

Chiffres-clés sur le stockage carbone en lien avec les élevages en France

Gourlez E.¹, Dubois E.², Fossey M.³, Chambaut H.³, Sergy A.⁴, Espagnol S.¹

¹ IFIP Institut du porc ; ² ITAVI ; ³ IDELE Institut de l'élevage ; ⁴ Chambre d'agriculture de Bretagne

Le sol peut être considéré comme un réservoir de carbone organique, issu de la capture du carbone atmosphérique par photosynthèse des végétaux, puis restitué au sol par l'intermédiaire des matières organiques d'origine animale (déjections ou composts) après consommation par les animaux, ou des résidus végétaux (Gac *et al.*, 2010 ; Pellerin *et al.*, 2020). Des tendanciels d'évolution du stockage de ce carbone organique correspondent à l'évolution du stock de carbone sur une trentaine d'années compte tenu de l'état actuel de conduite des cultures et de gestion des prairies. Ils sont déterminés ici à base de coefficients issus de la bibliographie. La dynamique moyenne actuelle en France est un stockage annuel dans les prairies permanentes et un déstockage dans les surfaces en grandes cultures. Ce tendanciel moyen s'explique pour partie par les changements d'usage des sols : le retournement de prairies permanentes pour une utilisation en cultures seules ou incluant des prairies temporaires libère une partie du stock de carbone présent initialement dans le sol des prairies permanentes vers l'atmosphère (Pellerin *et al.*, 2020 ; Botton *et al.*, 2023).

Dans l'étude, nous appliquons des facteurs de stockage ou déstockage formalisés par Pellerin *et al.* (2020) aux surfaces dédiées à l'alimentation des animaux d'élevage sur le périmètre France : surfaces fourragères et surfaces dédiées à la production des aliments concentrés. Le périmètre d'étude n'intègre pas les surfaces d'importation hors France/Europe. En effet, les tourteaux, protéagineux et céréales importés ont des origines géographiques variables selon les cours des matières premières (optimisation de la formulation des aliments du commerce). Différentes approches coexistent par ailleurs dans la bibliographie internationale quant aux facteurs de stockage/déstockage à utiliser.

L'étude permet ici d'estimer la contribution des élevages français au stockage de carbone organique en métropole, cette contribution pouvant être considérée comme un service écosystémique des élevages, en particulier des ruminants, réduisant les émissions de gaz à effet de serre (GES) en captant une partie du CO₂ atmosphérique.

1. Méthodologie de calcul

Les valeurs de stockage annuel de carbone présentées concernent l'horizon de surface des sols entre 0-30 cm. Le calcul du stockage de carbone annuel pour les surfaces dédiées à l'alimentation animale est effectué en suivant la méthodologie décrite dans le rapport « 4 pour 1000 » (Pellerin *et al.*, 2020). Des types de valeurs sont considérées (Tableau 1), soit en se basant sur des mesures réalisées dans différents essais ou réseaux de surveillance en Europe (hypothèses issues de la base de données Agribalyse® 3.1.1), soit en se basant sur de la modélisation de l'évolution des stocks sous l'effet du climat et des conduites en France,

Chiffres-clés sur le stockage carbone en lien avec les élevages en France

Fiche 7

compte tenu des caractéristiques des sols et des occupations des sols en région (texture, taux de matières organiques actuels, pH...) (simulations de Pellerin *et al.* (2020)).

Dans le cas de la méthode Agribalyse®, un stockage de carbone est calculé pour une année de la façon suivante :

$$\text{Stockage C} = \text{Stockage tendanciel} + \text{Stockage additionnel}$$

kg C / an
kg C / an
kg C / an

- Le stockage tendanciel donne des évolutions du stock de carbone moyen en France par occupations de sol. Lorsque le chiffre est positif (Tableau 1), il y a un stockage tendanciel engendrant une augmentation de la quantité de carbone dans le sol ; lorsque le chiffre est négatif, il y a un déstockage tendanciel associé à une réduction du stock de carbone organique du sol. Une incertitude persiste sur ces valeurs de stockage tendanciel car nous ne disposons pas encore en France de la seconde campagne de mesure du réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS).
- Le stockage additionnel est lié à la mise en place de pratiques favorables au stockage, auparavant non-existantes. Elles engendrent davantage de carbone stocké annuellement que dans la situation moyenne tendancielle. Nous considérons ici uniquement le levier d'accroissement d'implantation des cultures intermédiaires dans les assolements incluant des cultures annuelles. La mise en place de cultures intermédiaires, pièges à nitrates (CIPAN), dans les rotations culturales n'est pas encore généralisée à son optimum par rapport au carbone séquestrable, elle est actuellement implémentée en région sous l'effet des exigences réglementaires de protection des ressources en eau (nitrates).

Le stockage tendanciel annuel total est calculé en considérant les surfaces liées à l'alimentation animale issues de la [fiche 3 - Chiffres-clés sur l'alimentation animale et les flux de matières premières des élevages en France](#).

Dans le cadre de la méthode Agribalyse®, le stockage additionnel annuel considéré pour les surfaces en cultures est de + 126 kg C/ha/an. Il correspond à une extension des CIPAN, permettant ainsi de réduire la durée pendant laquelle le sol est laissé nu. Elle repose sur l'hypothèse que la part de CIPAN était précédemment nulle (avant réglementation nitrates en zones vulnérables) et qu'elle atteint 7 % en 2006 en moyenne en France. D'après la dernière « Enquête pratiques culturales en grandes cultures et prairies » réalisée en 2017, cette part de CIPAN s'élève désormais à 9,1 % de la SAU. Nous calculons le stockage additionnel lié à ce changement de pratique ainsi :

$$\text{Stockage additionnel} = \text{Stockage additionnel lié au changement de pratique} \times 9,1\% \times \text{Surface de la culture française dédiée à l'élevage}$$

kg C / an
kg C / ha / an
ha

fiche 3

Chiffres-clés sur le stockage carbone en lien avec les élevages en France

Fiche 7

Tableau 1. Valeurs de stockages de carbone considérées (d'après Pellerin et al., 2020 (rapport 4 pour 1000) et Enquêtes Terres labourables, 2022)

Matière première	Valeurs AGB v 3.1.1				Valeurs simulations Pellerin et al. (2020)
	Stockage tendanciel (kg C / ha / an)	Stockage additionnel considéré ¹ (kg C / ha / an)	% CIPAN de la SAU France (2006)	% CIPAN de la SAU France (2017)	
Grandes cultures et prairies temporaires	- 170	+ 126	7 %	9,1 %	+ 47
Prairies permanentes	+ 110	0			+ 212

¹ Stockage additionnel calculé avec mise en place de 7 % de CIPAN supplémentaire

2. Quantité de carbone annuel stocké en France en lien avec les surfaces mobilisées pour l'alimentation des animaux d'élevage

En appliquant la méthode de stockage tendanciel Agribalyse (AGB v. 3.1.1.), les élevages de monogastriques (porcins et avicoles) engendrent un déstockage du carbone allant de -47 kt C/an, pour les élevages de poules pondeuses à -154 kt C/an pour les élevages de porcs en 2022 (Figure 1 a, b, c). Les élevages de ruminants, quant à eux présentent un bilan positif avec davantage de stockage de carbone que de déstockage (au total + 568 kt C/an pour tous les ruminants) lié à la valorisation de prairies permanentes dans leur alimentation (Figure 1 d, e).

En appliquant la méthode de stockage de Pellerin *et al.* (2020), les cultures liées à l'alimentation des animaux d'élevage sont à l'origine d'un stockage de carbone allant de +13,9 kt C/an pour les poules pondeuses à +2225 kt C/an pour les bovins. D'après cette méthode de calcul, le bilan est toujours positif : il n'y a pas de déstockage net du carbone.

Le stockage observé correspond à un captage équivalent de CO₂ de l'atmosphère et le déstockage à des émissions de CO₂ dans l'atmosphère (coefficient 44/12), ainsi des équivalences de CO₂ émis ou captés sont déterminées (Tableau 2).

Chiffres-clés sur le stockage carbone en lien avec les élevages en France

Fiche 7

Tableau 2. Stockage et déstockage du carbone et captage et émissions de CO₂ associées en lien avec les surfaces dédiées à l'alimentation animale en France

Filière animale	Approche AGB (v 3.1.1) pour le stockage tendanciel				Approche Pellerin et al., 2020 pour le stockage tendanciel	
	Flux annuel 2022, kt C/an		Equivalence en CO ₂ émis ou capté, kt éq CO ₂ /an ¹		Flux annuel 2022, kt C/an	Equivalence en CO ₂ émis ou capté, kt éq CO ₂ /an ¹
	Stockage	Déstockage	Captage de CO ₂	Emissions de CO ₂	Bilan	Captage de CO ₂
Porcs	0	154	0	565	45,6	167
Poules pondeuses	0	47	0	172	13,9	51,0
Volailles de chair et palmipèdes	0	80	0	293	23,8	87
Bovins	1 063	594	3898	2177	2225	8158
Petits ruminants	114	33	418	121	229	840
TOTAL alimentation animale	1 177	908	4316	3329	2537	9303
TOTAL SAU France	1 177	2345	4316	8598	2829	10373

¹ CO₂ = 44/12 C

Au final, en considérant la méthodologie Agribalyse, les surfaces liées à l'alimentation des animaux d'élevage en France présentent un bilan positif de stockage du carbone (+ 269 kt C /an stocké en 2022). En équivalent CO₂, les émissions sont de 3329 kt éq CO₂/an et le captage de 4316 kt éq CO₂/an soit une différence stockée de 987 kt éq CO₂/an.

En considérant la méthodologie de Pellerin *et al.*, 2020, l'élevage français, à travers son alimentation et les pratiques de culture, est responsable du captage de 2537 kt C (soit 9303 kt éq CO₂). Il y a donc un facteur 10 entre les deux approches

En revanche, à l'échelle de la France en considérant la SAU totale (animales et productions végétales directement pour l'alimentation humaine), un déstockage de carbone est observé (Figure 2).

Chiffres-clés sur le stockage carbone en lien avec les élevages en France

Fiche 7

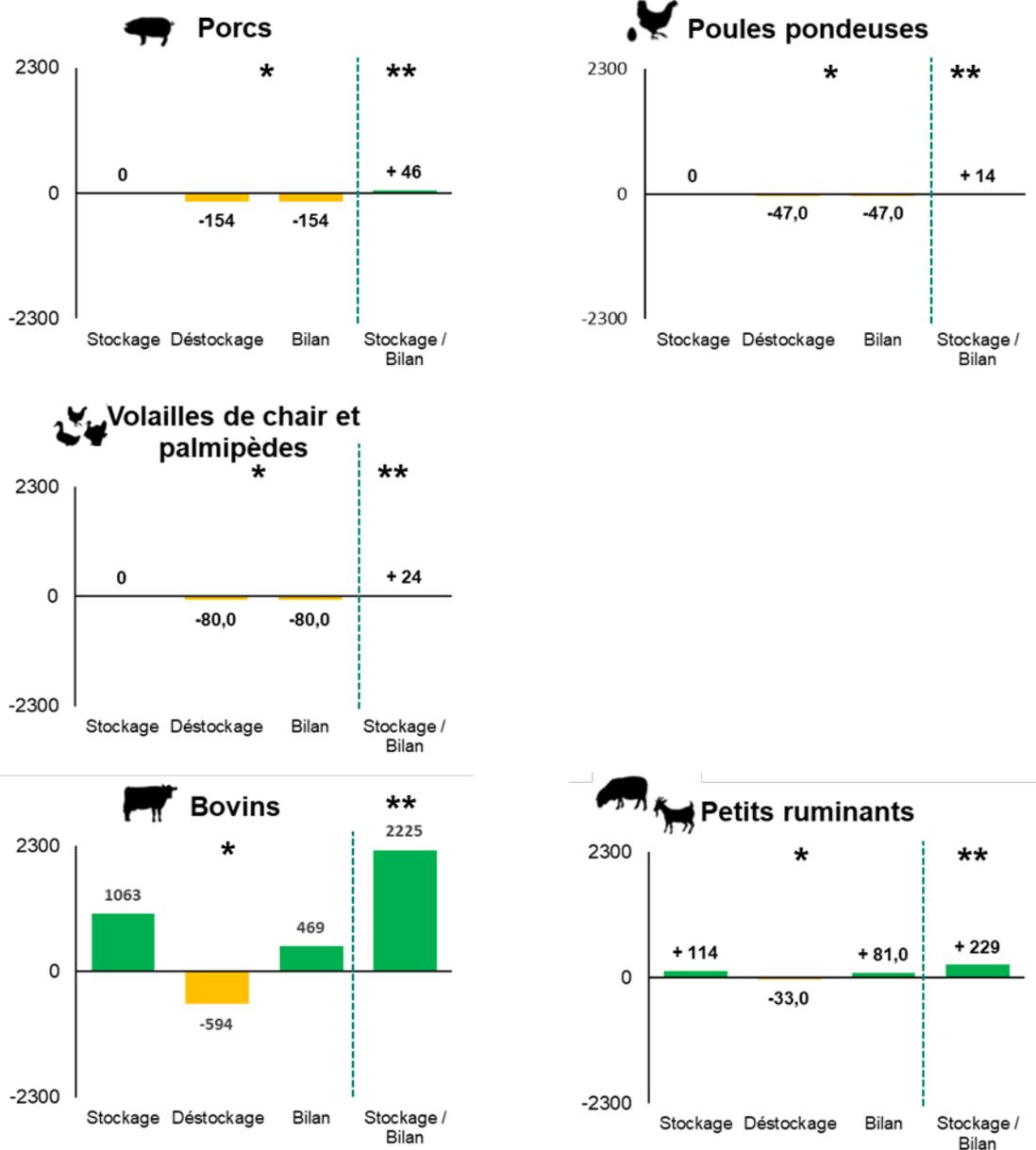


Figure 1. Stockage / déstockage de carbone lié à l'alimentation des animaux en 2022 (en kt de carbone) (* Stockage tendanciel selon Agribalyse v.3.1.1. ; ** Stockage tendanciel selon Pellerin *et al.*, 2020)

Chiffres-clés sur le stockage carbone en lien avec les élevages en France

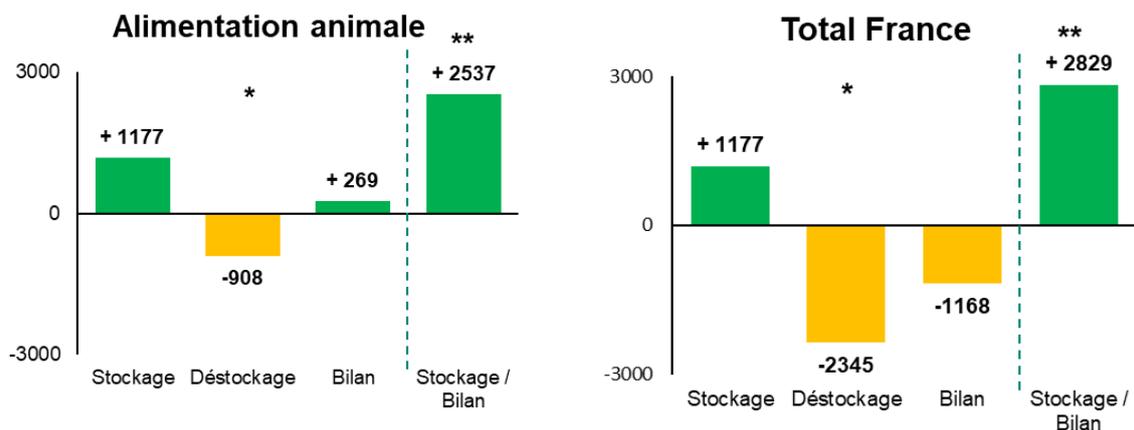


Figure 2. Carbone stocké en 2022 en France, en kt C (* Stockage tendanciel selon Agribalyse v.3.1.1. ; ** Stockage tendanciel selon Pellerin *et al.*, 2020)

Une modification de l'usage des terres agricoles peut modifier le flux net de carbone dans les sols. Ainsi, des pratiques stockantes et des potentiels de stockage additionnel associés ont été définis par Arrouays *et al.* (2002) et Pellerin *et al.* (2020). Ces potentiels de stockage additionnel concernent majoritairement les grandes cultures avec notamment la mise en place de l'extension des cultures intermédiaires ou la mise en place de haies. Boton *et al.* (2024) ont récemment développé une méthode d'estimation des émissions de GES associés à ces changements de pratiques et d'usage des terres à intégrer à la base de données Agribalyse®.

Chiffres-clés sur le stockage carbone en lien avec les élevages en France

Fiche 7

Remerciements pour la fiche

INRAE : X. Boton

Références

- Agreste 2020, Enquête pratiques culturales en grandes cultures et prairies 2017, Principaux résultats. 21p.
- Arrouays D, Balesdent J, Germon J-C, Jayet P-A, Soussana J-F, Stengel P., 2002. Contribution à la lutte contre l'effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?
- Boton X., Nitschelm L., ARVALIS - van der Werf H., 2023. Variations de stock de carbone organique du sol en analyse du cycle de vie - Agribalyse - Projet ACV Carbone. INRAE- (Gis Revalim), 52 p.
- Boton X., Nitschelm L., ARVALIS - van der Werf H., 2024. ACV Carbone – Modélisation des émissions de gaz à effet de serre liées aux usages et changements d'usage des terres pour la base de données d'inventaires de cycle de vie Agribalyse. RAPPORT FINAL. 66 p.
- Gac A., Dollé J-B., Le Gall A., Klumpp K., Tallec T., Mousset J., Eglin T., Bispo A., Peyraud J-L., Faverdin P., 2010. Le stockage de carbone par les prairies : Une voie d'atténuation de l'impact de l'élevage herbivore sur l'effet de serre. Institut de l'Elevage – INRAE, 12 p.
- Pellerin S., Bamière L., Launay C., Martin R., Schiavo M., Angers D., Augusto L., Balesdent J., Basile-Doelsch I., Bellassen V., Cardinael R., Cécillon L., Ceschia E., Chenu C., Constantin J., Darroussin J., Delacote P., Delame N., Gastal F., Gilbert D., Graux A-I., Guenet B., Houot S., Klumpp K., Letort E., Litrico I., Martin M., Menasseri S., Mézière D., Morvan T., Mosnier C., Roger-Estrade J., Saint-André L., Sierra J., Théron O., Viaud V., Grateau R., Le Perchec S., Réchauchère O., 2020. Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? Rapport scientifique de l'étude, INRA (France), 540 p.