

Carbone du sol en élevage de ruminants : quels niveaux de stock, quelle variabilité, quelles évolutions ? Enseignements du réseau de l'observatoire carbone des sols OCBO

CHAMBAUT H. (1), BRUN-LAFLEUR L. (2), DECAU ML. (3), ALLARD A. (4), COUILLEAU B. (5), DAVEAU B. (6), FOVIOT S (7), GUY F. (8). GAUTIER D (9), LECOEUR P. (10)., ABIVEN F. (11), LECANNELIE L. (12), CLIQUET J. (13)

(1) Institut de l'élevage, 42 rue Georges Morel, 49 071 Beaucouzé cedex, France

(2) Institut de l'élevage, Monvoisin, 35650 Le Rheu, France

(3) INRAE, FERLUS, Lusignan, France

(4) Centre d'élevage de Poisy, 74, France

(5) Ferme expérimentale de Derval, chambre d'agriculture 44, France

(6) Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou, chambre d'agriculture 49, France

(7) Chambre d'Agriculture Régionale des Pays de la Loire, 9 rue André Brouard, CS 70510, 49 105 Angers CEDEX 02

(8) Ferme expérimentale du CIRBEEF, Institut de l'élevage, 56 430 Mauron, France

(9) Ferme expérimentale du Mourier, 87800 Saint Priest Ligouère, France

(10) Ferme expérimentale de Trevarez, chambre d'agriculture 29, France

(11) Chambre d'agriculture, 79, France

(12) Ferme expérimentale de la Blanche Maison, chambre d'agriculture 50, France

(13) Coopérative agricole CAVEB, 79. France

RESUME

Dans un contexte de changement climatique, il est important de quantifier les stocks de carbone organique (C) en place dans les sols agricoles et suivre leur évolution. Le projet OCBO caractérise le stock de parcelles types des systèmes ruminants bovin lait (BL), viande (BV) et ovin viande (OV) et cherche à mieux comprendre les liens entre pratiques et stocks. 78 parcelles (40% BL, 40%BV, 20% OV) ont été prélevées en 2022/23 pour établir les stocks en surface (0-30 cm) et en profondeur jusqu'à 75cm. Le protocole comporte 3 répétitions de mesures distantes de 20m. Le stock moyen est de 107 TC/Ha. 77% du carbone se trouve dans les tentes premiers centimètres pour ces fermes basées majoritairement en basse altitude et en climat océanique. Il est corrélé à la texture fine, significativement plus élevé pour un usage fortement dédié à la prairie (> 75% du temps) et favorisé par sa durée. Les variabilités intra parcellaires sont importantes, y compris sur l'horizon supérieur dans une zone représentative choisie comme homogène par les préleveurs.

Au cours des dernières décennies, le pilotage des fermes a intégré les préconisations de bonne conduite inhérentes aux zones vulnérables. Certaines parcelles ont récemment mis en place des actions en lien avec le carbone : pâturage tournant dynamique, méthanisation, utilisation de plaquettes de bois en litière. Avec ces évolutions, les teneurs C de la couche supérieure (i.e 10, 25 ou 30 cm selon les fermes) ont augmenté pour 72% des parcelles. Le gain moyen annuel sur l'ensemble du réseau est de +0.15 Gc/Kg terre fine sur une vingtaine d'années d'observation ce qui témoigne d'une amélioration globale de la fertilité des sols et une tendance cohérente avec les lignes directrices du 4/1000.

Carbon sequestration in ruminant French farms: what C stock in surface and deep soil, which evolution of C rate in upper soil layer for the last decades? OCBO Network results.

CHAMBAUT H. (1), BRUN-LAFLEUR LB. (2), DECAU ML. (3), ALLARD A. (4). COUILLEAU B. (5), DAVEAU B. (6), FOVIOT S (7), GUY F (8). GAUTIER D. (9). LECOEUR P. (10)., ABIVEN F. (11), LECANNELIE L. (12), CLIQUET J. (13).

(1) Institut de l'élevage, 42 rue Georges Morel, 49 071 Beaucouzé cedex, France.

SUMMARY

In a context of climate change, it is important to quantify soil organic carbon stocks and follow its evolution. This is why "OCBO project" were set as an observatory of soil organic carbon in French cattle and sheep farming. The 78 fields used to feed ruminant (40% dairy cattle, 40% beef, 20% sheep, fields) were sampled in 2022-23, following a 3 sampling repetition and 3 soil layers depth, up to 75 cm. The carbon C stock is 107 TC/ha on average and 77% of it is in the first 30 soil centimeters. The fields with more than 75% of their use dedicated to grassland have the highest C stocks. C Stock are also related to soil texture and grassland length.

Over the last two decades, the C rate in upper layer (10, 25, 30 cm depending on farms) has been increasing in most of fields (72%), leading to an average yearly increase of +0.15 Gc/kg fine earth per year. Those trends are on line with the 4/1000 perspective.

INTRODUCTION

Le sol est un réservoir important de carbone (C) dont une augmentation régulière permettrait de compenser une partie non négligeable des émissions de gaz à effet de serres d'origine anthropique (Initiative 4/1000). En France où 37% des fermes sont consacrées à l'élevage en 2020, les animaux contribuent à la fertilité des sols via le retour au sol des

matières organiques (MO) et le maintien de prairies pour l'alimentation des ruminants. Ainsi, les grands bassins de production laitière (Bretagne, Normandie, Pays de la Loire) et de viande bovine (Ouest et Massif central), tout comme les zones pastorales de montagne, ont généralement des stocks C élevés. Par ailleurs sur ces dernières décennies, les modes de conduites des parcelles ont évolué sous l'influence i) de facteurs économiques se traduisant par une productivité accrue et impactant la gestion des systèmes fourragers en

région (Domingues et al 2019), ii) des réglementations de protection de la ressource en eau, iii) d'adaptations aux aléas climatiques. Les changements climatiques mondiaux influencent en eux même l'évolution du C des sols dès lors que deux facteurs se combinent (Beilloin et al, 2023). Dans ce contexte fluctuant, l'observatoire OCBO établi en 2021, cherche à rassembler des données historiques sur les fermes de ruminants en France métropolitaine, fournit des repères rétrospectifs d'évolution des teneurs en C du sol résultant d'une bonne gestion dans le contexte décrit et réalise un état précis des stocks C afin de de revenir mesurer des évolutions.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 RESEAU DE PARCELLES

OCBO est constitué de 78 parcelles issues de 9 fermes expérimentales/centres techniques et de 10 éleveurs (sites 6 et 7 fig.1). Il est positionné sur deux des quatre zones caractéristiques de l'évolution des territoires en France, telles que définies par Domingues et al 2019, avec 59% des parcelles en zone à forte 'intensification de l'élevage' et 41% sur celle de 'spécialisation herbivore' (Massif central, zone de montagnes à l'Est). Principalement en plaine ou sur collines et en climat océanique franc, altéré et dégradé, les températures y sont douces (tab.1). Les fermes les plus à l'est ont des minimaux inférieurs. La pluviométrie varie d'un facteur 2 selon un axe nord/sud, la proximité de l'océan et des reliefs.

Tab 1 : Climat moyen des zones avec parcelles OCBO

Carte	Département	Nb ¹	Pluie ² Mm/an	T min ³	T max
1	50	8	1016	8.6	13.5
2	29	8	1166	8.4	13.5
3	56	8	777	8.2	14.2
4	44	7	763	8.5	14.9
5	49	8	674	8.7	15
6	85	10	845	9.2	15.1
7	79	11	786	8.2	14.7
8	87	15	950	7.8	14.3
9	71	8	922	7.2	14.1
10	74	9	1333	5.2	12.8

¹ Nombre de parcelles OCBO

² Pluviométrie moyenne de la zone, rayon de 20km autour de la ferme

³ Médianes annuelle des minimum journaliers (i.e maxi)

Les fermes présentent différents systèmes d'élevage par la nature des animaux présents (petits/gros ruminants), les productivité lait/viande, la gestion des surfaces (part de SAU dédiée aux cultures annuelles ou prairies) et mode de production (Bio/conventionnel). Leurs stratégies sont adaptées aux contraintes pédoclimatiques.



Bovin lait (BL), Bovin viande (Rouge), Ovin viande (vert)

Figure 1- Localisation des fermes des parcelles OCBO

Les systèmes herbagers font une large place aux prairies permanentes en Normandie (BL-1), dans le limousin (OV -8), et dans le mâconnais (BV-9). Dans la zone sud Bretagne/Poitou, les conditions plus favorables au maïs ensilage et aux céréales, soutiennent la production des vaches laitières (4) et l'engraissement des bovins sur des cycles plus

courts (mâles laitiers (3) et allaitants (6) Etablères). Dans les fermes orientées en grande culture, les petits ruminants sont une opportunité pour valoriser des couverts ou implanter des prairies de très courte durée pour casser les cycles ((7) CA 79). Plus à l'Est sur l'arc alpin, la ferme de culture-élevage de Poisy (10) présente un système laitier basé à la fois sur des prairies permanentes valorisant des sols pentus et de grandes cultures. Ces choix de système se traduisent dans les parcelles par un temps plus ou moins long dédié à la prairie et aux cultures annuelles au fil du temps (Fig.2). La sélection des parcelles pour OCBO a veillé à en être représentatif.

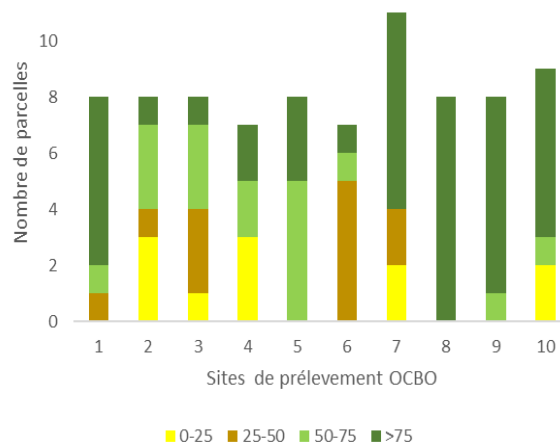


Figure 2- Classes d'usages selon les sites OCBO : proportion d'années dédiées à de la prairie sur la parcelle

Le pilotage a évolué sur ces dernières décennies. Dans les années 1995-2005, l'ajustement des apports de fertilisants minéraux et l'optimisation des épandages organiques sont améliorés par la mise aux normes des bâtiments. Le traitement des excédents structurels territoriaux ou l'arrêt d'ateliers hors sol se répercute sur les ressources exogènes de C entrant sur les fermes de ruminants, représenté ici en Bretagne (2 BL anciennement avec lisier de porc), et en Vendée (6_Bois, BL anciennement avec fumiers de volailles). L'élevage biologique se développe. 14% des parcelles OCBO sont AB, en viande bovine (5, conversion>15 ans) et en lait ((2) et (6) conversion<15 ans).

83 % des parcelles OCBO sont en fermes expérimentales et disposent de plan de fertilisation, adaptés aux récoltes mesurées dans les parcelles. Le pâturage y est maîtrisé en pâturage tournant. OCBO représente les modes d'exploitation avec/sans coupes mécaniques et mixte ainsi que différents profils d'animaux pâturant. Plus récemment (1-8 ans), des techniques de transition bas carbone sont implémentées : du pâturage tournant dynamique afin d'accroître l'herbe valorisée au pré (7- CAVEB), l'utilisation de bois plaquette de haies pour de la litière des animaux (6 en BL et BV). La méthanisation modifie les formes de retour des PRO dans les parcelles (4-biogaz avec séparation phases liquide/solide). Sans être exhaustif, le réseau OCBO se veut donc être le reflet d'un panel d'évolutions passées et en cours dans les bassins d'élevage avec un pilotage viable et soucieux de limiter les impacts environnementaux induits.

Sols des parcelles OCBO

L'élevage valorise des territoires diversifiés, aux potentialités modestes à bonnes, généralement moindre qu'en bassin grandes cultures. OCBO reflète une diversité de sols avec des profondeurs parfois systématiquement faibles (3 à 100% de parcelles sondables à 30 cm) ou au contraire plus profondes (10 93% sondables à 75 cm). Les taux d'éléments grossiers de 17% en moyenne peuvent être faibles (8) ou abondants, avec des parcelles dépassant les 25% sur le quartile supérieur (tab.2). La texture fine varie avec une moyenne de 20% d'argile (min/max 5- 67%), 33% en sables (2-83%), un pH de légèrement acide 6.25 (5-11). La sélection des parcelles a cherché à être représentative des sols de la ferme (texture,

cailloux, profonds) sans pouvoir représenter la gamme d'hydromorphie.

Tab 2 : Sol des parcelles OCBO

carte	Profond. % 75cm ¹	EG (%) ²	pH eau	Argile ³	Sables ³
1	27	18 9-26	6	20 17-21	28 24-32
2	30	23 19-27	5.8	23 21-24	23 20-26
3	0	17 8-27	6.1	22 19-24	29 27-34
4	62	16 11-21	6.4	23 20-25	32 28-35
5	0	20 13-26	6.3	14 12-17	41 35-51
6	11	21 16-26	5.8	16 14-18	37 29-45
7	24.5	14 3-25	6.2	16 11-20	53 38-64
8	0	4 2-5	6.3	16 13-19	58 54-63
9	54	10 5-15	9.8	48 42-55	27 20-33
10	93	13 11-15	7.5	24 22-25	29 26-33

¹ % Parcelles ayant pu être sondées jusqu'à un horizon (50-75 cm)

² Eléments grossiers (> 2mm, en % massique) de l'horizon supérieur

³ Texture de la terre fine (%) : **moyenne** et **quartiles inf. et sup.**

1.2. MESURE DU STOCK C ACTUEL

Des prélèvements de sols visant à quantifier l'état du stock en carbone organique ont été réalisés aux printemps 2022/23, selon un protocole commun INRAE URF3P Lusignan. La mesure de densité apparente du sol est faite par excavation manuelle à la pelle et mesure du volume à l'eau. Le tamisage du sol sec excavé pour déterminer la masse des éléments grossiers (particules >à 2mm) est réalisé sur un échantillon d'au moins 3 kg de terre sèche et après homogénéisation mécanique du sol sec. L'analyse physico chimique est réalisée sur un aliquote de terre prélevé à la tarière agronomique, à une distance de deux mètres en 4 points autour du point de densité apparente. 90% des analyses ont été effectuées par un même laboratoire agréé, en voie sèche. Le stock C est quantifié jusqu'à 75 cm avec 3 répétitions des mesures (densité, tamisage, physico chimie). Ces placettes sont situées dans une zone représentative de la parcelle (pentes, éloignement des bordures, humidité, hors présence d'anciennes haies et talus) et distantes de 20 m chacune. Le chiffrage du stock utilise l'équation 3 du guide FAO 2019 où intervient la densité de sol, le taux massique d'éléments grossier et la teneur C organique de la terre fine.

1.3 EVOLUTION DES TENEURS C RETROSPECTIVE

Le choix des parcelles pour OCBO a privilégié celles avec un nombre élevé de dates d'analyse de sol préexistant. En effet, la tendance d'évolution des teneurs C au fil des ans est représentative de l'impact de l'activité d'élevage sur le sol si la période de mesure couvre à minima un cycle complet de rotation. En élevage, des phases de culture alternent avec la prairie, le cycle se réalise sur une dizaine d'années. Sur certaines fermes, les parcelles cultivées ont pu historiquement être privilégiées pour le suivi de la fertilité du sol et il a alors été nécessaire d'être moins exigeant quant au nombre d'analyses disponibles afin d'intégrer des prairies permanentes, elles aussi représentatives de l'exploitation. Chez les éleveurs innovants, une seule analyse antérieure datant d'au moins 5 ans était exigée. Ces parcelles serviront à l'avenir à suivre les évolutions liées à l'implémentation de la

nouvelle conduite. Enfin, lorsque plusieurs parcelles ayant des utilisations similaires étaient disponibles, on a sélectionné celles dont les teneurs en C et leurs évolutions étaient représentatives du groupe.

Les profondeurs de prélèvements historiques varient entre 25 ou 30 cm selon les sites, sauf pour (9) qui réalisait un suivi sur 10 cm en prairie permanente. Le prélèvement 2023 OCBO a donc été réalisé en sous horizons 0-10-30-50-75 sur ce site. Le cheminement précis de prélèvement intra parcelle est rarement tracé de façon homogène dans le temps. Les modalités sont généralement connues sur la dernière décennie (i.e diagonale, croix, cercles représentatifs) mais ont pu varier dans l'historique. Lorsque le lieu d'analyse est cartographié et stable (i.e. prélèvement en cercle noté sur un plan), il n'est pas géoréférencé avec précision sur les dates anciennes, les GPS étant moins accessibles il y a 30 ans. Par ailleurs, les laboratoires et leur méthode d'analyse ont pu varier. Enfin, il n'a jamais été réalisé de mesure historique de densité apparente de sol. Ces différentes imprécisions sont néanmoins représentatives de la façon dont a été piloté le suivi agronomique des parcelles en France sur ces dernières décennies. Aussi, les valeurs d'évolutions des teneurs C présentées ici doivent être considérées comme des tendances entachées d'incertitudes. Nous analyserons des tendances relatives par groupe. In fine, c'est l'évolution globale des teneurs dans les surfaces gérées par l'élevage qui sert d'indicateur de la pression de cette activité agricole sur le sol.

2. RESULTATS

2.1. STOCK DE CARBONE

Le stock dans les parcelles varie de 87 à 110 TC/Ha selon les usages (tab 3). 77 % du stock est situé dans les trente premiers centimètres de sol.

Tab 3 Stock moyens de carbone organique en surface et sur le profil de sol sondable selon l'usage, hors site 2*

Classes (% prairie)	Stock C <30 cm (T/Ha)	Stock C <75 cm (T/Ha)
0 -25	66	103
25 -50	70	87
50- 75	72	92
75 - 100	82	110

*Le site (2) est exclu de l'analyse, un problème de mesure de densité s'étant opéré sur cette ferme.

La présence abondante de prairie (classe>75) est favorable à un stock de carbone plus important (test statistique Welsch significatif). Cependant, à l'intérieur de chaque classe d'usage, des niveaux de stock très différents sont observables (fig.3), illustrant l'effet du pilotage des parcelles sur le long terme inhérentes aux systèmes d'élevage et aux milieux (tab4).

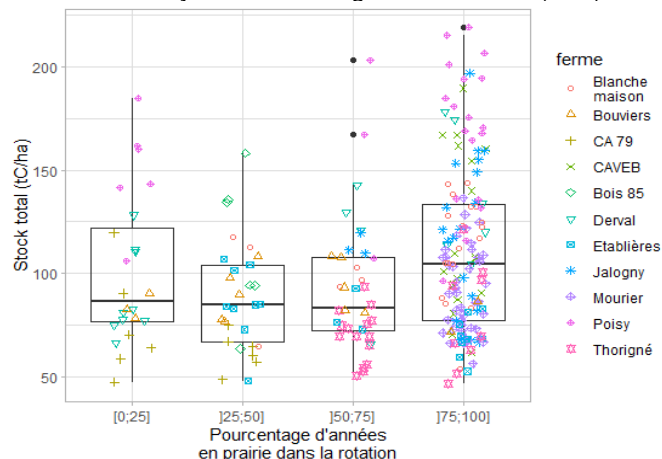


Fig 3 : Stock total de C organique selon l'usage

Usage dominé par les cultures (classes 0-20- 50) :

Les parcelles dédiées à la fourniture d'aliments énergétiques concentrés ou fourrager ont peu de prairie ou de courte durée.

Généralement choisies pour leur meilleur potentiel, elles sont rarement superficielles et leur fertilisation combine fréquemment fertilisation minérale et organique. Les stocks les plus élevés se trouvent sur les sites laitiers (10-Poisy, 4-Derval, 6_éleveur bio en de bois litière et 1_Normandie). Les niveaux les plus bas de stock de cette catégorie correspondent aux parcelles céréalières valorisées occasionnellement par un pâturage ovin, pratique récemment mise en route, dans un contexte plus favorable à la minéralisation (sol léger, températures minimales douces).

Usage dominé par la prairie (50-75-100) :

Les deux classes dominées par l'usage en prairie sont différentes, l'une avec des prairies de moyenne durée (4.7 ans), l'autre avec durées trois fois supérieures, ce qui laisse le temps à une diversification de la flore. Le maïs ensilage est moins présent, un an de céréale pouvant venir lors du renouvellement de prairies de longue durée ou des méteils et protéagineux alternant avec les prairies de moyenne durée comme en AB. L'impasse en fertilisation minérale, plus fréquente dans la classe (50-75), s'explique par un moindre besoin d'apport sur cultures du fait des arrière-effets lié au retournement. L'AB s'appuie sur ce processus pour fournir des aliments énergétiques aux animaux sans intrants. La classe en prairie de longue durée est davantage représentées dans les fermes allaitantes.

Les stocks les plus élevés s'observent i) à l'Est, sur les prairies permanentes de Poisy au climat humide (pousse de l'herbe) et froid (moins minéralisation), en système allaitant à Jalogny sur des sols plus argileux (48%), ii) en Normandie au climat humide et doux, favorable au maintien de prairies permanentes, iii) sur plusieurs parcelles en pâturage tournant dynamique depuis 8 ans (CAVEB-7). Celles-ci présentent des stocks élevés dans un climat séchant l'été d'où un arrêt fréquent de la pousse de l'herbe sur des sols en moyenne peu pourvus en argile (16%) et légers (53% sables), facteurs à priori défavorable au stock.

Tab 4 Gestions des parcelles par classe d'usage

Classes de parcelles (%prairie)	0-25	25-50	50-75	>75	
Nombre parcelle en ferme	BL	8	4	7	16
	BV	1	6	11	25
	OV	2	2	0	15
Maïs ensilage (% ans cultures)	66	34	14	1	
Durée des prairies moy. (an)	1.8	3	4.7	14	
% parcelle Sans ferti minérale)	0	17	28	14	

Les Facteurs explicatifs du stock C 0-30 cm :

Le nombre total d'années dédiées à la prairie ainsi que l'âge moyen des prairies sont positivement corrélés au stock (37 parcelles dont l'assolement est connu depuis 8 à 15 ans, p value 0.012). Les stocks sont aussi corrélés positivement aux taux d'argile et négativement aux sables. Les coefficients de corrélation sont modérés dans ce type d'analyse mono factoriel puisque les effets milieu et gestion se croisent.

La variabilité intra parcellaire du stock C :

Les écarts de stock entre les placettes d'une parcelle sont souvent forts pour un même usage, comme on peut l'observer sur des conduites à forte dominance de la prairie (fig. 4 à droite). Les sols plus souvent travaillés par les engins agricoles peuvent aussi présenter de fortes variations sur cet horizon supérieur de sol. Ainsi, un écart de 20TC/ha est fréquemment atteint sur 30cm. Ceci est moins fréquent sur le second horizon (30-50 cm), du fait de sa moindre épaisseur mais aussi parce que la teneur en C a fortement baissé avec la profondeur. Les écarts y sont davantage reliés aux niveaux prélevables.

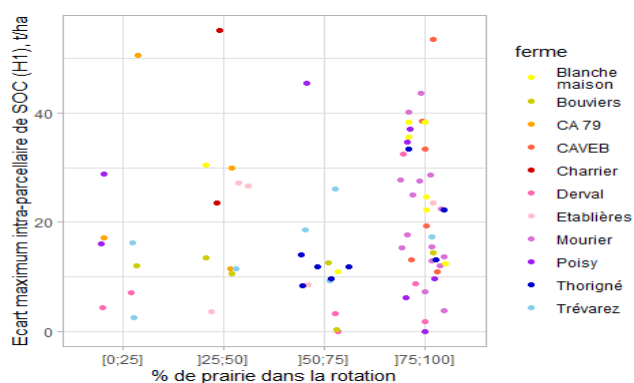


Fig 4 : Ecart de stock mesuré sur les trente premiers centimètres entre les placettes d'une même parcelle

2.2. EVOLUTION DES TENEURS DE C ORGANIQUE

La tendance d'évolution des teneurs en carbone organique a été calculée sur la durée maximale possible. Les parcelles OCBO disposent d'une antériorité d'analyse variable, d'une douzaine d'années pour celles consacrées à plus de 75% du temps à la prairie à une trentaine d'années pour les classes à usage culture majoritaire (tab 5). Sur l'ensemble des parcelles du réseau, la valeur médiane indique une augmentation des teneurs annuelle de +0.15 g C/an par kilo de terre fine, et +0.19 g C/kg terre fine/an en moyenne. Cette activité agricole a donc été bénéfique au maintien de la fertilité des sols mobilisés.

Tab 5 : Evolution des teneurs en carbone par usage

Classe prairie %	Parcelle	Durée d'observation	Evolution moyenne annuelle
	Effectif	An (Médiane)	g C org./an/kg TF (Médiane)
Tous	77	19	+0.15
0-25	9	30	-0.019
25 - 50	11	34	+0.087
50-75	17	25	+0.059
75-100	39	12	+0.30

Les tendances d'évolution des teneurs en C organique par classe d'usage sont contrastées. Les parcelles fortement dominées par les cultures voient leur teneur C baisser sur 30 ans. La couverture des sols encouragée depuis les années 95 et l'apport raisonné de fertilisants n'ont pas permis d'accroître les taux de carbone comme cela a pu être le cas sur les classes avec au moins 25% de prairies.

La catégorie d'usage ayant le plus fort accroissement des teneurs sont les parcelles dédiées à la prairie (plus de 75%).

Les parcelles peuvent aussi être groupées par classe croissante de teneur C à la première date où celle-ci a été mesurée pour chaque parcelle (tab.6).

Tab 6 : Evolution selon l'état initial (médianes)

Parcelle	C initial*	Durée *d'observation	% classe > 75	Evolution * Rétrospective connue
	Corg (g/kg)	An		C org g/an/kg
Tous	22.5	19.0	52%	+0.15
Tiers inf	14.7	23.5	42%	+0.18
Médian	22.5	23.0	52%	+0.15
Tiers sup	35.0	12.5	62%	+0.096

On note que les parcelles avec beaucoup de prairies sont représentées dans les 3 catégories ainsi créées. La classe de parcelles initialement la moins bien dotée en carbone organique est celle qui s'est le plus enrichie sous le pilotage des élevages ces vingt dernières années. Néanmoins, les parcelles initialement les plus riches en matières organiques

ont aussi vu leurs teneurs s'accroître honorablement, autour de +0.1 g C/kg terre fine an sur cette décennie.

Enfin, les parcelles peuvent être rattachées à leur production (lait/viande) ou à leur conduite (bio/conventionnel) tab.7. On constate que la fertilité des parcelles s'est maintenue ou améliorée pour plus des deux tiers des parcelles, quel que soit la filière animale et le mode de production. La vigilance doit être portée à l'avenir sur les parcelles à profil déstockant.

Tableau 7 Trajectoire des parcelles selon les filières animales : % (dé)stockant sous hypothèse de densité de sol inchangée

% Parcelles	Stockant*	Déstockant*	Equilibre*
Conventionnel	71	24	6
Bio	80	0	20
BL	62	35	3
BV	74	12	15
OV	100	0	0

* Les parcelles sont classées dans un profil dit 'stockant' à partir du moment où la tendance de teneur en C org. annuelle est positive et supérieure à 0.01, respectivement déstockant lorsque inférieure à -0.01, et à l'équilibre sinon.

3 DISCUSSION

3.1 APPROCHE GLOBALE DE L'ELEVAGE

La forte variation de stock intra parcellaire, déjà observées sur un nombre plus limité de situations dans les sites INRAE (SOERE ACBB), est une information importante à diffuser auprès des éleveurs afin que ceux-ci enregistrent précisément les lieux de prélèvement dans leurs parcelles pour un suivi agronomique ou pour une modélisation des gains carbone.

Sur l'horizon 0-30cm les fermes OCBO sont représentatives des stocks médians de leur région (RMQS), voir au-dessus de la moyenne, compte tenu de l'usage dominant.

Les parcelles OCBO dont les teneurs en carbone organique se sont élevées sur les dernières décennies ont un accroissement moyen de +0.47 g C/Kg Terre fine, alors que celles en baisse affichent une pente un peu plus élevée (-0.57 g C/kg TF). Cependant les parcelles en baisse de teneur sont nettement moins fréquentes (27% des cas). Ainsi l'augmentation moyenne annuelle des teneurs en C des sols sur l'ensemble du réseau OCBO, rapportée au niveau initial des teneurs, correspond à un gain de 6.6 pour mille. Rapporté à la teneur en fin de période, ce gain moyen correspond à une hausse relative de 5,9 pour mille. Les conduites raisonnées d'élevage de ruminant de ces fermes ont répondu favorablement aux lignes directrices de l'initiative 4/1000 sur ces dernières décennies, sous réserve d'une densité apparente inchangée globalement et pour les zones représentées. Ce chiffrage est à prendre avec prudence du fait d'incertitudes énoncées mais il est positif de constater qu'une gestion viable économiquement et responsable contribue à l'enrichissement des sols en MO. Il n'est pas encore possible de positionner ces résultats par rapport au RMQS (en finalisation des seconds prélèvements), ni des bases d'analyses issues des laboratoires (BDAT) qui représentent davantage les sols cultivés (moins les parcelles à forte dominance de prairie comme sur OCBO). Cette tendance stockante est cependant cohérente avec les cartes dressées par Pellerin et al 2019 dans la situation de référence 'business as usual' qui reproduit par modélisation les conduites agricoles statistiquement enquêtées sous le climat observé ces dernières décennies. Enfin, il est rassurant de noter que l'approche simplifiée développée dans le cadre des plans filière pour encourager les éleveurs à réduire les émissions de GES agricole tout en préservant les stocks (CAP2ER N2), appliquées sur les parcelles OCBO, aurait aussi conclu à qualifier les parcelles OCBO de stockantes en majorité.

3.2 RUMINANTS A L'HERBE

Les parcelles les plus fortement dotées en carbone organique initialement dans l'échantillon OCBO ont progressé en teneur de C entre 2.7 et 2.6 pour mille (début- fin de période sur 12 ans). Dans cette catégorie, 62% des parcelles correspondent à une forte présence de prairie (> 75% du temps). Les stocks des parcelles avec prairie de longue durée sont en moyenne les plus élevés des parcelles d'élevage. Celle-ci sont valorisées dans OCBO par du pâturage (4 à 6 passages par an en moyenne selon les filières animales) et une coupe par an (ou moins). Ces données montrent l'intérêt de poursuivre ces conduites d'élevage en zone de plaines et collines mais ne peuvent être extrapolées aux territoires différents (élevage d'altitude, climats méditerranéens par exemple). En Suisse, Keel et al 2024 ne dégagent pas de tendance à l'accroissement des stocks sur prairies permanentes d'altitude avec les conduites actuelles. En Australie, McDonald et al 2023, n'ont pas réussi à préconiser un mode de conduite de pâturage influençant plus favorablement le stockage de C dans ce pays au climat très contrasté, alors que des variations étaient observables sur la biomasse. Une synthèse internationale (Beiloin et al 2023) montre que prairies intensivement pâturées sont moins stockantes que celles plus extensives, le non-pâturage conduisant en lui-même au niveau de stockage supérieur. Ces tendances générales montrent l'intérêt de trouver un équilibre entre activité nourricière des territoires et fonction de régulation climatique.

CONCLUSION

Les mesures réalisées dans OCBO servent de point de repère sur l'impact de l'activité des ruminants dans deux bassins d'élevage aux trajectoires dites intensive et à spécialisation herbivores en France ces dernières décennies. Il assoit une méthode de prélèvement à trois répétitions sur trois profondeurs, coûteuse en temps, mais nécessaire compte tenu de l'hétérogénéité du sol des parcelles d'élevage. A l'avenir, il est souhaité élargir le réseau afin de couvrir d'autres régions. Un programme sur le massif Alpin, Decarbon'Alp, suit une démarche similaire et des éleveurs ont réalisé des mesures allégées dans le cadre de programmes de développement animés par l'institut de l'élevage. Ces initiatives permettront à l'avenir de mieux connaître la diversité des situations et de les relier aux pratiques agricoles courantes en l'élevage. Une meilleure connaissance est primordiale pour mieux évaluer leurs impacts sur la séquestration du carbone organique dans le sol à l'avenir.

Nous remercions les éleveurs ayant mis à disposition leurs parcelles, les agents des sites expérimentaux et conseillers ayant contribué aux prélèvements de sol ou à leur tri sur le site à INRAE Lusignan, soit 3800 kilos de terre générés dans le projet.

JP Domingues, T.Bonaudo, B. Gabrielle, C.Perrot, Y.Tregaro, M.Tichit. INRA Prod. Anim.2019, 32 (2), 159-170.
S. Pellerin, L.Bamière, C. Launay, R. Martin, M. Schiavo, D. Angers et al 2020. Rapport scientifique de l'étude, INRA, 540 p.

Beilouin, D., Corbeels, M., Demenois, J. et al. Nat Commun 14, 3700 (2023).

FAO. 2019 Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. Rome, FAO. 170 p.

S. E. McDonald, W. Badgery, S.Clarendon, S.Orgill, K. Sinclair, R. Meyer, D. Bowen Butchart, R. Eckard, D.Rowlings, P. Grace, N. Doran-Browne, S. Harden, A. Macdonald, M.Wellington, A. Nahuel Alejandro Pachas, R.Eisner, M.Amidy. Nov. 2023

S.G.Keel, C.Ammann, D., Bretscher, T. Gross, T. Guillaume, E. Huguenin, J.Moll-Mielewicz, T.Nemecek, A.Roesch, M.Volk, C.Wüst-Galley, J.Leifeld. Agroscope Science 189, 2024