé au cours de trois périodes successives en changeant d'offre fourragère à chaque période. Les trois offres fourragères testées correspondaient à 2, 3 ou 4% du poids vif des chevaux. L'offre fourragère a été contrôlée en ajustant la surface offerte en fonction de la hauteur de l'herbe à l'entrée des chevaux dans la parcelle. Une régression entre la hauteur et la biomasse de l'herbe avait été précédemment établie.

La seconde étude a été conduite en Normandie (plateau technique IFCE du Pin-au-Haras), avec 9 jeunes chevaux (2 ans, 507 kg de poids vif) de race Anglo-Arabe et Selle Français (*cf.* figure 2). Le dispositif a permis de suivre les ingestions de sol et leur évolution du printemps à l'automne, pour des chevaux en pâturage mixte ou non avec des génisses charolaises d'un an. Les ingestions de sol des génisses, en pâturage mixte ou non, ont également été suivies.

La troisième étude a été conduite en Corrèze (plateau technique IFCE de Chamberet), avec 15 juments (601 kg de poids vif) de race Anglo-Arabe et Selle Français (*cf.* figure 3). Trois juments ont été suivies au sein du troupeau 1 et 12 juments au sein du troupeau 2. Les deux troupeaux comptaient chacun un total de 17 à 40 juments selon la période. Les mesures ont été effectuées à trois saisons (été, automne et printemps) sur des surfaces de 1,2 à 1,6 ha.

Lieux des études	Dates des études	Types de chevaux	Modes de pâturage	Références
<b>Irlande, Moanaviddoge, Oola (comté de Limerick)</b>	Juillet à septembre 2017	Chevaux de sport irlandais	Fil avant, fil arrière	Jurjanz <i>et al.</i> , 2021
<b>Normandie, plateau technique IFCE du Pin-au-Haras /INRAE du Pin</b>	Mai à novembre 2019, mai à septembre 2020	Jeunes chevaux de race Anglo-Arabe et Selle Français (2 ans)	Continu, mixte avec génisses charolaises ou non	Collas <i>et al.</i> , 2022a
<b>Corrèze, plateau technique IFCE de Chamberet</b>	Juillet et octobre 2020, avril 2021	Juments de race Anglo-Arabe et Selle Français (entretien ou début de gestation)	Tournant	Collas <i>et al.</i> , 2022b

Tableau 1 / Caractéristiques des trois études sur l'ingestion de sol chez le cheval

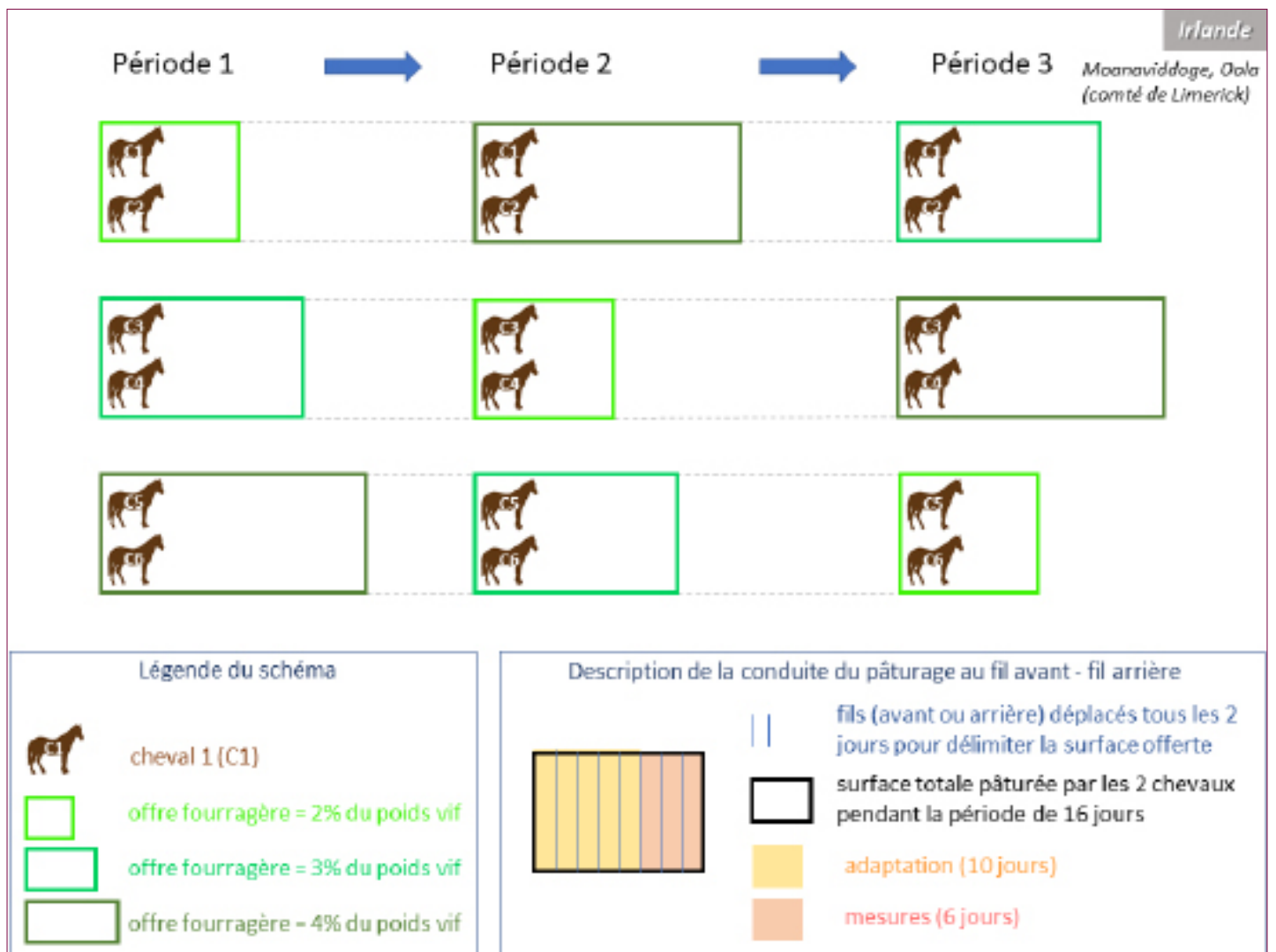


Figure 1 / Dispositif expérimental de l'étude en Irlande (Jurjanz et al., 2021)

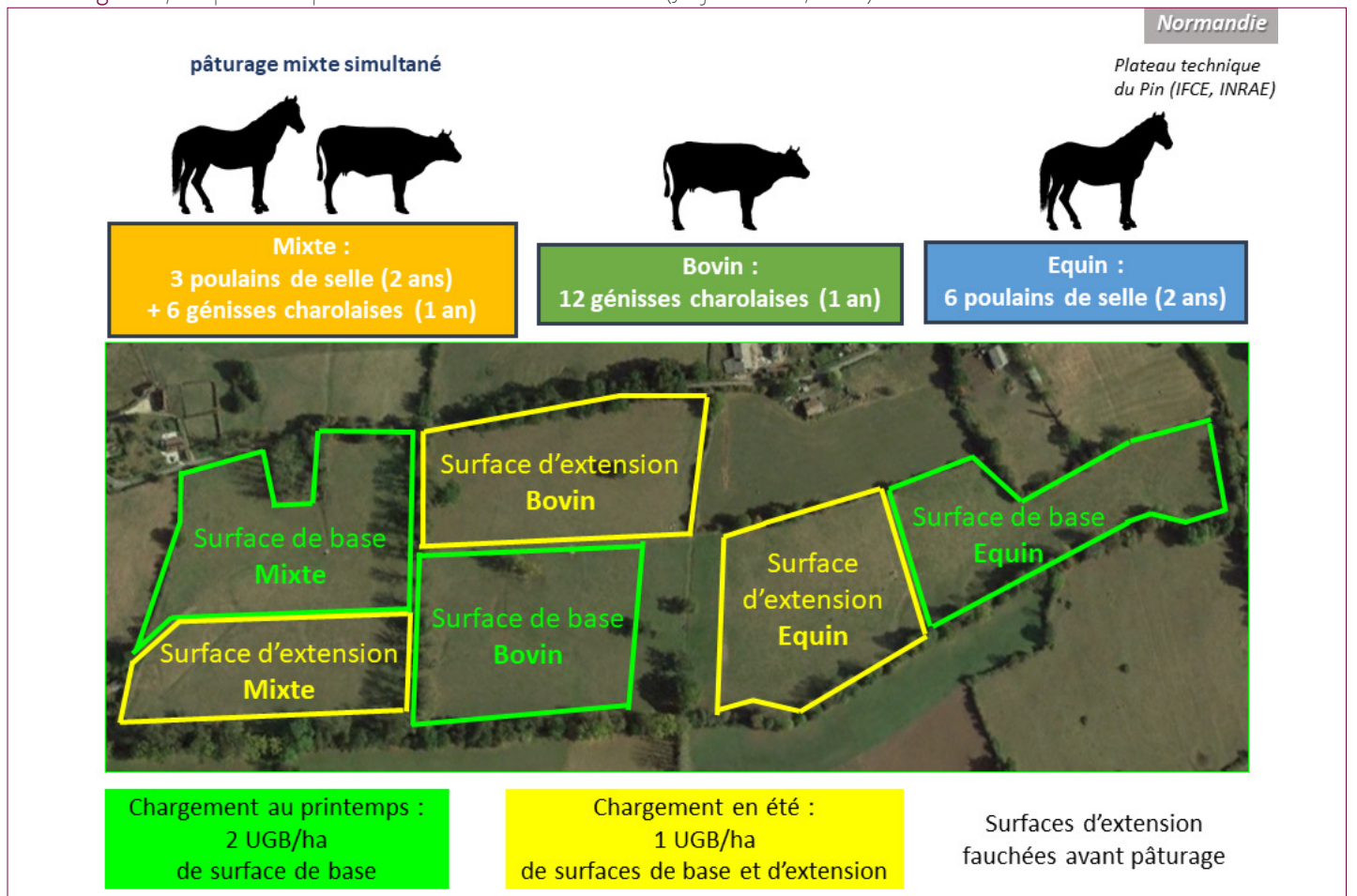


Figure 2 / Dispositif expérimental de l'étude en Normandie (Collas et al., 2022a). UGB signifie « Unité de Gros Bétail ». Dans cette étude, 1 cheval correspond à 1 UGB et 1 génisse correspond à 0,5 UGB.

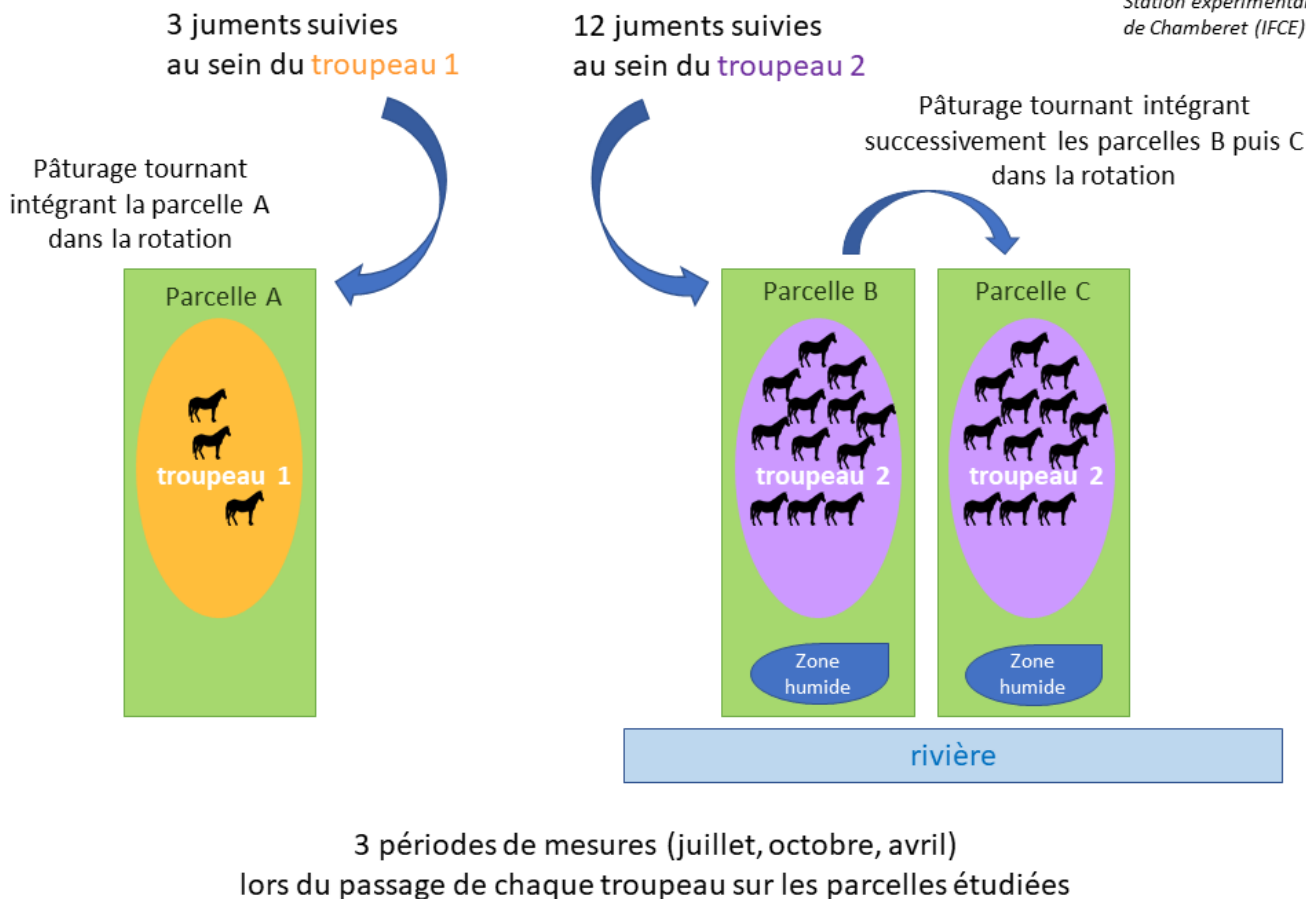


Figure 3 / Dispositif expérimental de l'étude en Corrèze (Collas et al., 2022b)

## MESURES ET PRÉLÈVEMENTS

Pour les trois études, l'évaluation de l'ingestion de sol chez les chevaux a nécessité des prélèvements de sol et d'herbe sur les parcelles expérimentales, ainsi que des prélèvements individuels de fèces. Le sol a été prélevé à la fin de chaque étude ; l'herbe et les fèces ont, quant à elles, été prélevées pour chaque mesure d'ingestion de sol. D'autres mesures ont été effectuées selon les besoins de chaque étude, en particulier les hauteurs d'herbe et la pesée des animaux.

## MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'INGESTION DE SOL

L'ingestion de sol de chaque animal a été évaluée en proportion de sol dans l'ingéré quotidien, selon l'algèbre proposée par Beyer et al. (1994). Un marqueur du sol a été dosé dans les différents échantillons de fèces, herbe et sol. Pour l'étude en Irlande, les cendres insolubles dans l'acide chlorhydrique (HCl) ont été utilisées comme marqueur interne du sol. Pour les études en France, le dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>) a été utilisé comme marqueur interne du sol. Le marqueur du sol ingéré doit être naturellement présent dans le sol, avec un fort ratio entre sa concentration dans le sol et sa concentration dans les aliments (ici l'herbe). De plus, le marqueur doit être indigestible pour pouvoir être dosé dans les fèces, sans pertes au cours des processus digestifs.

Pour l'étude en Irlande, l'ingestion (herbe + orge) a été évaluée par l'équation ci-dessous :

$$\text{Ingestion} = \text{production fécale} / (1 - \text{digestibilité})$$

La production fécale journalière a été évaluée par la récolte totale des fèces sur 24 heures, pendant 6 jours successifs. Les chevaux ont reçu 160 g de matière sèche (MS) d'orge quotidiennement afin de leur administrer également des petites billes plastiques colorées (indigestibles et approuvées pour le contact alimentaire) afin de pouvoir individualiser les fèces lors de leur collecte au pâturage. La digestibilité de l'ingéré a été estimée selon Mésochina et al. (1998) pour l'herbe ingérée, en appliquant une correction pour l'ingestion d'orge. La quantité de sol ingérée (g de sol sec par cheval et par jour) a ensuite pu être estimée à partir de la quantité totale ingérée et de la proportion de sol dans l'ingéré total.



Pour les deux études en France, l'ingestion de sol a été estimée en proportion de sol dans l'ingéré total. L'ingestion d'herbe n'a pas été évaluée. La quantité de sol ingérée (exprimée en g de sol sec par cheval et par jour) a donc été estimée en considérant une ingestion totale de 10,5 kg MS pour les chevaux en croissance de 2 ans (Normandie) et à hauteur de 2% du poids vif (environ 12 kg MS) pour les juments adultes à l'entretien ou en début de gestation (Corrèze) (Martin-Rosset, 2012).

## INGESTION DE SOL ET SES DÉTERMINANTS

D'après les trois études analysées au sein de cette synthèse, l'ingestion de sol chez le cheval représente en moyenne 3 à 4% de l'ingéré quotidien, soit environ 70 à 80 g de sol sec pour 100 kg de poids vif. Les résultats sont présentés dans le tableau 2.

En Irlande, il a été constaté que l'ingestion de sol augmentait avec la réduction de l'offre fourragère, comme pour d'autres herbivores (Collas *et al.*, 2019 ; Jurjanz *et al.*, 2012). Lorsque l'offre fourragère diminuait, la hauteur d'herbe de sortie diminuait aussi. Les chevaux ont ainsi pâturé plus ras pour couvrir leurs besoins et ont ingéré plus de sol. Les hauteurs d'herbe à l'entrée dans la parcelle étaient de 12,0 cm, 12,2 cm et 11,5 cm, et les hauteurs d'herbe à la sortie de la parcelle étaient de 3,1 cm, 4,1 cm et 4,4 cm pour les trois offres fourragères de 2%, 3% et 4% du poids vif, respectivement.

En Normandie, il n'a pas été observé de différences significatives d'ingestion de sol entre les chevaux du lot mixte (avec génisses charolaises) et les chevaux du lot non mixte. Les ingestions de sol ont varié au cours du temps, avec les plus faibles niveaux observés en été (juillet | 0,1% de l'ingéré, soit environ 10 g de sol sec par cheval et par jour) et les plus forts niveaux en automne (octobre | 6,7% de l'ingéré, soit environ 700 g de sol sec par cheval et par jour). L'automne correspond à la saison avec les hauteurs d'herbe les plus courtes (6-7 cm fin septembre vs 9-10 cm en moyenne sur toute la période expérimentale). Il s'agit également de la saison avec les précipitations les plus importantes, ce qui entraîne une surface du sol humide et un risque de salissure de l'herbe plus élevé. Les résultats de cette étude montrent une corrélation positive entre les ingestions de sol et les précipitations, et une corrélation négative entre les ingestions de sol et les hauteurs d'herbe.

En Corrèze, c'est également à l'automne (octobre) que les ingestions de sol étaient les plus élevées. En raison des fortes précipitations, cette période est également celle avec l'humidité du sol la plus élevée (26-34% vs 7-10% en juillet et 17-30% en avril). Les hauteurs d'herbe étaient de 12 à 25 cm à l'entrée des juments, et de 9 à 16 cm à la sortie, avec les valeurs les plus hautes en juillet et les plus courtes en octobre. Les ingestions de sol étaient corrélées positivement avec l'humidité du sol et négativement avec les hauteurs et la biomasse d'herbe.

Les résultats de ces trois études permettent de fournir les premières quantifications de l'ingestion de sol par les chevaux selon différents modes de conduite du pâturage et à différentes saisons.

Études	Traitement ou période <sup>1</sup>	10 <sup>ème</sup> – 90 <sup>ème</sup> percentiles <sup>2</sup>	Moyenne		
		% de la matière sèche totale ingérée	% de la matière sèche totale ingérée	g de sol sec / cheval / jour	g de sol sec / 100 kg de poids vif
Irlande (Jurjanz <i>et al.</i> , 2021)	2% du poids vif	3,8 – 5,2	4,5	648	107
	3% du poids vif	3,6 – 4,8	4,1	624	99
	4% du poids vif	2,7 – 4,5	3,8	543	89
Normandie (Collas <i>et al.</i> , 2022a)	Lot Equin	0,4 – 6,0	2,7	284	56
	Lot Mixte	0,6 – 4,8	2,2	231	46
Corrèze (Collas <i>et al.</i> , 2022b)	Octobre	2,2 – 12,9	7,1	824	141
	Juillet	1,3 – 4,3	2,6	316	52
	Avril	0,3 – 4,0	2,2	258	44

**Tableau 2** / Ingestions de sol journalières par les chevaux mesurées au cours des trois études. Pour l'étude en Normandie, les ingestions de sol sont mentionnées en moyenne pour les deux années 2019 et 2020. Pour les deux études en France, les ingestions de sol en quantité (g de sol sec par cheval, et pour 100 kg de poids vif) ont été estimées en considérant une ingestion totale de 10,5 kg MS pour les chevaux en croissance de 2 ans (Normandie) et à hauteur de 2% du poids vif (environ 12 kg MS) pour les juments à l'entretien ou en début de gestation (Corrèze).

(1) Les traitements et périodes sont détaillés dans la section « Approches méthodologiques » et les figures 1, 2 et 3.

(2) Le 10<sup>ème</sup> percentile correspond à la valeur pour laquelle 10% des données lui sont inférieures. Le 90<sup>ème</sup> percentile correspond à la valeur pour laquelle 90 % des données lui sont inférieures.

# CONSÉQUENCES POUR L'ÉLEVAGE DES CHEVAUX

## FACTEURS DE VARIATION ET IMPLICATIONS POUR LA GESTION DU PÂTURAGE



Figure 4 / Chevaux pâturent sur une zone de sol nu. Ce comportement les expose à l'ingestion de sol.  
© L. Briot / IFCE

Les différentes études ont mis en avant que la quantité de sol ingérée est influencée par les conditions de pâturage. La gestion du pâturage, en particulier la quantité d'herbe offerte, la hauteur d'herbe et la surface pâturée, ainsi que les conditions liées à l'environnement, en particulier l'humidité du sol, sont des facteurs de variation de l'ingestion de sol chez le cheval. Des facteurs de variation similaires ont été identifiés chez les bovins (Collas *et al.*, 2019 ; Jurjanz *et al.*, 2012) et les ovins (Abrahams et Steigmajer, 2003 ; Smith *et al.*, 2009). Ces facteurs ont des conséquences sur les déplacements et le comportement alimentaire de l'animal, comme

un pâturage plus ou moins proche du sol, ainsi que sur l'état de la ressource pâturée (*cf.* figure 4). Un sol humide associé au piétinement de l'animal peut engendrer une salissure de l'herbe. Par ailleurs, de fortes précipitations peuvent causer un effet « splash » par le rebond des gouttes d'eau qui entrent en contact avec le sol et entraînent avec elles des particules de sol qu'elles vont ensuite déposer sur l'herbe. L'ingestion de sol peut ainsi être directe, liée à un pâturage trop ras ou dans de plus rares cas à une ingestion volontaire pour combler un éventuel déficit en minéraux. Elle peut également être indirecte via l'ingestion d'herbe salie par des particules de sol. Les pratiques de pâturage sont un levier pour limiter l'ingestion de sol par le cheval. Il est ainsi recommandé de maintenir des conditions de pâturage favorables, avec une offre fourragère non limitée en quantité et en accessibilité (hauteur d'herbe). Si les conditions météorologiques ne sont pas favorables, il est recommandé d'offrir une surface suffisante pour limiter la dégradation et la salissure du couvert végétal. Par ailleurs, il est préférable de ne pas distribuer de compléments alimentaires (bloc de sel...) directement sur le sol.

## COMPARAISONS AVEC D'AUTRES ESPÈCES ANIMALES

Plusieurs études ont récemment été conduites pour évaluer l'ingestion de sol chez différents modèles animaux. Dans le cas de l'étude menée en Normandie, les génisses en pâturage continu ont réalisé une ingestion de sol d'en moyenne 4 à 10,4% de l'ingéré total quotidien (soit environ 54 à 133 g de sol sec par 100 kg de poids vif par jour). En Bretagne, des vaches laitières au pâturage au fil ont ingéré 1 à 5,8% de sol, soit 29 à 146 g par 100kg de poids vif (Jurjanz *et al.*, 2012). En Guadeloupe, des jeunes bovins pâturent à l'attache (avec déplacement quotidien du piquet) ont ingéré entre 2,1 et 9,3% de sol, soit 52 à 98 g par 100 kg de poids vif (Collas *et al.*, 2019 ; Jurjanz *et al.*, 2017). Des porcs sur parcours d'herbe ou de patates douces ont ingéré en moyenne 368 à 548 g de sol par 100 kg de poids vif (Collas *et al.*, 2023). Les études menées chez les bovins ont, comme chez les chevaux, mis en avant l'effet de la quantité d'herbe offerte et de l'humidité de la surface du sol sur l'ingestion de sol. Des animaux au comportement fouisseur, comme le porc, peuvent être plus exposés à l'ingestion de sol que des herbivores paiseurs comme les chevaux et les bovins.

## IMPLICATIONS POUR L'EXPOSITION AUX CONTAMINANTS DE L'ENVIRONNEMENT

En ingérant du sol, les chevaux ingèrent également les contaminants éventuellement présents dans celui-ci. Il peut s'agir de métalloïdes, d'éléments traces métalliques (Madejón *et al.*, 2009), de polluants organiques (pesticides, hydrocarbures...), de bactéries (Takai *et al.*, 2006) ou encore de radionucléides. Selon le type de contaminant et la dose ingérée, l'exposition peut induire des effets toxiques, des pathologies, une non-conformité lors des contrôles anti-dopage (arsenic) ou encore un transfert dans la viande ou le lait. Des analyses de sol des surfaces pâturées sont recommandées pour adapter les pratiques et limiter l'exposition.

Ces trois études ont permis les toutes premières quantifications de l'ingestion de sol chez le cheval (en moyenne 3 à 4% de l'ingéré quotidien, soit environ 70 à 80 g de sol sec pour 100 kg de poids vif). Selon les conditions, il a été observé que l'ingestion de sol pouvait être très faible (moins de 1% de l'ingéré quotidien) mais pouvait aussi augmenter à des niveaux relativement élevés (plus de 10% de l'ingéré quotidien). L'ingestion de sol est influencée par différents facteurs liés à l'animal, aux pratiques de pâturage et à l'environnement. Les trois études ont mis en avant que l'ingestion de sol était favorisée par une réduction de la quantité d'herbe offerte, une réduction de la hauteur d'herbe et/ou une augmentation de l'humidité du sol (liée à l'augmentation des précipitations, en particulier en période automnale). Une adaptation de la gestion du pâturage peut permettre de limiter l'ingestion de sol par les chevaux, ainsi que les conséquences néfastes de ce phénomène. Concernant l'exposition aux contaminants de l'environnement, le sol ingéré est une source importante mais l'ingestion d'autres matrices, notamment alimentaires (herbe et eau), peut constituer des voies d'exposition non négligeables et sont à considérer également.

## RÉFÉRENCES

- **ABRAHAMS P.W. and STEIGMAJER J.** (2003). Soil ingestion by sheep grazing the metal enriched floodplain soils of mid-Wales. *Environmental Geochemistry and Health*, 25, pages 17-24.
- **BEYER W.N., CONNOR E.E. and GEROULD S.** (1994). Estimates of soil ingestion by Wildlife. *The Journal of Wildlife Management*, 58, pages 375-382.
- **COLLAS C., BRIOT L., FLEURANCE G., DOZIAS D., LAUNAY F., FEIDT C. et JURJANZ S.** (2022a). Ingestion de sol par des poulains et des génisses en pâturage mixte ou monospécifique. Présenté lors des *Rencontres Recherches Ruminants*, 7-8 décembre 2022, Paris, France.
- **COLLAS C., GOURDINE J.L., BERAMICE D., BADOT P.M., FEIDT C. and JURJANZ S.** (2023). Soil ingestion, a key determinant of exposure to environmental contaminants. The case study of chlordecone exposure in free-range pigs in the French West Indies. *Environmental Pollution*, 316, page 120486.
- **COLLAS C., MAHIEU M., BADOT P.M., CRINI N., RYCHEN G., FEIDT C. and JURJANZ S.** (2020). Dynamics of soil ingestion by growing bulls during grazing on a high sward height in the French West Indies. *Scientific Reports*, 10(1), page 17231.
- **COLLAS C., MAHIEU M., TRICHEUR A., CRINI N., BADOT P.M., ARCHIMÈDE H., RYCHEN G., FEIDT C. and JURJANZ S.** (2019). Cattle exposure to chlordecone through soil intake. The case-study of tropical grazing practices in the French West Indies. *Science of The Total Environment*, 668, pages 161-170.
- **COLLAS C., PALLIER V., FEIDT C., DUBOIS C., WIMEL L., POPOT M.A., BAILLY-CHOURIBERRY L., FEUILLADE G. and JURJANZ S.** (2022b). Exposure of herbivores to arsenic from soil - the case of horses grazing on a geochemical anomaly. Presented at the SFE2-GfÖ-EEF joint meeting, 21-25 November 2022, Metz, France.
- **FEIDT C., FOURNIER A., COLLAS C., LERCH S., TOUSSAINT H., DELANNOY M., JURJANZ S. et RYCHEN G.** (2017). L'exposition des animaux d'élevage aux contaminants environnementaux : comment garantir la sécurité alimentaire ? *Le Nouveau Praticien Vétérinaire*, Élevages et Santé, Mycotoxines et risques environnementaux chez les ruminants, 9(37), pages 46-53.
- **FEUILLADE G., PALLIER V., COLLAS C., FEIDT C., DUBOIS C., WIMEL L., POPOT M.A. et BAILLY-CHOURIBERRY L.** (2022). [Quand l'environnement est source d'apport arsénié au cheval](#). Journées Sciences et Innovations Équines (JSIE), 2-3 juin 2022, Saumur, France, 4 pages.
- **FranceAgriMer** (2021). La consommation des produits carnés en 2020. Les données de FranceAgriMer 2020 - Viandes.
- **JURJANZ S., COLLAS C., LASTEL M.L., GODARD X., ARCHIMÈDE H., RYCHEN G., MAHIEU M. and FEIDT C.** (2017). Evaluation of soil intake by growing Creole young bulls in common grazing systems in humid tropical conditions. *Animal*, 11(8), pages 1363-1371.

- **JURJANZ S., COLLAS C., QUISH C., YOUNGE B. and FEIDT C.** (2021). Ingestion of soil by grazing sport horses. *Animals*, 11(7), page 2109.
- **JURJANZ S., FEIDT C., PÉREZ-PRIETO L.A., RIBEIRO FILHO H.M.N., RYCHEN G. and DELAGARDE R.** (2012). Soil intake of lactating dairy cows in intensive strip grazing systems. *Animal*, 6(8), pages 1350-1359.
- **JURJANZ S., GERMAIN K., JUIN H. and JONDREVILLE C.** (2015). Plant and soil intake by organic broilers reared in tree- or grass-covered plots as determined by means of n-alkanes and of acid-insoluble ash. *Animal*, 9(5), pages 888-898.
- **KILCOYNE I., DECHANT J.E., SPIERS J., SPRIET M. and NIETO J.E.** (2017). Clinical findings and management of 153 horses with large colon sand accumulations. *Veterinary Surgery*, 46(6), pages 860-867.
- **MADEJÓN P., DOMÍNGUEZ M.T. and MURILLO J.M.** (2009). Evaluation of pastures for horses grazing on soils polluted by trace elements. *Ecotoxicology*, 18, pages 417-428.
- **MARTIN-ROSSET W. et coord.** (2012). Alimentation des chevaux : Tables des apports alimentaires Inra 2011. Éditions Quae, 264 pages.
- **MÉSÓCHINA P., MARTIN-ROSSET W., PEYRAUD J.L., DUNCAN P., MICOL D. and BOULOT S.** (1998). Prediction of the digestibility of the diet of horses : evaluation of faecal indices. *Grass and Forage Science*, 53(2), pages 189-196.
- **POPOT M.A., LOUP B., MACIEJEWSKI P., REMY P., GARCIA P., BONNAIRE Y., BAILLY-CHOURIBERRY L., FEUILLADE G., PALLIER V., WIMEL L., DULUARD A., GADOT P.M. et BOURGUIGNON H.** (2018). [L'arsenic et le contrôle antidopage des chevaux](#). équ'idée, IFCE, 7 pages.
- **SMITH K.M., ABRAHAMS P.W., DAGLEISH M.P. and STEIGMAJER J.** (2009). The intake of lead and associated metals by sheep grazing mining-contaminated floodplain pastures in mid-Wales, UK : I. Soil ingestion, soil-metal partitioning and potential availability to pasture herbage and livestock. *Science of The Total Environment*, 407(12), pages 3731-3739.
- **TAKAI S., ZHUANG D., HUO X.W., MADARAME H., GAO M.H., TAN Z.T., GAO S.C., YAN L.J., GUO C.M., ZHOU X.F., HATORI F., SASAKI Y., KAKUDA T. and TSUBAKI S.** (2006). *Rhodococcus equi* in the soil environment of horses in Inner Mongolia, China. *Journal of Veterinary Medical Science*, 68(7), pages 739-742.