



HAL
open science

Cadrage de modèles d'affaires possibles pour la mise en œuvre d'un démonstrateur carbone. Rapport ADEME. Convention n*18-03-C0034.

Mathieu Nogues, Mirabelle Husson, Grousset Paul, Suzanne Reynders,
Jean-Francois Soussana

► To cite this version:

Mathieu Nogues, Mirabelle Husson, Grousset Paul, Suzanne Reynders, Jean-Francois Soussana. Cadrage de modèles d'affaires possibles pour la mise en œuvre d'un démonstrateur carbone. Rapport ADEME. Convention n*18-03-C0034.: Démonstrateurs territoriaux du stockage de carbone dans les sols. Rapport final livrable 2/3 (Mai 2021). [Rapport Technique] INRAE; LISIS; NATAÏS. 2021. hal-03230793

HAL Id: hal-03230793

<https://hal.inrae.fr/hal-03230793>

Submitted on 31 May 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License



© P. Van Hilff - Shutterstock.com



Cadrage de modèles d'affaires possibles pour la mise en œuvre d'un démonstrateur carbone

Démonstrateurs territoriaux du stockage de carbone dans les sols
Rapport final livrable 2/3 - [Mai 2021]

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier les experts externes qui ont apporté leurs précieuses contributions : Laure Bamière, Catherine Brocas, Anne-Marie Joliet.

CITATION DE CE RAPPORT

Nogues M., Husson M., Grousset P., Reynders S., Soussana J.-F. 2021. Cadrage de modèles d'affaires possibles pour la mise en œuvre d'un démonstrateur carbone. Rapport ADEME. 58p. Convention n°18-03-C0034. DOI : 10.15454/fc2z-7d70

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION.....	7
1.1.	Le marché volontaire du carbone en Europe.....	7
1.2.	Le développement du marché volontaire du carbone	7
1.3.	La valeur du carbone volontaire en Europe	9
1.4.	La valeur tutélaire du carbone	9
1.5.	Le potentiel et le coût de stockage carbone dans les sols français	10
1.6.	Les barrières et freins au développement de projets volontaires du carbone	12
1.7.	Les différents modèles de démonstrateurs carbone	13
2.	LE FINANCEMENT DU STOCKAGE CARBONE PAR UNE ENTREPRISE AGROALIMENTAIRE DANS SA CHAÎNE DE VALEUR.....	14
2.1.	Présentation du modèle	14
2.2.	L'exemple de Nataïs	15
2.2.1.	Présentation de l'entreprise Nataïs	15
2.2.2.	Le projet Naturellement Popcorn	16
2.2.3.	Engagements entre Nataïs et les agriculteurs des parcelles pilotes	17
2.2.4.	La stratégie de mise à l'échelle de Nataïs	17
2.2.5.	Barrières, solutions et besoins d'accompagnement des agriculteurs.....	19
2.2.6.	Le développement d'une prime carbone par Nataïs.....	23
2.2.7.	Perspectives de Nataïs.....	28
2.2.8.	Bilan du modèle NATAÏS	29
3.	AGREGATION DES CREDITS CARBONE PAR UN ORGANISME TIERS.....	30
3.1.	Présentation du modèle	30
3.2.	France Carbone Agri Association (FCAA).....	31
3.2.1.	Présentation du projet.....	31
3.2.2.	Pratiques mises en place :	32
3.3.	Le fond de réduction des émissions en Australie	35
3.3.1.	Présentation du projet.....	35
3.3.2.	Pratiques mises en place.....	35
3.3.3.	Méthodologie de quantification et de vérification de mesures	36
3.3.5.	Bilan du modèle australien	37
3.4.	Le marché du carbone en Alberta	38
3.4.1.	Présentation du projet.....	38
3.4.2.	Pratiques mises en place.....	38
3.4.3.	Modèle économique	38
3.4.4.	Bilan du marché carbone en Alberta.....	40
4.	AGREGATION DES CREDITS PAR UNE PLATEFORME	41
4.1.	Présentation du modèle	41
4.2.	Soil Capital.....	41
4.2.2.	Pratiques mises en place :	42

4.2.3.	Méthodologie de quantification et de vérification de mesures	42
4.2.4.	Modèle économique	42
4.3.	Svensk Kölinlagring.....	43
4.3.1.	Présentation du projet :.....	43
4.3.2.	Pratiques mises en place.....	43
4.3.3.	Méthodologie de quantification et de vérification de mesures.....	44
4.3.4.	Modèle économique :	44
4.3.5.	Bilan du cas Svensk Kölinlagring	44
5.	LE FINANCEMENT CITOYEN DE PROJETS STOCKANT DU CARBONE.....	45
5.1.	Présentation du projet.....	45
5.2.	Pratiques mises en place :	45
5.3.	Méthodologie de quantification et de vérification de mesures	45
5.4.	Bilan du cas Ecotree	46
6.	CONCLUSION.....	47
7.	FICHES DE PROJET CARBONE DU SOL AVEC VALORISATION ECONOMIQUE EXISTANTE.....	49
8.	BIBLIOGRAPHIE :	55

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude était de d'analyser les différents modèles d'affaires et de chaîne de valeur d'un démonstrateur carbone, les barrières, besoins d'accompagnements et de connaissances rencontrés par ces agents tout en prenant en compte le cadre légal et économique propres à chacun. L'étude a été portée sur le territoire français métropolitain et en Europe, mais également en Australie et Alberta où les marchés carbone du sol sont bien développés. Dans cette étude, les modèles d'affaire suivants ont été étudiés : le financement du stockage carbone par une entreprise agroalimentaire dans sa chaîne de valeur, l'agrégation des crédits carbone par un organisme tiers, l'agrégation des crédits par une plateforme et Le financement citoyen de projets stockant du carbone.

Il résulte de cette étude que de nombreux modèles économiques apparaissent ou sont déjà fortement implantés. Certains projets financent eux même l'adoption de pratiques stockantes afin de contribuer à la lutte contre le changement climatique et d'améliorer la qualité des sols agricoles. D'autres se regroupent auprès d'agrégateurs (associations, entreprises, coopératives) qui permettent non seulement de bénéficier d'économies d'échelles (frais administratif, monitoring, vérification) mais également de faciliter l'accès au système de crédit carbone aux agriculteurs. Certaines plateformes servent de place de marché des crédits carbone permettant de faciliter la vente et l'achat de crédit.

Si le nombre de modèles économiques et de projets prolifère, il semble que les porteurs de projets éprouvent des difficultés à trouver des acheteurs. La question se pose donc de l'avantage apporté par l'acquisition de ce genre de crédits. En effet, si l'achat de ces produits dépend de la volonté des financeurs et que ces réductions d'émissions ne sont ni échangeables ni remboursables alors les principaux intérêts se trouvent au niveau de la communication pouvant être effectué par les entreprises acheteuses et dans la préservation de leur chaîne de valeur face au changement climatique.

Certaines données économiques n'ont pas été obtenues dans le cadre de cette étude rendant difficile une analyse complète du coût et des bénéfices des agriculteurs s'étant lancés dans cette démarche. Afin que l'adoption de ces pratiques stockant du carbone soit la plus large possible, il est important que les agriculteurs touchent une rétribution à la hauteur des risques et des investissements effectués (matériel et immatériels). Il serait donc intéressant d'analyser plus en détail leur retour sur investissement.

Dans cette étude, les modèles économiques reposant sur des labels alimentaires bas carbone n'ont pas été étudiés. Il serait intéressant de développer ultérieurement cet aspect.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyse the different business models and value chain of a carbon demonstrator, the barriers, support and knowledge needs encountered by these agents while taking into account the legal and economic framework specific to each. The study was carried out in France and Europe, but also in Australia and Alberta where soil carbon markets are well developed. In this study, the following business models were studied: financing of carbon storage by an agri-food company in its value chain, aggregation of carbon credits by a third-party organisation, aggregation of credits by a platform and citizen financing of carbon storage projects.

As a result of this study, many business models are emerging or are already well established. Some projects finance the adoption of carbon-storing practices in order to contribute to the fight against climate change and improve the quality of agricultural soils. Others join forces with aggregators (associations, companies, cooperatives) which not only allow them to benefit from economies of scale (administrative costs, monitoring, verification) but also to facilitate access to the carbon credit system for farmers. Some platforms serve as carbon credit marketplaces to facilitate the sale and purchase of credits.

While the number of business models and projects is proliferating, it seems that project owners are having difficulty finding buyers. The question therefore arises as to the advantage of acquiring this type of credit. Indeed, if the purchase of these products depends on the will of the financiers and these emission reductions are neither tradable nor refundable, then the main interests lie in the communication that can be made by the purchasing companies and in the preservation of their value chain in the face of climate change.

Some economic data were not obtained in this study, making it difficult to fully analyse the costs and benefits of farmers adopting these practices. In order to ensure the widest possible adoption of these carbon-storing practices, it is important that farmers receive a reward commensurate with the risks and investments made (material and immaterial). It would therefore be interesting to analyse their return on investment in more detail.

In this study, economic models based on low-carbon food labels have not been studied. It would be interesting to develop this aspect at a later stage.

1. Introduction

L'objectif de ce livrable est d'analyser les différents modèles d'affaires des démonstrateurs carbone. Un démonstrateur carbone repose sur une chaîne de valeur pouvant impliquer selon les cas des agriculteurs, des agrégateurs, des acheteurs, des organismes techniques et scientifiques et un certificateur. La rémunération du carbone stocké peut se faire de plusieurs manières, telles que le financement d'une entreprise intégrant des agriculteurs dans sa chaîne de valeur, la vente de crédits carbone, grâce à un label apposé sur un produit alimentaire ou encore en utilisant le stockage carbone pour la mise en avant d'un produit financier (voir le cas Ecotree).

1.1. Le marché volontaire du carbone en Europe

Le marché carbone de la contribution volontaire est un marché ouvert qui permet aux acteurs particuliers ou privés de commercialiser ou de vendre des crédits de CO₂e. L'achat de ces crédits n'est pas obligatoire et dépend de la volonté d'entreprises, de collectivités locales ou de particuliers de compenser une partie ou la totalité de leurs émissions. C'est un marché qui est en pleine croissance car il permet aux entreprises de développer des politiques rigoureuses basées sur des labels privés ou nationaux.

Un nombre croissant de projets sont réalisés dans ce cadre afin de rémunérer la réduction des émissions voire le stockage de carbone. Pour qu'un projet soit accepté par l'un des labels existants, il est nécessaire qu'il corresponde à différents critères. Il doit :

- **Être additionnel**, c'est-à-dire que la quantité de CO₂e réduite/ stockée est supérieure à ce qui aurait été obtenu sans le développement et le financement de ce projet
- Mesurer et vérifier la quantité de CO₂ évitée/ stockée
- **Garantir le caractère unique des crédits carbonés** émis. Toute réduction d'émission ou stockage d'émission ne doit être comptabilisé qu'une seule fois par un label. Un crédit émis = 1 tonne de CO₂e stockée/évitée.
- Être transparent et permettre la vérification des émissions de CO₂e séquestrées / évitées.

1.2. Le développement du marché volontaire du carbone

Le marché volontaire du carbone (« *Voluntary Carbon Market* » (VCM)) est encore très récent. En effet, le premier registre de contribution carbone volontaire *l'Environmental Resources Trust* (qui sera renommée *America Carbon Registry* en 2007) a été lancé aux États-Unis en 1996 et les premiers certificats carbonés ont été émis en 1997 par le projet « *Scole'te* » et vendus à la Banque mondiale et à la *Formula 1 Association*. Progressivement, d'autres registres nationaux et labels privés ont été créés [2] tels que :

- **En 2001** : le registre californien de l'action pour le climat (qui se divisera en 2009 en *the Climate Registry* et en *the Climate Action Reserve*)
- **En 2003** : le lancement du Gold Standard (GS) par WWF et plusieurs ONG internationales ayant pour but d'assurer l'intégrité et le développement du marché volontaire
- **En 2005** : la *Climate Action Reserve* adopte le premier protocole (Forest Project Protocol v1.0) qui introduit la gestion forestière dans le marché carbone
- **En 2007**: le Verified Carbon Standard (VCS) par l'International Emissions Trading Association (IETA), The Climate Group et le World Business Council for Sustainable Development. Une des caractéristiques principales du programme VCS a été le lancement du système de rabais VCS AFOLU qui prenait en compte les risques de non maintenance du stockage afin de garantir la permanence des crédits
- **En 2008** : le standard Plan Vivo et de la fondation Plan Vivo chargée d'attribuer des certificats Plan Vivo
- **En 2011** : le *Woodland Carbon Code* est un standard développé et géré par le gouvernement du Royaume-Uni et qui s'applique uniquement sur son territoire. Ce code applique les normes mondiales combinée à la législation propre au

Royaume-Uni et a été le premier projet domestique approuvé par l'*International Carbon Reduction and Offset Alliance* (ICROA)

Entre la fin des années 1990 et 2016, le marché volontaire du carbone évolue d'un nouveau marché qui développe de nouvelles règles et standards vers un marché consolidé qui a fait évoluer ses pratiques et a réussi à engager le secteur privé. De nouveaux types de projets (forêts, énergie, etc.) liés de plus en plus au développement durable apparaissent et se développent sur une plus large diversité géographique. La ratification du protocole de Kyoto en 2005 lance une vague d'investissements de projets visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans les pays en voie de développement et le développement de premières règles visant à assurer l'intégrité du marché carbone volontaire.

En 2012, la fin de la première période d'engagement du protocole de Kyoto couplée à la crise financière de 2008, diminue drastiquement la demande pour des crédits d'émissions dans le *European Union Emissions Trading Scheme* (EU ETS) et le prix de ces crédits chute également. De nombreux porteurs de projets se tournent alors vers le marché volontaire du carbone dont l'activité est croissante. En 2016, le développement de la taxe carbone en Colombie est également une étape clé du développement du VCM pour deux raisons. Tout d'abord, la Colombie est le premier gouvernement qui autorise des organisations privées à acheter des crédits carbone au lieu de payer la taxe carbone. Ensuite, le gouvernement colombien est le premier gouvernement à accepter dans son cadre réglementaire, l'ensemble des règles et des procédures établies par le *Gold standard* et le programme VCS, leaders dans la détermination des standards du VCM.

Enfin en 2016, la ratification de l'accord de Paris et l'adoption du programme de développement durable par les Nations Unies représentent une nouvelle ère pour la protection du climat. Ces deux événements sont des appels à l'action forts pour la protection de la planète et de l'environnement et fixent aux pays signataires des objectifs clairs. En effet, les parties engagées dans l'accord de Paris se sont engagées à atteindre collectivement la neutralité carbone au cours de la seconde moitié du 21^{ème} siècle. Chaque pays signataire doit également communiquer sur les contributions à la lutte contre le réchauffement climatique qu'il prévoit de réaliser et prendre des mesures internes pour atténuer ces émissions. A partir de cette période, la demande des entreprises en crédit carbone augmente et l'émission de crédits dans le VCM a été en forte croissance de 2017 à 2019 (voir figure n°1). Entre le lancement du VCM et la fin de 2019, le marché avait atteint plus de 608 millions de tonnes de CO₂e en termes de réduction ou d'absorption des émissions.

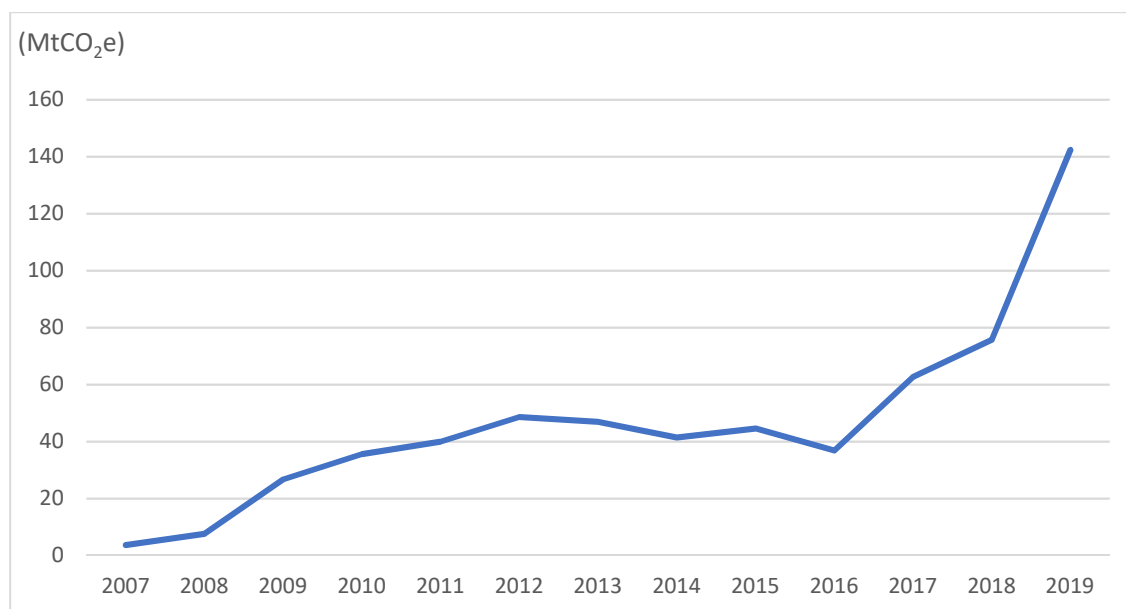


Figure 1 : Émissions de réductions d'émissions (MtCO₂e) sur le marché volontaire mondiale (source : France Stratégie, 2020)

1.3. La valeur du carbone volontaire en Europe

Les coûts des crédits carbone dépendent de différents facteurs tels que :

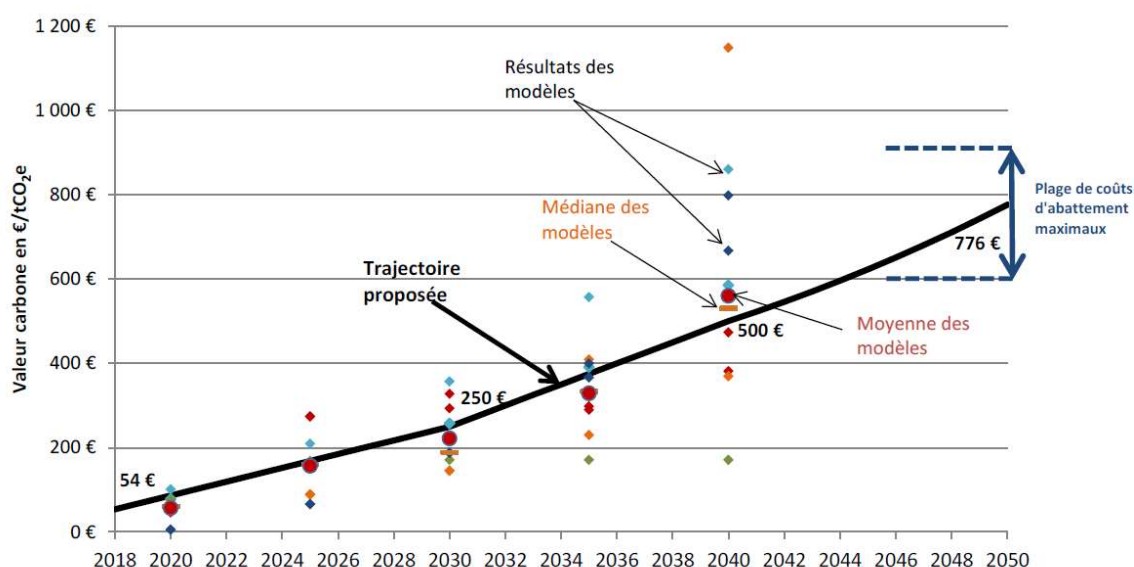
- **Les types de pratiques implantées** : certaines pratiques agricoles telles que la plantation de haies par exemple coûtent plus cher que d'autres.
- **La zone** où les projets sont réalisés : les crédits carbone vendus dans les pays en développement sont moins chers qu'en Europe.
- **Les préférences des acheteurs** qui peuvent dépendre du lieu de production des crédits, du type d'activité, des co-bénéfices.
- **Le type de transaction** : des crédits achetés en grande quantité auront tendance à être vendus moins chers que des crédits achetés en petite quantité.

Les projets européens sont en moyenne plus petits que les projets carbone internationaux. Ils présentent des prix plus élevés avec une moyenne de 13€/tCO₂e (prix compris entre 6€/tCO₂e et 110€/tCO₂e) en Europe contre 6€/tCO₂e sur les marchés internationaux (prix compris entre de 0,4 €/tCO₂e à 72€/tCO₂e)¹.

1.4. La valeur tutélaire du carbone

La valeur tutélaire du carbone correspond à la valeur de l'action pour le climat, c'est-à-dire à la valeur donnée à l'évitement de l'émission d'une tonne équivalente de CO₂. Elle a pour objectif de servir de référence dans la conception des politiques de décarbonation de l'ensemble des secteurs. La définition de la valeur tutélaire du carbone permet de faire le tri entre les actions les plus pertinentes à mettre en place. Toutes les actions ou projets dont le coût serait inférieur à cette valeur seraient donc à prioriser. D'après le rapport de la commission présidée par Alain Quinet [4], cette valeur est de 87 euros la tonne de CO₂e en 2020 (voir figure 2) soit de 319 €/tC . Elle serait de 250 euros en 2030, 500 €/tCO₂e en 2040 et 775 €/tCO₂e en 2050. Post-2050, la valeur tutélaire serait ensuite considérée comme constante.

Figure 2 : évolution de la valeur tutélaire du carbone (source : France Stratégie)



¹ Gabriella CEVALLOS, Valentin BELLASSEN, Julia GRIMAULT, Domestic carbon standards in Europe, 2019 : <https://www.i4ce.org/download/domestic-carbon-standards-in-europe/>

Comme la valeur tutélaire du carbone peut aujourd'hui être encore inférieure au coût de certains projets agricoles, l'augmentation très rapide de cette valeur dans les prochaines années devrait permettre de démontrer l'intérêt d'une grande partie des projets agricoles.

1.5. Le potentiel et le coût de stockage carbone dans les sols français

L'initiative 4 ‰ lancée par la France lors de la conférence de Paris, propose d'augmenter annuellement le stock de carbone présent dans les sols du monde de 0,4% afin de contribuer à l'objectif de réduction des émissions. Le stock actuel de carbone organique dans les sols français est estimé à 3,58 Gt (soit 13 400 MtCO₂) de carbone pour l'horizon 0-30cm [5]. Une augmentation de 4‰ par an du stock de carbone organique des sols permettrait de compenser 12% des émissions de GES annuelles française. L'étude « 4 pour 1000 France » réalisée par INRAE en 2019 à la demande de l'ADEME et du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation a permis d'estimer, grâce à une modélisation agronomique et économique, le potentiel de stockage additionnel et le coût associé à neuf pratiques agricoles. Avec la méthode de calcul utilisée dans cette étude, il est estimé, sans modification de l'usage des sols ni des produits agricoles et forestiers, que les stocks de carbone totaux des sols agricoles français augmentent de 2,3‰ par an avec une forte incertitude (-0,2 ‰ à +3,2 ‰ par an). Toutefois, cette augmentation est compensée par les changements d'usage des sols tels que l'artificialisation des sols et le retournement des prairies qui ont un effet négatif sur le stockage de carbone des sols français. La figure n°3 montre une valeur du stock de carbone contrastée sur l'ensemble du territoire due aux utilisations des sols, au climat et au type de sol.

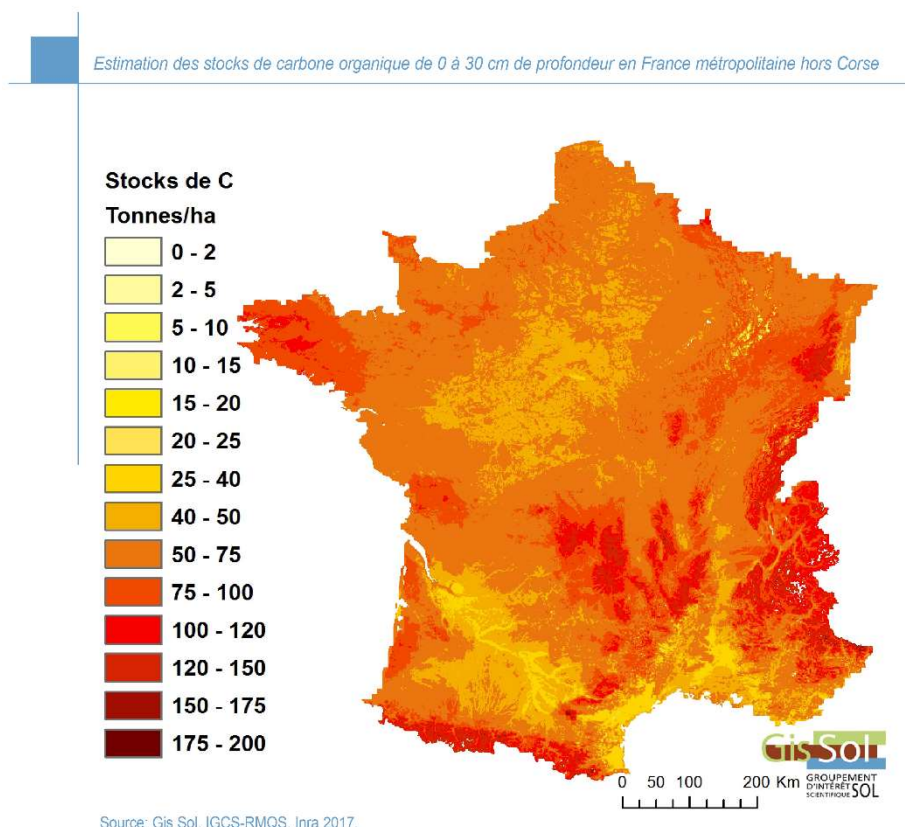


Figure 3 : Estimation des stocks de carbone organique dans les 30 premiers centimètres de sols de France métropolitaine (hors Corse) (Données accessibles via : Manuel Martin, 2019, « La carte nationale des stocks de carbone des sols intégrée dans la carte mondiale de la FAO », <https://doi.org/10.15454/JCONRJ>, Portail Data Inra, V1

Sur le territoire français :

- Les sols forestiers totalisent 38 % du stock total et ont tendance à stocker du carbone.
- **Les prairies permanentes représentent 22% du stock total** et le stockage de carbone y est stable ou en légère hausse.
- Les prairies temporaires et les grandes cultures agglomèrent 26,5% du stock total. En Europe, il est estimé que les sols de grandes cultures ont subi un déstockage moyen de 170 kgC/ha/an pour la période 1967-2007.
- Les 13,3% restant du stock total sont stockés dans des types d'occupation divers.

La mise en œuvre de neuf pratiques stockantes a été étudiée dans le cadre de l'étude 4 pour 1000 (simulation sur 30 ans, sous climat actuel, sans modification de l'occupation des sols et sans transformation profonde des exploitations agricoles). Ces pratiques permettraient un stockage additionnel annuel de +1,9‰ tous usages du sol confondus sur horizon 0-30 cm. Le stockage additionnel est surtout possible en grandes cultures et dans une moindre mesure en prairies permanentes. Pour les forêts, aucune pratique agricole permettant de stocker plus de carbone n'a pu être identifiée par cette étude. Les objectifs concernant les forêts seraient donc de maintenir les stocks de carbone existants ainsi que les pratiques permettant leur entretien. Sur 0-100 cm, sous hypothèse additivité des pratiques :

- 87,4% du stockage additionnel pourrait être réalisé en grande culture grâce à la mise en place de cinq pratiques (voir tableau n°1). L'implantation de couverts végétaux est la pratique qui a été identifiée comme ayant le stockage additionnel le plus important sur l'ensemble de l'hexagone.
- 10,3% du stockage additionnel possible pourrait être réalisé en prairies permanentes. Cela pourrait être obtenu grâce à une intensification modérée en utilisant des fertilisants ou en favorisant le retour au sol de résidus et de déjection par une extension du pâturage plutôt que la fauche.
- Les 2,3% restants du stockage additionnel seraient réalisables en vignoble par des pratiques d'enherbement

Pratiques stockantes	AMT (Mha)	Coût technique unitaire (€/ha/an)	Ensemble du profil de sol		Coût d'atténuation (Tous postes d'émission inclus : N ₂ O, CH ₄ , C) €/tCO ₂ e	CO ₂ e soustraits de l'atmosphère à l'échelle France entière en tenant compte du bilan de GES (MtCO ₂ e/an)	
			Stockage additionnel de C (tC/ha/an)	Coût de stockage (€/tC)			
Extension des cultures intermédiaires	16,03	39	0,215	180	51	-11,79	
Semis direct	11,29	13	-				
Nouvelles ressources organiques	1,46	22,6	0,098	231	70	-0,47	
Insertion et allongement des prairies temporaires	6,63	91	0,214	424	90	-5,99	
Agroforesterie intra-parcellaire	5,33	118	0,391	302	22	-28,28	
Haies	8,83	73	0,031	2 322	59	-10,91	
Intensification modérée des prairies permanentes	3,94	28	0,213	130	(*)	0,04	
Remplacement fauche pâture en prairies permanentes	0,09	73	0,362	203	88	-0,09	
Enherbement des inter-rangs des vignobles	Permanent	0,15	-26	0,464	-56	-17	-0,23
	Hivernal	0,41	-15	0,300	-51	-14	-0,45

Tableau 1 : Récapitulatif des coûts de stockage par pratique, en moyenne au niveau national et sur l'ensemble du profil de sol, et des coûts d'atténuation, tenant compte de l'ensemble du bilan GES. (*) L'intensification modérée des prairies permanentes ayant un bilan net émetteur, le coût d'atténuation n'est pas indiqué. (Pellerin, Bamière et al., Rapport de l'étude 4/1000, INRAE, 2019).

Les potentiels de stockage additionnels, les assiettes de mise en œuvre et les coûts associés varient selon les régions et les pratiques. Afin d'atteindre l'objectif 4 pour 1000, il faut maintenir les stocks existants là où ils sont élevés (forêts, tourbières, prairies permanentes) et les augmenter là où ils ont été réduits (grandes cultures notamment) ce qui confère à des pratiques stockantes un fort potentiel. Cette étude a donc permis de démontrer l'importance de favoriser le maintien des prairies permanentes, des zones humides et des forêts qui stockent de grandes quantités de carbone et de stopper l'artificialisation des sols.

L'application des 9 pratiques étudiées dans le cadre de cette étude, (simulées sur 30 ans, sous climat et concentration en CO₂ actuels, sans modification de l'occupation des sols et sans transformation structurelle des exploitations agricoles), permettrait tous usage des sols confondus un stockage additionnel annuel de +1,8%. L'essentiel du potentiel de stockage additionnel se situe en sols de grandes cultures, où le stockage additionnel pourrait atteindre une augmentation annuelle de +5,1%

1.6. Les barrières et freins au développement de projets volontaires du carbone

D'après une étude portée par l'OCDE en 2017 (Wreford, Ignaciuk et Gruère, 2017) faisant la synthèse de l'importance des barrières à l'adoption de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement, il existe de nombreuses barrières à l'adoption de pratiques agricoles respectueuses du climat. L'importance de ces barrières peut dépendre de circonstances spécifiques telles que les caractéristiques socio-économiques, les systèmes de culture, les infrastructures existantes, les conditions environnementales, les régulations et les institutions. Ces barrières existent à différents niveaux : celui de la ferme, celui du secteur ou celui des politiques nationales ou internationales. Dans ce rapport les barrières ont été évaluées en fonction de leur force mais également du consensus scientifique obtenu à partir de la littérature.

Les barrières les plus importantes perçues par cette étude sont :

- **Les barrières relatives aux performances actuelles ou aux effets** perçus d'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement sur la performance : les agriculteurs redoutent la diminution de leurs récoltes ou l'augmentation des risques encourus sur la productivité de leurs parcelles.
- **L'information et la sensibilisation relatives à la prise de décision et à la gestion des risques dans un contexte de changement climatique** : les incertitudes sur le changement climatique peuvent décourager l'adoption de changement visant le long terme (plantation de brise-vent, construction d'abris pour protéger les animaux du stress thermique). De plus, le changement climatique peut être perçu comme un problème bien moins urgent que ceux relatifs à la gestion quotidienne d'une exploitation.
- **Les politiques climatiques et environnementales et le fonctionnement de la filière** sont également identifiées car si certaines favorisent le passage à l'action, d'autres créent de nouvelles barrières. Par exemple les décisions prises au niveau de la filière et les schémas de contractualisation peuvent représenter des freins. De même certaines politiques agricoles peuvent encourager l'adoption de pratiques incompatibles avec la protection du climat.

Ces barrières joueraient un rôle primordial dans l'adoption de mesures plus respectueuses de l'environnement. D'autres barrières seraient également importantes telles que :

- **Le coût d'adoption de nouvelles pratiques** : en effet, l'achat de nouvelles machines et des technologies associées, l'implantation de couverts végétaux, peuvent représenter des barrières significatives à l'adoption de nouvelles pratiques.
- **Les coûts cachés et les coûts de transaction** : une simplification trop importante des coûts associés à ces projets pourrait expliquer la non adoption de nouvelles mesures. Ainsi, l'apprentissage et l'implémentation de nouvelles techniques, les coûts de MRV, les coûts de transactions privés qui sont souvent fixes et indépendants de la taille des fermes et constituent une barrière à la participation aux marchés carbone, sont également des barrières à prendre en compte.
- **Un accès limité aux crédits** : la disponibilité des crédits peut être limitée si la mise en place de pratiques entraîne une diminution des récoltes ou des profits. Cela peut donc constituer une barrière indépendante de la volonté de l'agriculteur.

- **Les facteurs sociaux et culturels** : les agriculteurs s'identifient fortement à leur travail et il est difficile pour eux de se dissocier de leurs pratiques et de leurs fermes. Ces caractéristiques propres à leur métier peuvent avoir une influence forte sur la décision de modifier leurs pratiques et d'adopter des mesures plus respectueuses de l'environnement. Ainsi, il a été constaté que la résistance au changement dissuade les utilisateurs du travail du sol conventionnel d'adopter une pratique de conservation des sols.

Toutes ces barrières peuvent être considérées comme des obstacles à réduire pour favoriser l'adoption de ces pratiques. Il existe également un troisième type de barrière, dépendant fortement des pratiques et contextes locaux, et dont l'importance dépend des structures et des politiques de chaque pays. Il s'agit :

- **Du régime foncier** car les non-propriétaires sont moins enclins à faire des investissements et à miser sur le long terme. Les agriculteurs qui possèdent leurs propres terres sont dans une meilleure position pour générer des crédits « carbone ».
- **De la disponibilité et de l'accès à des infrastructures** qui permettent par exemple l'irrigation.

Une des barrières au développement du Label Bas Carbone est également le manque d'acheteurs de crédits carbone. Cela peut s'expliquer par l'absence de contreparties obtenues suite à l'acte de vente. En effet, en dehors de la satisfaction de contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique et d'éventuelles actions de communication par les entreprises sur leur contribution écologique, les acheteurs de crédits carbone ne reçoivent pas d'autres types de contrepartie. **En effet, les crédits achetés ne possèdent pas de valeur patrimoniale et ne peuvent être ni vendus ni échangés.** Ceci avait été défini dans le cadre du LBC pour éviter le développement de fraude ou de spéculation sur les crédits qui auraient pu être effectués et nuire au développement de ce label (cela avait été le cas notamment dans le cas de la [fraude à la TVA sur les quotas de carbone](#)).

1.7. Les différents modèles de démonstrateurs carbone

Afin d'avoir une vision des différents modèles économiques existant (liste non exhaustive), différents modèles de démonstrateur carbone ont été étudié (voir tableau suivant)

Tableau 2 : modèles économiques et cas d'études associés présentés dans ce livrable

Modèle économique	Cas d'étude
Le financement du stockage carbone par une entreprise agroalimentaire dans sa chaîne de valeur	- L'exemple de Nataïis
Agrégation des crédits carbone par un organisme tiers	- France Carbone Agri Association (FCAA) - Le fond de réduction des émissions en Australie - Le marché du carbone en Alberta
Agrégation des crédits par une plateforme	- Soil Capital - - Svensk Kölinlagring
Le financement citoyen de projets stockant du carbone	- Le financement citoyen de projets stockant du carbone

2. Le financement du stockage carbone par une entreprise agroalimentaire dans sa chaîne de valeur

2.1. Présentation du modèle

Dans le cas du financement du stockage carbone par une entreprise agroalimentaire dans sa chaîne de valeur, les crédits carbone générés par les agriculteurs sont transférés contractuellement à cette même entreprise. Les agriculteurs ont alors le double rôle de stocker du carbone dans les sols et de vendre leur production agricole à l'entreprise concernée.

Afin d'obtenir la génération de crédits carbone, il est nécessaire que les pratiques correspondent à une méthodologie d'un label tel que le label bas carbone, Gold Standard ou VCS. Cela nécessite également la mise en place par l'entreprise de systèmes de mesure et de vérification du carbone dans le sol et que ce carbone stocké soit vérifié par un audit externe. Ces crédits peuvent ensuite être vendus à des entreprises qui souhaitent compenser volontairement leurs émissions (l'entreprise agro-alimentaire sert alors d'agrégateur) ou conservés si l'entreprise souhaite améliorer son bilan GES (voir figure n°4).

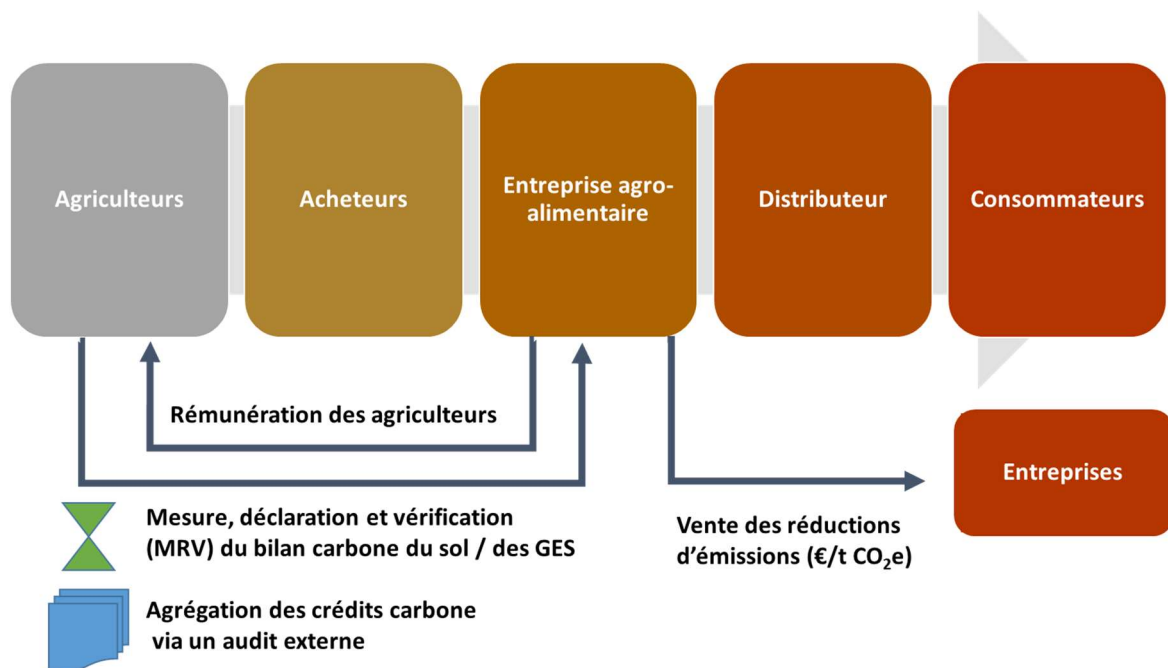


Figure 4 : Agrégation de crédits carbone par une entreprise agroalimentaire

2.2. L'exemple de Nataïs

L'entreprise Nataïs a été choisie pour être au centre de cette étude pour plusieurs raisons. Tout d'abord Nataïs est une entreprise reconnue, c'est le leader européen de la production de Pop-corn et elle représente 95% du marché français. Cette entreprise travaille avec 250 agriculteurs qui produisent du maïs pop-corn sur 7000 hectares, ce qui représente une population et une surface importante d'étude.

Ensuite, par un accompagnement technique et financier, l'entreprise Nataïs encourage depuis plusieurs années ses agriculteurs partenaires à implanter des couverts végétaux au sein de leurs parcelles. Comme nous l'avons vu au travers de l'étude 4 pour 1000, c'est à l'échelle de la France la pratique présentant le plus grand potentiel pour augmenter le stockage de carbone dans les sols.

Enfin, c'est une entreprise qui entretient de bonnes relations avec l'INRAE. En effet, Nataïs est un des quatre projets pilote du projet KIC, coordonné par l'INRAE depuis 2019, qui vise à augmenter le stockage de carbone dans les sols agricoles, à valoriser ce carbone stocké et à mettre en place les éléments de mesures pour quantifier et vérifier le stockage de ce carbone. Actuellement Nataïs est le coordinateur du projet Naturellement Popcorn qui a pour objet de développer une filière popcorn durable, haut de gamme et de valoriser chacun des acteurs de la chaîne de valeur. Nataïs finance sur ses fonds propres le stockage carbone effectué et ne le valorise pas encore. Des travaux sont en cours afin d'étudier la commercialisation de crédits carbone. Bien que l'aspect commercialisation ne puisse pas être étudié en détail ici de nombreuses données sont disponibles et permettent de comprendre l'organisation de l'amont de cette chaîne de valeur.

2.2.1. Présentation de l'entreprise Nataïs

L'entreprise Nataïs a été fondée par Michael Ehmann en 1994 dans le Gers. Cette entreprise est aujourd'hui le leader européen sur le marché du popcorn. Deux produits sont commercialisés, le popcorn en vrac et en sachet qui ont permis en 2019 de générer un chiffre d'affaire annuel de 51 millions d'euros. Pour assurer 90% de la production nécessaire, Nataïs a développé un réseau de 250 agriculteurs partenaires situés dans le sud-ouest de la France (les 10% restants étant produits en Afrique du sud).

Afin de favoriser le stockage de carbone dans les sols agricoles, Nataïs travaille principalement sur deux axes :

- L'amélioration des techniques agricoles afin de favoriser la réussite des couverts végétaux et le stockage de carbone qui y est associé,
- L'incitation des agriculteurs à implanter dans leurs champs des couverts végétaux grâce à la démonstration de l'intérêt agronomique de ces pratiques et via une contribution financière (appelée ici prime carbone).

Ce réseau est suivi par une équipe de 6 ingénieurs qui constituent l'équipe de partenariat agronomique de Nataïs. Cette équipe d'ingénieurs assure le suivi des agriculteurs partenaires et accompagne également les producteurs dans la transition agroécologique de leurs pratiques notamment sur l'implantation de couverts végétaux. Pour encourager financièrement cette transition, **une prime filière** a été instaurée (voir tableau n°4). La validation de certains critères sur leurs parcelles de maïs popcorn garantit aux 250 agriculteurs une augmentation du prix d'achat du maïs popcorn. Ainsi pour la mise en place d'une agriculture durable un agriculteur peut toucher jusqu'à 11 €/t de maïs popcorn produit (voir tableau n°2), dont 7€/t pour l'implantation de couverts végétaux (1 point = 1 €/t supplémentaire).

Tableau n°3: Prime filière du contrat annuel 2020 pour le producteur de maïs popcorn conventionnel chez Nataïs

Type	Pilier	Critère	Condition	Points	
Technique	Sécurisation récolte	Date de semis	Avant 15 avril inclus	8	
			OU		OU
			Entre le 16 avril et le 20 avril inclus		4
	Désherbage	Ecartement inter-rang	Semis à 60 cm et inférieur	3	
	Fertilisation	Bio-stimulant	Bio-stimulant (BASFOLIAR KELP P/ PHYLGREEN KUMA)	4	
	Agriculture durable	Irrigation	Le producteur possède un outil connecté de pilotage de l'irrigation dans au moins une parcelle de popcorn et appui technique (capacitif, tensiomètres)	4	
			OU		OU
Service payant d'aide au pilotage (irré-lis, bilan hydrique...)				2	
	Fertilité des sols	Couvert du sol implanté avant l'hiver avec durée d'implantation au-delà de 4 mois	7		
Implication	Geolocalisation des parcelles	Géolocalisation des parcelles sur Clic&pop fait avant le 15/05	2		
	Réponse mail, lettre et document	Réponse dans le temps imparti	2		

2.2.2. Le projet Naturellement Popcorn

Le projet Naturellement Popcorn dispose d'un budget de 7,4 millions d'euros et durera 6 ans. Il est financé par le Programme d'investissements d'Avenir (PIA), piloté par le Secrétariat général pour l'investissement (SGPI) et opéré par Bpifrance. Il a pour objet de développer une filière popcorn durable, haut de gamme et de valoriser chacun des acteurs de la chaîne de valeur. Ce projet regroupe 5 partenaires qui sont : Nataïs, STMS, Agro d'Oc, l'UMR AGIR (INRAE) et le CESBIO. Ce projet s'articule autour de 4 grands axes :

- Utiliser des arômes naturels lors de la fabrication du popcorn afin de répondre aux attentes des consommateurs
- Améliorer les qualités environnementales et sanitaires des produits en remplaçant notamment l'huile de palme par de l'huile de tournesol
- Proposer aux consommateurs une transparence et une traçabilité sur l'ensemble de la filière en développant un outil basé sur les données récoltées par l'outil de gestion du producteur
- Améliorer la durabilité des systèmes agricoles en développant l'usage de pratiques agro-écologiques grâce à :
 - L'implantation de variétés plus adaptées à une transition agro-écologique,
 - L'accompagnement à la mise en place de pratiques améliorant la fertilité des sols via des couverts intermédiaires,
 - L'amélioration de la gestion de l'eau,

- Le développement d'une rémunération accordée aux agriculteurs pour le carbone séquestré par des couverts végétaux implantés sur leurs champs de maïs.

L'objectif de ce projet est donc de fournir au consommateur un produit sain tout en faisant évoluer les pratiques agricoles vers une démarche agro-écologique. La rémunération accordée aux agriculteurs permettant de financer une partie de cette transition.

2.2.3. Engagements entre Nataïs et les agriculteurs des parcelles pilotes

Afin de tester le nouveau modèle de rémunération des agriculteurs selon la quantité de carbone stockée par les couverts intermédiaires, Nataïs a engagé une collaboration avec 40 des 250 agriculteurs membres de son réseau. Ce réseau regroupe en 2019, 40 agriculteurs, certains mettent en place des couverts végétaux depuis des dizaines d'années et d'autres commencent tout juste à utiliser ces pratiques. Les agriculteurs des parcelles pilotes et Nataïs signent chaque année une convention qui les engage mutuellement. Elle a pour objectif de définir les conditions de suivi et d'indemnisation des parcelles pilote dans le cadre du projet Naturellement Popcorn. Les agriculteurs souhaitant faire partie de ce réseau peuvent proposer une ou plusieurs parcelles pilotes à l'entreprise Nataïs, chaque parcelle devant faire au minimum 5ha. Ainsi, pour l'année 2019-2020 (ces éléments pouvant changer d'une année à l'autre), l'agriculteur s'engage à fournir à Nataïs :

- Un ensemble d'informations techniques sur les parcelles pilotes (type de culture et date de récolte précédente, travail du sol réalisé, informations techniques sur la conduite de la culture intermédiaire et la culture de popcorn),
- Un accès à la parcelle aux partenaires du projet pour réaliser des prélèvements,
- A ne pas communiquer sans autorisation préalable des résultats à toute personne extérieure au réseau Nataïs.

En retour, l'entreprise Nataïs s'engage à :

- Réaliser au minimum 1 prélèvement de biomasse sur chaque couvert et d'effectuer ce prélèvement le plus proche possible de la date de destruction des couverts. En 2019 et 2020 les prélèvements de biomasse avant destruction ont servi à la fois à calculer le montant de la prime carbone (voir I.b) et aux travaux de paramétrisation du modèle développé par le CESBIO. En 2021, la prime sera calculée à partir de la 1ère méthode de bilan carbone développé par le CESBIO.
- Communiquer les résultats du suivi de ces parcelles pilotes à l'ensemble des partenaires de ce réseau.
- Indemniser les agriculteurs pour leur engagement dans le réseau et selon la quantité de carbone stockée par les couverts végétaux.

2.2.4. La stratégie de mise à l'échelle de Nataïs

L'objectif de Nataïs sur le long terme est d'étendre cette stratégie de stockage carbone à l'ensemble des agriculteurs de son réseau. En 2019, 46% des agriculteurs du réseau de Nataïs n'implantaient pas de couverts végétaux avant la culture du maïs popcorn. Ces changements de pratique sont à effectuer progressivement afin de maintenir la durabilité des systèmes agricoles. Il faut donc fournir aux agriculteurs un accompagnement, adapté à leur niveau de connaissance et à leurs systèmes de culture. Trois groupes ont donc été définis pour proposer un accompagnement afin d'améliorer le stockage carbone (voir tableau n°4).

Tableau n°4: groupes formés par les agriculteurs en fonction de l'implémentation de couverts végétaux et objectifs associés

	Composition du groupe	Objectif du groupe
Groupe n°1 (46% des agriculteurs du réseau)	Les agriculteurs n'intégrant pas de couverts intermédiaires dans leurs pratiques culturales.	Adopter la mise en place de couverts végétaux de manière durable et avec des itinéraires simplifiés de couverts.
Groupe n°2	Les agriculteurs qui ont commencé à intégrer récemment des couverts végétaux et qui ne maîtrisent pas encore totalement cette technique.	Maîtriser la technique des couverts végétaux afin de maximiser la production de biomasse et le stockage de carbone associé en optimisant leur implantation et leur destruction.

Groupe n°3	Les agriculteurs qui maîtrisent depuis plusieurs années l'implantation de couverts végétaux associé à un système cultural simplifié.	<p>Mettre en place des doubles couverts (couvert estival puis hivernal) ou des couverts relais pour optimiser la production de biomasse. Les doubles couverts concernent des parcelles en rotation par exemple blé/popcorn. Après la récolte du blé un couvert estival est implanté pendant l'été puis détruit pour laisser la place au couvert hivernal.</p> <p>Le couvert relais est un couvert implanté après la récolte du blé avec des espèces qui par leur diversité et étalement de croissance vont se relayer jusqu'au semis du popcorn au printemps.</p> <p>Ce groupe servira d'exemple aux groupes 1 et 2.</p>
------------	--	--

L'objectif de Nataïs est de faire passer progressivement le groupe 1 dans le groupe 2 et le groupe 2 dans le groupe 3 afin que tous les agriculteurs partenaires de Nataïs fassent partie du groupe 3 et réussissent à planter efficacement des couverts végétaux afin de stocker du carbone.

2.2.4.1. Stratégie pour le groupe 1

Un des objectifs de Nataïs est de convaincre les 46% des agriculteurs membres de son réseau n'utilisant pas les couverts végétaux de l'utilité de cette pratique afin qu'elle soit adoptée. Pour cela, un travail de communication sur l'intérêt pour les sols et les cultures est régulièrement effectué mais cette pratique représente pour certains agriculteurs des charges de travail ou des difficultés techniques encore trop élevées. Pour dépasser cette barrière, Nataïs essaie de convaincre ces agriculteurs par l'expérimentation afin qu'ils observent par eux même l'intérêt de cette pratique. Pour cela, Nataïs propose un guide technique pour mettre en place sur une petite surface un couvert végétal (document confidentiel).

Chaque hiver, l'équipe d'ingénieur conseil de Nataïs peut effectuer une visite auprès d'agriculteurs intégrant des couverts végétaux. Une attention toute particulière est portée aux agriculteurs débutants dans la mise en place de cette pratique. Pour accompagner les débutants, la mise en place d'un parrainage entre un agriculteur débutant et un agriculteur utilisant les couverts végétaux depuis des années est envisagé.

2.2.4.2. Stratégie pour le groupe 2

Un nombre important d'agriculteurs implantant des couverts végétaux possède des systèmes de couverts pouvant être améliorés afin de stocker une quantité plus importante de carbone. Nataïs s'assure tout d'abord que ces agriculteurs maîtrisent les fondamentaux des couverts féveroles mentionnés pour le groupe 1. De plus, Nataïs envisage de visiter ces agriculteurs une fois par an pour les accompagner dans l'amélioration de leurs pratiques.

Pour aller plus loin avec ces producteurs, il est intéressant de tester l'implantation et l'intérêt de mélanges pour les couverts hivernaux (phacélie et féverole), d'accompagner le producteur lors de la phase de destruction des couverts pour que la destruction se fasse le plus tard possible (ce qui permet de produire le maximum de biomasse). L'accompagnement des agriculteurs et les échanges d'expérience réalisés par différents canaux de communication sont des éléments qui sont considérés comme efficaces par Nataïs.

Six membres de ce groupe ont implanté pendant l'année 2018-2019 un couvert estival qui semble être un bon moyen de créer de la biomasse supplémentaire. En moyenne ces couverts ont produit 3,26 tonnes de MS/ha ce qui est supérieur à la moyenne annuelle des couverts hivernaux pour l'année 2019-2020. Il serait intéressant pour les agriculteurs du groupe 2 d'implanter ce type de couvert pour augmenter le stockage de carbone sur leurs parcelles. Pour accompagner ces derniers, Nataïs prévoit de réaliser une réunion pour présenter aux agriculteurs le couvert estival et les éléments techniques à adopter pour réussir son implantation.

2.2.4.3. Stratégie pour le groupe 3

Entre 5 et 10 agriculteurs du réseau maîtrisent l'implantation et la destruction de leurs couverts végétaux, optimisent la création de leur biomasse. Certains implantent également des couverts estivaux. Ce sont des acteurs qui favorisent l'adoption des

couverts végétaux au sein de ce réseau en montrant l'exemple aux autres agriculteurs. C'est avec ces agriculteurs que Nataïs effectue des essais pour optimiser la production de biomasse (et de stockage carbone) en faisant des essais de mélanges en couverts hivernaux ou en développant des couverts estivaux. C'est également autour de ces derniers que Nataïs organisera des réunions avec les autres agriculteurs afin qu'ils servent de modèles.

2.2.5. Barrières, solutions et besoins d'accompagnement des agriculteurs

Afin de déterminer les barrières, les solutions et les besoins en accompagnement des agriculteurs de ce réseau pour adopter des couverts végétaux, un questionnaire a été proposé aux agriculteurs partenaires de Nataïs. Ce questionnaire a été adapté à partir de celui conçu dans le cadre du projet CIRCASA (« *Coordination of International Research Cooperation on Soil Carbon Sequestration in Agriculture* ») à l'intention des agriculteurs européens et internationaux. CIRCASA avait conçu deux questionnaires (Delivrables D2.1 <https://www.circasa-project.eu/Document-library/Deliverables>), pour les agriculteurs et pour les autres parties prenantes (scientifiques, conseillers agricoles, associations, industries, etc.) afin de mieux comprendre les différents points de vue de chaque partie prenante au regard de la séquestration de carbone dans les sols agricoles : connaissances des sols, techniques employées, motivations des agriculteurs et barrières rencontrées, avis sur le potentiel et les limites de la gestion du carbone organique du sol pour le climat (adaptation et atténuation), la production agricole et les aspects socio-économiques. Cette enquête par questionnaire visait également à mieux comprendre comment des mesures de gestion du carbone du sol pouvaient être mises en œuvre, les obstacles qui peuvent entraver cette mise en œuvre et les lacunes à combler en matière de connaissances. Ce questionnaire a été diffusé à partir du mois d'avril 2020 à plusieurs reprises au sein du réseau d'agriculteurs producteurs de maïs pop-corn de Nataïs, notamment dans une lettre d'informations « flash technique » envoyée aux agriculteurs par courriel.

Le questionnaire a reçu 19 réponses pour une diffusion auprès de 250 producteurs de maïs popcorn de Nataïs. La moitié des réponses concerne des fermes pilotes de Nataïs, déjà avancées sur la mise en place des couverts végétaux. Les résultats ne sont donc pas représentatifs de l'échantillon d'agriculteurs travaillant avec Nataïs mais peuvent fournir des éléments de réponse concernant les barrières, solutions et besoins d'accompagnement de ces derniers.

2.2.5.1. Présentation de l'échantillon interrogé

Voici quelques éléments permettant de caractériser l'échantillon interviewé :

- L'ensemble des agriculteurs interviewés sont des hommes et leur âge est réparti de manière homogène entre 18-39 ans (6/19), 40-54 ans (7/19) et 55-74 ans (6/19).
- Les agriculteurs interviewés sont majoritairement en agriculture conventionnelle (15/19), une minorité est en agriculture biologique ou dans un système hybride (le questionnaire ne proposait pas l'option « agriculture de conservation des sols » seulement « agriculture conventionnelle », « agriculture bio » et « système hybride »).
- Le système agricole principal des exploitations est la culture de céréales et oléagineux (18/19) et la culture de maïs est la culture d'été principale de l'exploitation (15/19). Une majorité des agriculteurs (10/19) cultivent leur maïs popcorn sur une surface comprise en 20 et 50 hectares et moins de 20 hectares (7/19).²
- Une majorité des agriculteurs sème des couverts végétaux (17/19), ce qui apparaît comme considérable, mais cela est à nuancer car la moitié des réponses obtenues concerne des fermes pilotes

² 70% des agriculteurs partenaires de Nataïs pratiquent au minimum une rotation de culture de 2 ou 3 ans. Le reste cultive le popcorn soit en monoculture, soit avec par exemple 2 ans de maïs de suite puis une autre culture.

La figure suivante (figure n°5) permet également de voir que les surfaces sur lesquelles sont semées des couverts végétaux représentent des parts importantes des surfaces des exploitations :

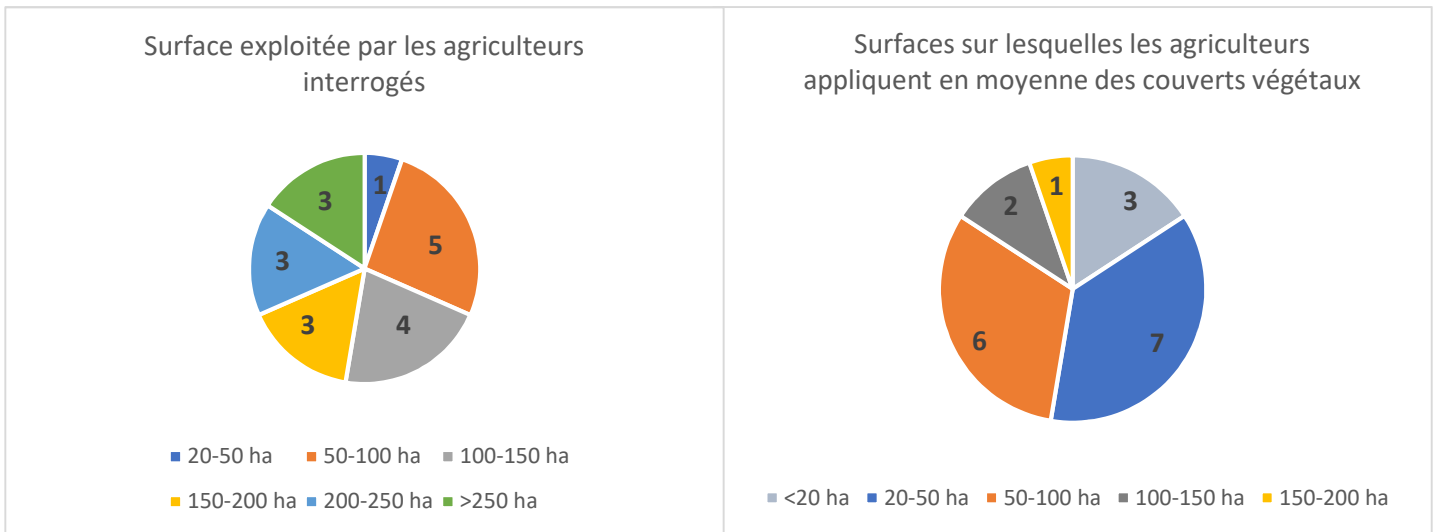


Figure 5 : comparaison entre le nombre d'hectares exploités par les agriculteurs de l'échantillon et la surface sur laquelle sont semés des couverts végétaux.

Un élément important obtenu à l'aide de ces questionnaires est que sur les 19 agriculteurs, 15 ne connaissent pas la teneur en carbone organique de leurs sols. Malgré cette méconnaissance, une quantité importante des agriculteurs (8/19 réponses) considère que cette teneur est plus élevée que les autres sols de la région.

Les agriculteurs qui ont répondu au questionnaire considèrent que l'augmentation de la teneur en carbone organique du sol est importante. En effet, ils considèrent qu'elle :

- Améliore la qualité du sol (17/19),
- Augmente la stabilité des rendements (15/19),
- Améliore la portance du sol (15/19),
- Augmente la biodiversité (15/19)
- Limite l'érosion du sol (15/19).

Ils sont partagés sur la question de l'augmentation des rendements, 8 sur 19 considèrent que cela augmente les rendements dans une faible mesure, alors que 9 sur 19 considèrent que cela augmente les rendements dans une large mesure.³

2.2.5.2. Actions mises en œuvre par ces agriculteurs pour stocker du carbone

Dans le tableau n°5, on observe une corrélation entre les actions mises en œuvre pour stocker le carbone et celles qui sont considérées comme efficaces pour augmenter la teneur en carbone organique du sol pour les options de gestions suivantes (en vert dans le tableau) :

- La gestion des résidus de récolte
- Un labour réduit/minimum
- Le non labour
- L'utilisation de cultures intermédiaires

³ Il est difficile d'avoir des données chiffrées, l'évolution des rendements étant expliqués par de multiples facteurs. L'intérêt 1^{er} n'est en général pas le rendement mais plutôt une recherche d'uniformisation des résultats sur la parcelle (surtout si sol très hétérogène) et de régularité dans les résultats même en cas par exemple de phénomène climatique stressant.

- Les bandes tampons et zones non cultivés

En revanche certaines options sont peu utilisées malgré l'intérêt que les agriculteurs leur accordent pour le stockage carbone. C'est le cas pour :

- L'apport d'amendements organiques (compost, fumier, ...)
- L'introduction de prairies temporaires dans la rotation
- La gestion des prairies permanentes (pâturage optimisé)
- L'agroforesterie dans les cultures
- L'agroforesterie en prairies
- L'agroforesterie en système agropastoral mixte
- La protection et la prévention contre l'érosion (ex : haies vives, courbes de niveau, brise-vent)

Tableau 5 : Distinction entre les options de gestions déjà mises en œuvre par les agriculteurs et celles qu'ils considèrent efficaces pour stocker du carbone

Options de gestion	Déjà mise en œuvre	Considérée comme efficace pour augmenter la teneur en carbone organique du sol
La gestion des résidus de récolte	18/19	19/19
Labour réduit/minimum	14/18	15/19
Non labour	17/19	18/19
L'apport d'amendements organiques (compost, fumier, ...)	8/19	18/19
L'introduction de prairies temporaires dans la rotation	3/18	14/19
L'utilisation de cultures intermédiaires	19/19	19/19
Gestion des prairies permanentes (pâturage optimisé)	0/18	12/19
Bandes tampons et zones non cultivés	12/19	12/19
L'agroforesterie dans les cultures	1/19	12/19
L'agroforesterie en prairies	0/19	12/19
L'agroforesterie en système agropastoral mixte	0/19	8/19
Le biochar	0/19	2/19
Réhumidification / irrigation des sols organiques	2/19	3/19
Protection et prévention contre l'érosion (ex : haies vives, courbes de niveau, brise-vent)	4/19	15/19

Cependant toutes ces pratiques ne sont pas toujours pertinentes selon le système de culture et le contexte de l'exploitation. Il serait intéressant d'étudier plus en détail les cas où ces pratiques sont pertinentes mais où des barrières freinent leur mise en œuvre.

2.2.5.3. Les contraintes à l'adoption des pratiques de gestion du carbone organique du sol

Pour déterminer l'importance des contraintes à l'adoption des pratiques de gestion du carbone organique du sol, les agriculteurs avaient le choix entre : « Pas importante », « Importante », « Très importante », « Ne sais pas ». D'après cette enquête, pour les agriculteurs, les contraintes les plus importantes (importantes et très importantes) sont :

- La séquestration du carbone non rémunérée (ex financements publics, crédit carbone)
- Les risques économiques pour des investissements dans un contexte de volatilité économique
- Le manque de financement pour accéder à la technologie et aux machines/outils techniques

- Le manque de formation et d'appui de la part des structures de conseil pour les changements de pratique (voir tableau n°6)

Tableau 6 : Contraintes les plus importantes (importantes et très importantes) perçues par les agriculteurs

Contraintes les plus importantes (importantes et très importantes) perçues par les agriculteurs	Retours d'agriculteurs concernant ces contraintes
La séquestration du carbone non rémunérée (ex financements publics, crédit carbone)(18/19)	En dehors de l'aide portée par Nataïs aucun des agriculteurs interrogés ne pensait pouvoir bénéficier d'aide supplémentaire public ou privée pour semer des couverts végétaux et stocker du carbone.
Les risques économiques pour des investissements dans un contexte de volatilité économique (17/19)	-
Le manque de financement pour accéder à la technologie et aux machines/outils techniques (15/19)	-
Le manque de formation et d'appui de la part des structures de conseil pour les changements de pratique (14/19).	Il a également été évoqué que les agriculteurs sont principalement sensibilisés à la mise en place de couverts végétaux et non au stockage de carbone.

Une grande partie des agriculteurs (14/19) considère également qu'avoir des terres louées est une barrière qui n'est pas importante⁴.

2.2.5.4. Les solutions pour permettre l'adoption de pratiques de gestion du carbone organique du sol :

Enfin les solutions considérées comme les plus importantes pour permettre l'adoption de pratiques de gestion du carbone organique du sol (très importantes et importantes additionnées) sont :

- Les paiements pour services environnementaux (19 sur 19), qui permettraient de contribuer à l'adoption de ces pratiques
- Le développement d'un marché de crédit carbone (19 sur 19)
- Les autres supports financiers pour la transition vers des pratiques de gestion du carbone organique du sol (ex. prêts ou subvention à l'investissement) (18 sur 19)
- L'augmentation de la sensibilisation du grand public (17 sur 19)
- L'information pour les décideurs politiques sur où et comment mettre en place une politique de séquestration de carbone organique du sol (17 sur 19)
- L'amélioration de l'accompagnement individuel pour favoriser la mise en œuvre de pratiques de séquestration du carbone (17 sur 19), qui permet de sensibiliser directement les agriculteurs à adopter cette démarche.

Les agriculteurs considèrent que l'indicateur bilan carbone développé par Nataïs est une bonne initiative (9/19, les autres ne s'étant pas exprimés à ce sujet ou attendent de voir leurs résultats) et qu'il fonctionne très bien. **Certains expriment le souhait que cette initiative puisse être développée sur une plus grande surface à l'échelle de l'exploitation.**

⁴ Aucune parcelle de popcorn n'est cultivée en agroforesterie à ce jour

2.2.5.5. Les informations nécessaires pour l'adoption de pratiques de gestion du carbone :

Concernant les informations supplémentaires nécessaires pour augmenter l'adoption de pratiques de gestion du carbone organique du sol, les agriculteurs considèrent que des recherches supplémentaires s'imposent sur des aspects économiques et techniques (voir tableau n°7).

Tableau 7 : informations supplémentaires nécessaires pour augmenter l'adoption de pratiques de gestion du carbone organique du sol

Les informations supplémentaires nécessaires pour augmenter l'adoption de pratiques de gestion du carbone organique du sol	Retours d'agriculteurs concernant ces informations nécessaires
L'analyse économique de ces pratiques (ex effets sur les rendements et les revenus) (12/17)	« Une incitation financière forte permettrait de fortement dynamiser l'adoption de ces pratiques, cela permettrait notamment de faire comprendre aux agriculteurs que cela constitue une opportunité et non une sanction »
Les informations sur les options de soutien financier ou technique (ex. où on peut accéder aux prêts et aux subventions) (12/17)	« L'état français doit communiquer auprès de la population sur les bonnes pratiques mise en place par les agriculteurs et soutenir financièrement les agriculteurs comme le fait Nataïs. »
Des outils d'aide à la décision (10/17)	N/A
La gestion au niveau de l'exploitation (ex. choix des plantes de couverture ou des outils de couverture ou des outils à utiliser) (10/18)	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenant que l'intégration des couverts est bien développée, certains agriculteurs souhaitent étudier plus en détail l'implantation de différentes espèces et de différentes variétés au sein d'une même espèce. - De même, le développement de formations sur les aspects carbone est à développer dans les lycées agricoles - La qualité des formations proposées par Agro d'oc est également remontée lors des questions posées auprès des agriculteurs

2.2.6. Le développement d'une prime carbone par Nataïs

Dans le cadre de l'accompagnement de Nataïs auprès des agriculteurs pilotes des entretiens ont été effectués afin de déterminer les coûts de l'implantation des couverts végétaux. Lors des entretiens effectués avec les agriculteurs, deux freins principaux ont été principalement évoqués par les agriculteurs :

- **L'acquisition d'une technique nouvelle** qui demande un effort pour adapter les systèmes de production (Nataïs travaille déjà à lever cette barrière comme vu précédemment).
- **L'importance du coût pour l'agriculteur** de l'implantation d'un couvert végétal (coût des semences, coût d'implantation et coût de destruction)

Nataïs participe déjà à la levée de cette deuxième barrière grâce au développement de la prime filière accordée à tout agriculteur membre de son réseau qui plante un couvert végétal. Grâce à cette prime fixée à 7€/t de maïs popcorn livrée à Nataïs, un agriculteur, avec un rendement moyen de 6 tMS/ha, peut espérer toucher une prime de 42 €/ha. Cependant cette prime bien qu'incitative à l'adoption de couverts végétaux ne prend pas en compte de manière quantitative la production de biomasse et le stockage de carbone qui y sont associés. Une prime carbone basée sur la production de biomasse et donc la réussite de couverts végétaux, inciterait les agriculteurs à s'investir davantage dans la réussite de cette pratique. Les producteurs pilotes du réseau Nataïs bénéficient depuis l'année 2018/2019 de cette prime carbone. Cela a permis de les encourager dans leurs pratiques de stockage

carbone mais également de tester cette prime à petite échelle afin de déterminer le prix le plus juste à adopter. Pour la fixation du prix, plusieurs critères sont pris en compte. Il faut en effet que :

- **Le prix fixé soit attractif pour l'agriculteur,**
- **La prime carbone soit plus élevée que la prime filière** lorsque le couvert est réussi et productif,
- **Le prix soit soutenable pour l'entreprise Nataïs,** afin que Nataïs ait la capacité de maintenir ce prix tout en pérennisant sa propre activité.

2.2.6.1. Evaluation des coûts de l'implantation de couverts végétaux

Afin de comprendre l'attractivité de cette pratique pour les agriculteurs, il est tout d'abord nécessaire de comprendre les coûts que représente l'implantation de couverts végétaux. Pour cela une enquête a été réalisée par Paul Grousset, employé par Nataïs, auprès de chaque producteur pour évaluer les coûts liés à l'achat de semence, à leur implantation et à la destruction des couverts. Dans le cadre de cette analyse de coût ont été prises en compte seulement les pratiques propres uniquement au couvert végétal. Par exemple, un nombre important d'agriculteurs effectuent un passage de herse rotative pour reprendre leurs parcelles en sortie d'hiver ce qui permet également dans certains cas de détruire le couvert hivernal. Ce coût n'est pas pris en compte dans ce calcul. Le coût total de l'implantation de couverts végétaux a donc été calculé à partir de trois types de coûts :

- **Le coût des semences :** le coût des semences a été déterminé de manière exacte pour les agriculteurs achetant leurs semences. Pour ceux qui produisent leurs semences, la perte liée à la non vente de ces semences a également été estimée selon le prix minimum d'achat de cette année. Pour le réseau en 2019/2020, le coût moyen des semences est de **46,63 €/ha** (avec une moyenne de 40,16€/ha pour la féverole et de 50,42€/ha pour l'achat de féverole + phacélie). Les résultats de l'année 2019/2020 n'ont pas démontré l'intérêt de l'implantation de la phacélie, des suivis plus précis seraient mis en place les prochaines années pour en étudier la pertinence.
- **Le coût d'implantation :** le coût d'implantation dépend de la méthode utilisée. Une implantation **à la volée coûte en moyenne 23,64€/ha** et celle **au semoir coûte en moyenne 38,18€/ha**. Ces résultats ne permettent pas de statuer directement la supériorité de la 1^{ère} méthode sur la seconde car une implantation au semoir permet de produire en moyenne 1 tonne de biomasse supplémentaire par hectare. Ces résultats facilitent ainsi la prise de décision de l'agriculteur selon les objectifs qu'il souhaite atteindre. Cependant certains agriculteurs du réseau atteignent de très bons résultats avec une implantation à la volée. La quantité la plus importante de biomasse produite en 2019/2020 est de 4,09 T de MS/ha et le meilleur résultat obtenu par une méthode à la volée est de 3,89 t de MS/ha. Une option intéressante pour réduire les coûts d'implantation tout en maintenant une production importante de biomasse pourrait donc être de s'appuyer sur l'expérience de ces agriculteurs afin de transmettre leurs connaissances spécifiques à l'implantation de semence à la volée au reste du réseau.
- **Le coût de destruction :** l'efficacité de la destruction des couverts est importante car ces derniers ne doivent pas perturber l'implantation de maïs. Pour l'année 2019/2020 plusieurs stratégies ont été adoptées (voir figure n°6)

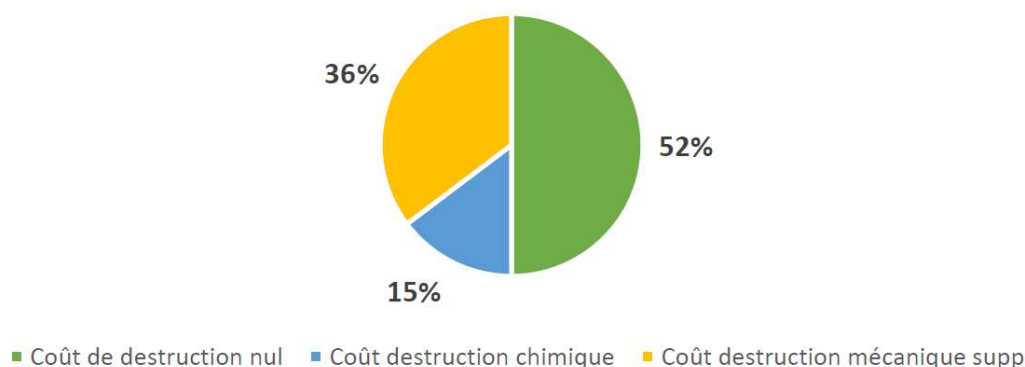


Figure 6 :

proportion au sein des agriculteurs du type de coût porté les agriculteurs du réseau en fonction du type de destruction en 2019/2020.

Comme le montre la figure précédente, 52% des agriculteurs ont un coût de destruction nul car la destruction de leur couverts végétaux est effectuée par une activité (reprise de sol en contexte argileux avec passage de herse rotative / préparation du plus profond en contexte limono-sableux) qui aurait été menée même sans la présence de couverts végétaux.

Pour cette destruction, 36% des agriculteurs ont décidé de réaliser une destruction mécanique supplémentaire pour assurer une destruction optimale des couverts. Cela a été particulièrement le cas lorsque les couverts étaient très développés (hauteur supérieure à 60 cm) et lorsqu'il est recommandé de rouler ou de broyer les couverts avant de réaliser un travail du sol ou les semis.

Les 15% des agriculteurs qui ont effectué une destruction chimique ont assumé un coût supplémentaire car il s'agit d'une application supplémentaire d'herbicide uniquement dans le but de détruire le couvert végétal. Ce sont des agriculteurs qui ont peu d'expérience (1 à 2 ans) et qui estiment ainsi sécuriser la destruction des couverts végétaux. L'usage d'herbicide est également associé à un passage d'outils de travail du sol. Voici les différents coûts moyens de destruction des couverts :

- Destruction chimique : 17,90€/ha
- Destruction mécanique supplémentaire : 30,83 €/ha

La destruction chimique coûte donc moins chère que la destruction mécanique supplémentaire. Cependant pour des espèces à tige creuses comme la féverole et la phacélie, la destruction mécanique est très efficace et ne nécessite pas de destruction chimique supplémentaire.

En additionnant ces différents coûts, le coût moyen de l'implantation de couverts végétaux dans **le réseau fermes pilotes en 2019/2020 est de 93,44€/ha répartis de la manière suivante : les semences représentent environ 50% du coût total, l'implantation des couverts 35% et la destruction 15%**

Ce prix constitue cependant une moyenne et certains agriculteurs parvenant à atteindre des coûts bien plus bas comme montré dans la figure suivante 7.

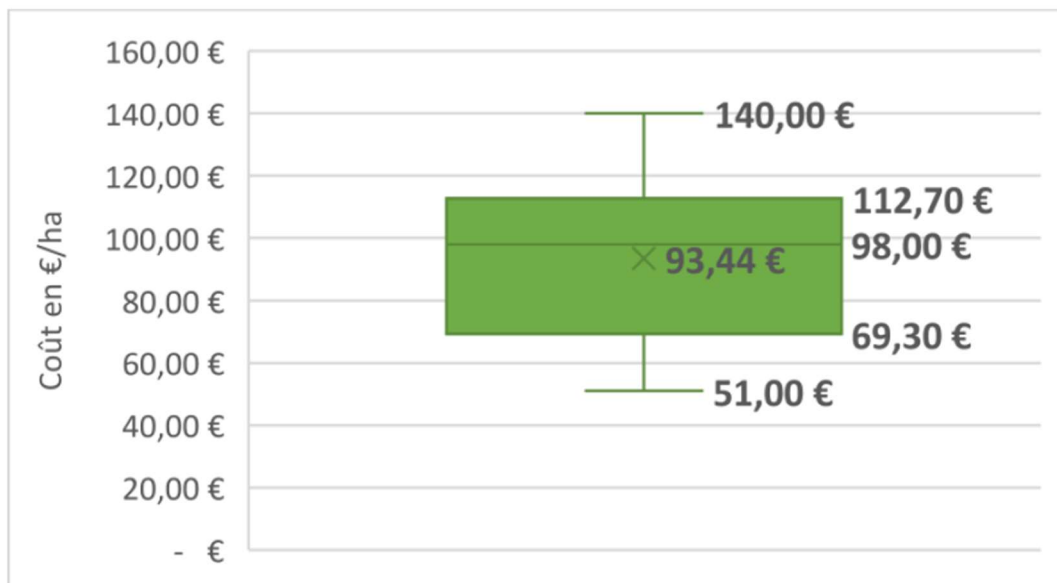


Figure 7 : répartition des coûts des couverts hivernaux du réseau fermes pilotes -2019/2020

Ces résultats sur les coûts sont indépendants de la réussite du couvert et de l'expérience de l'agriculteur. Plusieurs stratégies développées par les agriculteurs se dégagent de cette étude :

- Certains développent des systèmes très simplifiés avec des résultats de biomasse importants et peu de moyens investis (couvert simple de féverole implanté à la volé et coût de destruction supplémentaire nul),
- D'autres investissent pour avoir un système de couverts plus performant (mélange de semences, implantation au semoir),

- Une autre partie des producteurs sécurise la destruction des couverts en effectuant un travail supplémentaire d'outil sur le sol afin qu'une quantité importante de résidu ne gêne pas le travail d'un semoir qui serait non adapté.

2.2.6.2. L'estimation du carbone stocké pour la prime carbone

La quantité de carbone stockée est calculée en utilisant la télédétection de la quantité de biomasse produite à la parcelle. Pour construire cette mesure, le CESBIO travaille sur le modèle SAFY-CO2 de mesure de stockage de carbone qui permettra de définir de manière fiable la quantité de biomasse produite par une parcelle afin de définir la quantité de carbone stockée qui y est associée (voir Yogo et al. 2021 ; Livrable I du présent projet). Pour développer ce modèle le CESBIO avait besoin de données de quantités de biomasse géoréférencées (associées à un point GPS). La création d'un réseau de fermes pilotes en 2019 regroupant des agriculteurs partenaires de Nataïs souhaitant améliorer leur bilan carbone grâce aux couverts végétaux a permis de réaliser des prélèvements sur des couverts végétaux (depuis 2019) et sur du maïs popcorn (depuis 2020). Nataïs coordonne les prélèvements dans les fermes et l'analyse des résultats. Cela permet de fournir des données nécessaires à l'évaluation du stockage carbone par le CESBIO mais également de fournir à l'agriculteur un indicateur sur la réussite de ses couverts.

En 2019/2020, les agriculteurs du réseau pilote étaient rémunérés par :

- **La prime réseau parcelle pilote** : 200 euros étaient alloués à chaque ferme participant pour la première année au réseau de fermes pilotes
- **La prime carbone** : la prime carbone dépend de la quantité de CO₂ captée et stockée (i.e séquestrée) dans le sol (1kg de CO₂ contenant 0,2727 kg de C). La quantité de CO₂ captée et stockée par les agriculteurs pilote est estimée selon la méthode développée par le CESBIO (voir figure n°8). Dans ce modèle la biomasse totale est calculée à partir de la biomasse aérienne sèche et de la biomasse racinaire (qui est estimée à 20% de la biomasse aérienne sèche). La moitié de la masse de cette biomasse est considérée comme du carbone capté et 20% du carbone capté est stocké dans le sol. Ce montant final permet de calculer le montant de la prime carbone touché par l'agriculteur selon le prix défini par Nataïs pour chaque tonne de carbone stockée.

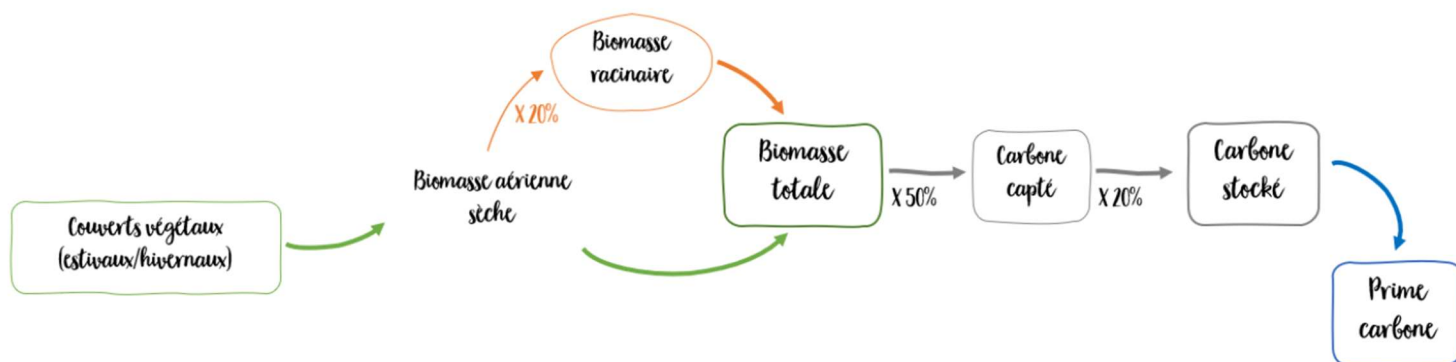


Figure 8 : Schéma de la conversion de biomasse aérienne prélevée sur le couvert végétal en prime carbone – Nataïs

Exemple de calcul : pour une biomasse aérienne sèche de couverts végétaux de 5tMS/ha et une biomasse racinaire de 1tMS/ha, le total de la biomasse sèche est de 6tMS/ha. L'équivalent carbone capté est donc de 3tC/ha et l'équivalent carbone stocké dans le sol est de 0,6tC/ha. En 2019/2020, les agriculteurs du réseau de fermes pilotes ont stocké en moyenne 0,45t de carbone par hectare soit 1,63t de CO₂ séquestrée par hectare. Ce stockage prend en compte les couverts estivaux 2019 (pour 5 agriculteurs) et les couverts hivernaux 2019/2020. Ces paiements aux agriculteurs seront réalisés début d'année 2021.

2.2.6.3. La définition du prix carbone par Nataïs

Nataïs a utilisé 5 critères pour définir un prix carbone. Il s'agit de :

- **L'attractivité de la prime carbone par rapport à la prime filière** : Les agriculteurs du réseau fermes pilotes de Nataïs ont le choix entre la prime filière et la prime carbone. Les producteurs produisant peu de biomasse ont donc la possibilité de bénéficier de la prime filière de 7€/t de maïs popcorn livré (ce qui représente 42€/ha pour un rendement moyen de 6tMS/ha). L'objectif de Nataïs est donc de déterminer un montant pour la prime carbone afin que la prime carbone soit plus attractive que la prime filière pour un nombre important d'agriculteurs du réseau de fermes pilotes. Les agriculteurs touchent donc en moyenne 42€/ha pour un coût moyen d'implantation des couverts de 93€/ha. L'intérêt des agriculteurs s'explique pour plusieurs raisons :
 - Les producteurs travaillent avant tout avec Nataïs pour le contrat popcorn et non pas uniquement pour la rémunération des couverts. C'est une des seules filières à financer les couverts végétaux, il existe donc un intérêt même si la prime carbone ne couvre pas aujourd'hui l'ensemble des coûts des couverts ;
 - Les producteurs ne font pas de couverts végétaux uniquement pour recevoir la prime mais également par conviction de l'intérêt de protéger leurs sols ;
 - La marge en maïs pop-corn est supérieure à la marge en maïs conso.
- **La création de biomasse du couvert** : afin d'inciter les agriculteurs à avoir des couverts productifs qui stockent une quantité importante de C, il est nécessaire de trouver un prix juste pour avoir un coût acceptable pour la société et un coût incitatif pour le producteur
- **L'attractivité de la prime carbone par rapport au coût des couverts** : l'implantation moyenne de couvert végétal coûtant 93,44 €/ha il est nécessaire que la prime carbone compense ces coûts dans une certaine proportion selon la quantité de biomasse créée.
- **Le prix moyen du carbone sur le marché du carbone** : Nataïs doit également prendre en compte le prix moyen de la tonne de CO₂ pour rester cohérent avec les marchés du carbone. Aujourd'hui, le prix de la tonne de CO₂ se négocie aux alentours de 25 euros et pourrait monter à 40 euros selon certains spécialistes de ce secteur. Si cela constitue la rémunération future des agriculteurs pour la mise en place des couverts végétaux, il est nécessaire que la rémunération actuelle des agriculteurs soit indexée sur ce prix afin que la rémunération soit stable et transparente pour les agriculteurs.
- **Le budget alloué à la prime carbone** : pour mettre en place cette prime carbone, Nataïs a réservé sur ses fonds propres un budget maximal de 30 000 euros. Ce budget permet de financer le surcoût à verser aux agriculteurs des fermes pilotes par rapport au coût de la prime filière. Par exemple, si un agriculteur devait toucher 42 €/ha pour la prime filière et touche finalement 50 €/ha pour la prime carbone alors la différence (8€/ha) serait prise en charge par ce budget.

En accord avec ces 5 critères, Nataïs a défini le prix de la prime carbone pour 2019/2020 à 45 euros la tonne de CO₂ séquestrée durablement.

- **L'attractivité de la prime carbone par rapport à la prime filière** : en fixant ce prix à 45 euros la tonne de CO₂ séquestrée, 51% des agriculteurs du réseau des fermes pilotes bénéficieront de la prime carbone plutôt que de la prime filière.
- **La création de biomasse du couvert** : le premier agriculteur qui bénéficiera de la prime carbone produit une biomasse aérienne de 2,21t de MS/ha, ce qui correspond à la moyenne du réseau.
- **L'attractivité de la prime carbone par rapport au coût des couverts** : avec un tel prix fixé, la prime carbone devrait compenser en moyenne 48% du coût moyen d'implantation des couverts végétaux (93,44 €/ha) et deux agriculteurs auraient leurs coûts d'implantation des couverts complètement couverts par cette prime.
- **Le prix moyen du carbone sur le marché du carbone** : Le montant de la prime reste très proche des 40 €/t de CO₂ stocké prévu dans les années à venir.
- **Le budget alloué à la prime carbone** : Avec ce prix défini, le budget utilisé par Nataïs pour rémunérer les 40 fermes pilotes en 2019/2020 est de 19 733,45 euros, ce qui est bien inférieur aux 30 000 euros prévus. Nataïs aurait pu donc

faire le choix de monter la valorisation de la tonne de CO₂ stockée afin de la rendre plus attractive, mais Nataïs doit également rester cohérente concernant la valorisation du carbone stocké. En effet, si à l'avenir Nataïs doit s'insérer dans le marché carbone et que la valeur du carbone s'avérait bien moins élevée, alors la rémunération versée aux agriculteurs pourrait baisser. En conséquence, il paraît à Nataïs plus prudent et stratégique de se donner l'opportunité de monter la valeur de la prime carbone plutôt que de la réduire.

Sur le long terme Nataïs a pour ambition de développer l'utilisation de cette prime à l'ensemble des agriculteurs faisant partie de son réseau ce qui représente un total de 7000 hectares⁵. Afin de pouvoir proposer cette prime à l'ensemble de son réseau Nataïs réfléchit actuellement à différents types de soutiens financiers pour soutenir cette ambition. Deux solutions sont actuellement considérées :

- **Le marché EU-ETS** : Nataïs revendrait les quotas d'équivalent carbone achetés aux agriculteurs. Ce serait un moyen pour Nataïs de compenser les coûts de la prime carbone mise en place au sein de son réseau tout en permettant de rémunérer les agriculteurs pour la mise en place de couverts végétaux (45 euros contre 40 euros la tonne de CO₂ sur le marché carbone dans les prochaines années). De plus la généralisation de l'utilisation de cette approche permettrait de diminuer les coûts de la prime filière qui n'est pas valorisable sur un marché externe.
- **Le label bas carbone** : le développement de la méthodologie grande culture est encore en cours de développement et Nataïs participe aux discussions concernant la création de ce label. La labélisation du projet Naturellement Popcorn permettrait d'obtenir une rémunération corrélée au stockage de carbone dans les sols agricoles.

2.2.7. Perspectives de Nataïs

C'est grâce aux outils techniques et financiers présentés ci-dessus que Nataïs compte accompagner le changement de pratiques des producteurs membres de son réseau et favoriser le stockage de CO₂ dans les sols agricoles. Pour ce faire, Nataïs bénéficie également de l'appui d'une base solide d'environ 10 agriculteurs pionniers et moteurs au sein du réseau fermes pilotes qui permettent de rassurer sur la stabilité et la durabilité du projet.

Pendant l'année 2019/2020, 17 agriculteurs du réseau ferme pilote avaient quitté ce réseau car ils avaient arrêté la culture de maïs popcorn ou n'étaient pas en capacité d'implanter des couverts cette année. Ces départs avaient été compensés par l'arrivée de 10 producteurs ce qui démontre l'attractivité du projet porté par Nataïs. Afin de favoriser cette dynamique, Nataïs accompagne ces agriculteurs dans les changements de pratiques, leur propose des essais qui les intéressent, communique leurs actions de manière positive en interne et en externe de l'entreprise et fidélise ces agriculteurs grâce à la prime carbone. Le développement et le maintien de cette prime carbone semble essentiel à l'attractivité et à la continuité de ce projet. En effet certains agriculteurs sont attirés par ce réseau pour des raisons agronomiques, d'autres pour des raisons financières. Une dernière partie des producteurs reste à convaincre de l'intérêt du réseau et du changement de pratique. Les axes de travail de Nataïs seront donc de continuer sa politique de communication sur l'intérêt des couverts végétaux, d'accompagner encore plus efficacement les producteurs dans leurs changements de pratiques et de continuer à proposer une prime carbone attractive et soutenable pour l'entreprise. En deux années le projet Naturellement Popcorn a réussi à développer un projet solide grâce à un réseau de producteurs solide et moteur, un soutien pertinent de la part de partenaires (Agro d'Oc, INRAE (CESBIO, UMR AGIR) et STMS). L'objectif pour les quatre années restantes du projet sera de donner une ampleur plus importante au projet en accompagnant une part plus importante de producteur dans l'adoption de couverts végétaux.

⁵ Nataïs produit du popcorn sur 7200ha, mais les parcelles avec des couverts végétaux représentent environ la moitié. Le bilan carbone sera fait pour l'ensemble du réseau de producteur couverts ou non.

2.2.8. Bilan du modèle NATAIS

Tableau 8 - Analyse du cas Nataïs

Cas d'application	<ul style="list-style-type: none"> - Exploitations grande culture produisant du pop-corn
Points de vigilance	<ul style="list-style-type: none"> - Financement du stockage carbone sur les fonds propres de l'entreprise : Actuellement il n'y a pas de valorisation du carbone stocké en dehors de la satisfaction de favoriser le stockage de carbone dans le sol. - Un coût d'implantation de couvert végétal bien supérieur à la prime carbone : le coût moyen d'implantation des couverts végétaux est deux fois supérieur à la prime carbone. Il faut cependant rappeler que Nataïs est une des seules entreprises à proposer cette prime et que des agriculteurs mettent en place des couverts végétaux même sans bénéficier de cette prime afin d'améliorer la qualité de leurs sols. La stratégie de Nataïs est donc d'encourager financièrement l'adoption de la pratique des couverts végétaux mais également de démontrer l'intérêt agricole de cette technique aux agriculteurs.
Facteurs clés de succès	<ul style="list-style-type: none"> - La mise en place d'une prime carbone unique et l'accompagnement agronomique des agriculteurs permet de lever les deux principaux freins rencontrés (manque de financement et manque de formation). Il reste à passer à l'échelle afin que l'ensemble des agriculteurs partenaires puissent bénéficier d'une prime carbone et ce sur l'ensemble de leurs parcelles. - Encouragement historique des agriculteurs partenaires à implanter des couverts végétaux en démontrant l'intérêt de cette pratique. Nataïs développe une démarche cohérente dans le temps d'adoption des couverts végétaux. - Accompagnement soutenu de son réseau d'agriculteur - Collaboration avec différents organismes : Agro d'Oc, INRAE-CESBIO, UMR AGIR et STMS

3. Agrégation des crédits carbone par un organisme tiers

3.1. Présentation du modèle

Dans le modèle de l'agrégation des crédits carbone par un organisme tiers, l'ensemble des crédits générés par des projets multiples sont regroupés et commercialisés auprès d'acheteurs qui souhaitent compenser volontairement leurs émissions (voir figure n°9). Il peut s'agir d'une association (comme France Carbon Agri Association), de coopératives, d'entreprises, etc. Un des avantages de ces modèles est de transférer le travail administratif et de commercialisation des agriculteurs à l'agrégateur. Cela peut être également un moyen de réduire les coûts de MRV supportés par les agriculteurs en réalisant des échantillonnages sur plusieurs fermes par projet. Un des risques pouvant exister dans le cadre de ce projet est la captation de la valeur par ces agrégateurs, en effet, il est nécessaire de s'assurer que l'ensemble de la valeur générée par les agriculteurs ne soit pas transféré à ces organismes.

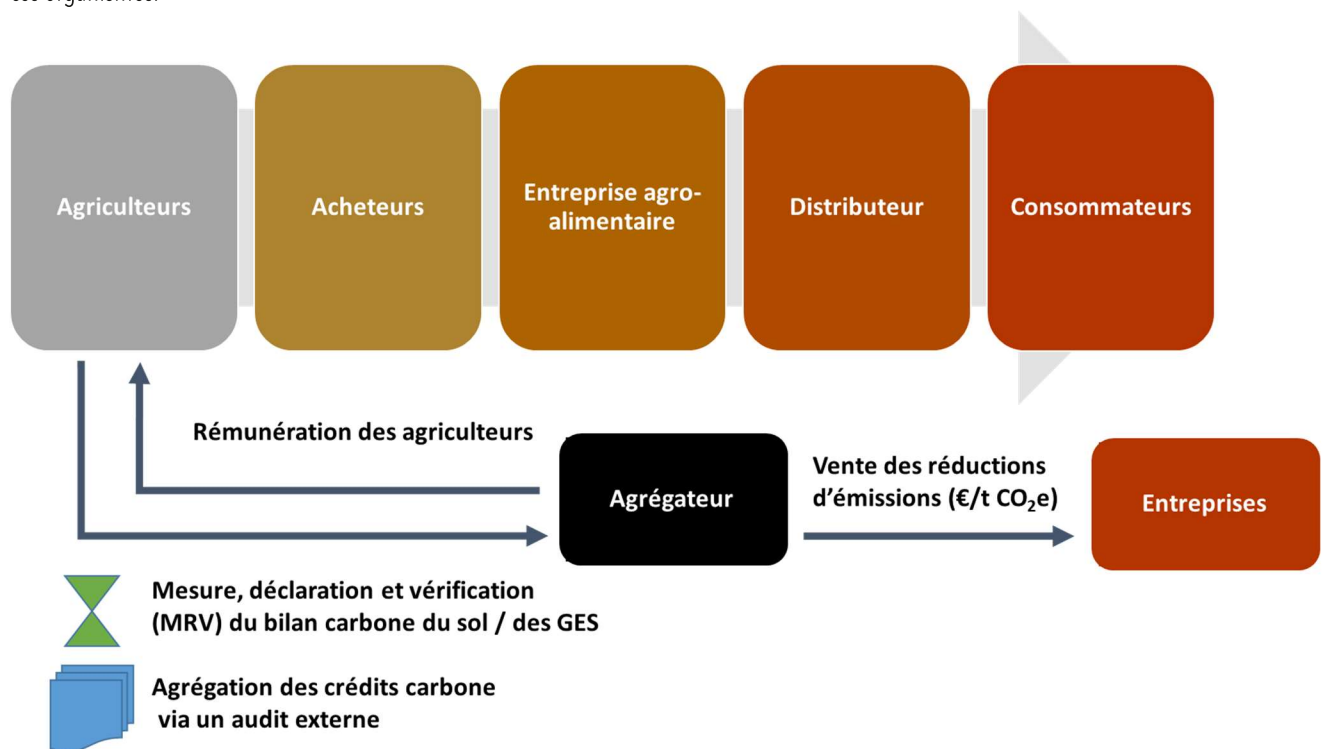


Figure 9 : Agrégation de crédits carbone par un agrégateur extérieur à la filière (association, plateforme numérique)

3.2. France Carbone Agri Association (FCAA)

France Carbone Agri Association (FCAA - <https://www.france-carbon-agri.fr/>) est un exemple important à considérer car c'est le 1^{er} acteur agricole français dont la méthodologie « CARBON AGRI » a été certifiée par le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) le 30 septembre 2019. Cette réactivité est le fruit d'un travail amont commencé plusieurs années plus tôt, permettant le développement de l'outil CAP'2ER (voir Yogo et al. 2021 – Livrable I du présent projet) permettant d'évaluer la réduction d'émissions de GES et le stockage carbone et de réaliser le lien entre les performances environnementales, techniques et économiques

3.2.1. Présentation du projet

FCAA a été créé en 2019 à l'initiative des représentants des éleveurs (Fédération Nationale Bovine (FNB), la Fédération Nationale Production Laitière (FNPL), la Fédération Nationale de l'élevage caprin (FNEC), la fédération Nationale de l'élevage Ovin (FNO)). Elle a pour but de regrouper des projets utilisant la méthode Carbon Agri afin d'agréger des projets de réduction des émissions et de stockage carbone. FCAA a plusieurs missions principales :

- Elle apporte une expertise technique aux projets et aux éleveurs
- Elle appuie la labellisation Bas carbone des projets
- Elle recherche des financeurs qui souhaitent contribuer à la réduction des émissions
- Elle effectue la contractualisation entre les différents acteurs. Cette contractualisation peut être bipartite (entre FCAA et les acheteurs de crédits carbone) ou tripartite (entre les éleveurs, les porteurs de projet et FCAA)
- Elle effectue la rétribution financière des agriculteurs



Figure 10 : actions menées par FCAA dans l'accompagnement de projets

La méthode Carbon Agri a pour objectif de comptabiliser et de rémunérer les réductions d'émission de gaz (GES) à effet de serre et le stockage de carbone en élevage et en grandes cultures. Les filières d'élevage étant engagés depuis 2013 dans des démarches de réduction de l'empreinte carbone, plus de 16 000 fermes sont aujourd'hui engagées dans des démarches de réduction des émissions de gaz à effet de serre ou d'augmentation du stockage de carbone. Le lancement du Label Bas Carbone en 2018 a représenté une opportunité de certification des réductions des émissions des GES pour toutes ces fermes. Liée à l'outil national d'évaluation en ferme CAP'2ER®, la méthodologie Carbon Agri a été déposée par un consortium constitué par l'institut de l'élevage, l'inter profession laitière (CNIEL), l'interprofession viande (Interbev), la commission nationale de l'élevage et I4CE. Cette méthodologie a été certifiée par le ministère de la transition écologique et solidaire comme étant conforme au Label Bas Carbone le 30 septembre 2019.

Cette méthode s'adresse à des porteurs de projet individuels porté par un mandataire ou à plusieurs projets portés de manière commune par un seul mandataire. Le regroupement d'agriculteurs auprès de porteurs de projet permet de faciliter la mise en œuvre de ces projets dans les différentes régions et d'éviter que chaque agriculteur ait à déposer un projet, demander la labellisation, chercher des acheteurs ou mettre en place un des contrats de vente.

Suite à l'appel à projet lancé fin 2019 par FCAA, 300 éleveurs français ont adhéré. Plusieurs types de porteurs de projets font partie de ce premier appel à projet :

- Des chambres d'agriculture

- Des Organisation de producteurs (OP) viande
- Des centres de gestion
- Des laiteries
- Des SCA (société en commandite par actions) pour la viande
- Des chambres d'agriculture
- Des centres de gestion

De nombreuses demandes individuelles d'éleveurs ont été effectuées, ce qui complique le déroulement global car il faudrait alors effectuer un accompagnement technique individuel personnalisé. C'est pourquoi FCAA préfère travailler avec des porteurs de projet car ce sont eux qui proposent l'accompagnement technique, qui réalisent les CAP'2ER, et les étapes intermédiaires qui doivent être faites dans le cadre de la méthodologie Carbon Agri. De plus, l'utilisation de projets collectifs permet une économie d'échelle et d'assurer une ingénierie de projet.

3.2.2. Pratiques mises en place :

La durée des projets est de 5 ans renouvelable pour une autre période de 5 ans. Ces exploitations agricoles doivent avoir au minimum : un atelier bovin lait, et/ou un atelier bovin viande, et/ou un atelier culture de vente. Pour prétendre à l'utilisation de cette méthode, trois principaux critères ont été définis :

- Pendant toute la durée du projet, il est nécessaire que l'exploitation respecte le plafond d'azote organique épandu défini par la réglementation sur les nitrates de 170 kg N_{organique} /ha de SAU émis par la directive nitrate (que l'exploitation soit en zone vulnérable ou non). Cette mesure limite donc l'accès aux exploitations intensives à la méthodologie Carbon Agri.
- L'arrêt d'activité et en particulier d'ateliers rend inéligible l'activité concernée à l'obtention de crédit carbone
- Il est nécessaire qu'il y ait maintien ou augmentation du stock de carbone au sein de l'exploitation

Les réductions des émissions GES peuvent être effectués grâce :

- A la gestion du troupeau
- A l'alimentation du troupeau
- A la gestion des déjections animales
- A l'optimisation de la consommation d'engrais
- A l'optimisation de la consommation d'énergie

L'augmentation du stockage carbone dans les sols est obtenue par :

- L'implantation de surfaces en prairies permanentes
- L'augmentation de la place des prairies temporaires dans la rotation
- La limitation du travail du sol avec le semis direct,
- L'implantation de culture intermédiaire,
- L'implantation de haies
- L'agroforesterie.

3.2.3. Méthodologie de quantification et de vérification de mesures :

La méthodologie CarbonAgri est disponible sur le site du ministère en charge de l'écologie (<https://www.ecologie.gouv.fr/label-bas-carbone>). La comptabilisation des réductions se fait selon une approche sur le cycle de vie. Les réductions d'émissions directes et indirectes (GES émis par les animaux et leur alimentation, par la gestion des déjections et par la gestion des cultures et prairies) ainsi que la séquestration de carbone (gestion des cultures, des prairies, des haies et linéaires boisés) sont pris en compte.

La vérification des émissions se fait a posteriori. La somme des réductions /augmentations d'émissions des trois ateliers (bovin lait, bovin viande et ateliers cultures) et de la séquestration carbone à l'échelle de l'exploitation permet de calculer le gain carbone total à l'échelle de l'exploitation. Pour évaluer la réduction d'émissions de GES et le stockage carbone, l'outil CAP'2ER® de niveau 2 (ou tout autre outil reconnu équivalent sur le plan méthodologique et certifié par un organisme tiers) est utilisé. Cette évaluation permet une étude au niveau de l'exploitation afin d'estimer la réduction des émissions totale effectuée par les pratiques et l'agriculteur et d'éviter qu'il n'y ait un transfert des émissions d'un atelier à un autre. L'outil CAP'2ER® permet une évaluation multicritère d'autres aspects environnementaux (qualité de l'eau et de l'air, consommation et production d'énergie, biodiversité). Cette évaluation permet également de s'assurer qu'il n'y ait pas d'impact négatifs sur les autres aspects environnementaux et cela permettrait également une meilleure valorisation des crédits carbone auprès de leurs acheteurs. Après le bilan final effectué par Cap'2ER® un audit est effectué par un organisme tiers indépendant afin de s'assurer que la méthodologie Carbon Agri a bien été respectée. Cet audit est effectué sur un échantillon minimal de 5 fermes (un minimum de 1/2 √ nombre total de fermes) dans le cas de projets collectifs.

Les porteurs de projet ont le choix entre deux scénarios spécifiques. Soit les porteurs choisissent le scénario spécifique et, dans ce cas, les empreintes carbonées sont évaluées via CAP'2ER® en début et en fin de projet (soit sur un échantillon d'éleveurs soit sur la totalité des éleveurs). Si les porteurs de projets choisissent le scénario générique, alors le CAP'2ER initial est remplacé par des références génériques définies sur la base de résultats fournis sur un échantillon de fermes moyennes en France (valeurs variant selon les systèmes d'exploitation et les régions). Un rabais de 10% est appliqué sur les résultats des crédits carbone des scénarios génériques (présents dans la méthodologie Carbon Agri).

3.2.4. Modèle économique

Un an après la notification du 1^{er} projet au MTES, 13% des crédits carbone disponibles grâce à ce premier appel à projet avaient déjà été vendus. Les principaux acheteurs sont pour le moment la caisse des dépôts et des consignations et le groupe Kering.

Tableau 9 : modèle économique de France Carbon Agri Association

Type de donnée	Chiffre	Commentaire
Nombre d'exploitation impliquées	300 éleveurs regroupés auprès de 20 porteurs de projets. A date, il est estimé qu'en 5 ans, 137 000 tonnes de CO ₂ seront évitées grâce à ces 20 projets.	Un deuxième appel à projet a été lancé le 2 novembre 2020. Il réunit 56 porteurs de projet et 1300 agriculteurs.
Financement perçu	L'association possède une aide financière au démarrage pour effectuer tout le travail de lancement. Ensuite l'association fonctionnera entièrement grâce à la rémunération liée aux crédits carbone, en prélevant un pourcentage sur le crédit carbone.	-
La rémunération perçue	La rémunération perçue dépend d'une obligation de résultat. Actuellement, chaque acteur reçoit un certain montant par tonne d'équivalent CO ₂ vendu : <ul style="list-style-type: none"> - 3€/t CO₂e pour FCAA - 5€/t CO₂e pour le porteur de projet - Entre 30 et 35 €/t CO₂e pour l'éleveur. Cette rémunération dépend du type de projet et des actions mises en place sur les exploitations. Un seuil de 30 euros a été contractuellement fixé pour la rémunération des agriculteurs. 	<ul style="list-style-type: none"> - 40% du montant est perçu en milieu de projet suite à l'audit de mi-parcours pour s'assurer de la mise en œuvre des pratiques. Le solde sera versé en fin de projet sur la base du CO₂ stocké et évité vérifié par le Cap'2ER® et après l'audit de certification par des auditeurs externes. - Une traçabilité des réductions GES/carbone est effectuée pour chaque agriculteur. Si au cours du projet, la valeur du crédit carbone était amenée à évoluer, alors l'agriculteur serait rémunéré sera le nouveau prix en cours.
Coût de vérification	<ul style="list-style-type: none"> - Environ 1500 € à l'entrée (comprenant une Évaluation du CAP'2ER, la création d'un plan carbone et une visite technico-économique), - 400 € par an et par ferme pour l'assistance individuelle. - Environ 1000 € pour le bilan final (CAP'2ER® et constat réalisation) 	La méthode Carbon Agri permet la vérification des projets par échantillonnage ce qui devrait permettre des économies d'échelle et donc contribuer à réduire ces coûts.

3.2.5. Bilan du modèle FCAA

Tableau 10 : bilan du cas FCAA

Cas d'application	<ul style="list-style-type: none"> - Réductions d'émission de gaz (GES) à effet de serre et stockage carbone en élevage et en grandes cultures
Points de vigilance	<ul style="list-style-type: none"> - Un an après la notification de 1^{er} projet au MTES, 13% des crédits carbone disponibles grâce à ce premier appel à projet avaient été vendus. FCAA doit donc encore commercialiser le reste des crédits carbone et l'intérêt des acheteurs pour ces crédits est donc encore à confirmer. - Un seuil de 30 euros/tCO₂e a été fixé pour la rémunération des agriculteurs. Cette valorisation élevée est favorable aux agriculteurs et va de pair avec les coûts de changement des pratiques mais cela peut constituer un frein pour les acheteurs (le prix moyen sur les marchés internationaux de la tonne de CO₂e est de 6 euros).
Facteurs clés de succès	<ul style="list-style-type: none"> - Développement de l'outil CAP'2ER[®] qui a pu être directement utilisé dans le cadre du LBC - Première méthode validée par le LBC en faisant un précurseur dans le marché carbone volontaire français - Le regroupement d'agriculteurs auprès de porteurs de projet permet de faciliter la mise en œuvre de ces projets dans les différentes régions et d'éviter que chaque agriculteur ait à déposer un projet, demander la labellisation, chercher des acheteurs ou mettre en place un des contrats de vente. Cela permet une économie d'échelle et d'assurer une ingénierie de projet - Un intérêt croissant de la part des éleveurs (300 agriculteurs lors du premier appel à projet et 1300 lors du second)

3.3. Le fond de réduction des émissions en Australie

Le fond de réduction des émissions en Australie a été étudié car c'est un cas précurseur du développement de crédit carbone. Créé en 2011, il a délivré dans le domaine agricole plus de 1 million d'unités de crédits carbone⁶, émis au travers de plus de 143 projets.

3.3.1. Présentation du projet

Le fond de réduction des émissions (Emissions Reduction Fund/ERF) est un mécanisme volontaire pour inciter les organisations et individus à adopter les pratiques et des technologies qui réduisent leurs émissions. L'organisme public australien est en charge de décerner des unités de crédit carbone australien (Australian Carbon Credit Units/ ACCUs), chacune d'entre elle étant équivalente à une tonne de CO₂ équivalent séquestré ou évité. Les ACCUs peuvent être vendus au gouvernement à travers un contrat d'abattement carbone ou à d'autres acheteurs souhaitant compenser leurs émissions. Pour recevoir ces ACCUs, il faut suivre des méthodologies définies par le gouvernement australien. Pour le secteur agricole, les méthodologies sont divisées en 7 groupes et [une méthodologie](#) s'adresse spécifiquement au stockage de carbone dans les sols agricoles. Elle définit les règles à appliquer pour l'obtention de UCCAs et les types de pratiques culturales pouvant en bénéficier :

- Pâturages
- Cultures
- Horticulture
- Systèmes d'agriculture mixte

La méthodologie du stockage carbone que nous allons étudier ici date de 2018. Deux autres méthodologies étaient déjà disponibles mais elles étaient peu adoptées à cause du coût élevé des mesures de vérifications directes qui y étaient associées mais également à cause du nombre peu élevé de types de productions disponible. Cette troisième méthode proposée par le gouvernement est conçue pour être plus flexible, pour prendre en compte un plus grand nombre de type de production.

3.3.2. Pratiques mises en place

Pour être éligible à l'obtention de crédits carbone les agriculteurs doivent :

- Identifier des terres éligibles pour ce processus : les terres étaient des pâturages, des cultures (qui peuvent inclure l'horticulture et la production de fruits et légumes) ou des jachères nues au cours des dix dernières années
- Etablir leur droit légal sur ces terres à mettre en place ce projet et à en obtenir des crédits carbone (bail, titre foncier, entente signée avec d'autres propriétaires fonciers)
- Obtenir les approbations réglementaires et le consentement de toutes les personnes ayant un intérêt admissible dans le terrain alloué au projet (cela peut comprendre des banques, des gouvernements d'État ou des organismes autochtones).
- S'assurer que le projet est nouveau et qu'il correspond effectivement à l'application de nouvelles pratiques agricoles

Pour que son projet soit accepté, l'agriculteur doit au minimum appliquer une des pratiques suivantes :

- Apporter des nutriments, de la chaux ou du gypse
- Installer un nouveau système d'irrigation
- Rétablir ou rajeunir un pâturage par l'ensemencement
- Etablir ou entretenir un pâturage là où il n'y en avait préalablement pas (terres cultivées ou jachères nues)
- Modification de la durée ou de l'intensité du pâturage

⁶ <http://www.cleanenergyregulator.gov.au/maps/Pages/erf-projects/index.html>

- Conserver les résidus de culture après les récoltes
- La conversion d'un labourage intensif à pas ou peu de labourage
- La modification des caractéristiques du paysage pour assainir les sols
- Utiliser des moyens mécaniques pour ajouter ou redistribuer le sol à travers le profil du sol

Dans la mesure où ces conditions sont remplies, alors le Clean Energy regulator peut valider ou non l'enregistrement du projet de l'agriculteurs.

3.3.3. Méthodologie de quantification et de vérification de mesures

Les agriculteurs doivent proposer en début de projet un plan de gestion qui sera revu et validé par des auditeurs. Afin d'être éligible à l'obtention de crédits carbone australien, l'additionnalité des réductions d'émissions doit obligatoirement être démontrée. Le niveau de référence de la quantité de carbone dans les sols est défini par le niveau de carbone dans les sols les 10 années précédant le lancement du projet. Le nombre de crédit obtenu est dépendant de la quantité additionnelle de carbone stocké qui est calculé en se basant sur [un modèle](#). L'échantillonnage nécessite de prélever 9 échantillons sur une profondeur minimale de 30 cm pour chaque zone stockant du carbone.

La période pendant laquelle un agriculteur peut gagner des crédits grâce à son projet est de 25 ans. Tous les 5 ans minimum, l'agriculteur a également l'obligation de faire un rapport sur son projet. Il reçoit des crédits de carbone chaque fois qu'il signale une augmentation des niveaux de carbone.

Pour ces projets, une période de permanence de 25 ou de 100 ans (durée choisie par l'agriculteur) doit être définie afin de s'assurer de la permanence du stockage de carbone. Cette période de permanence commence dès l'obtention de crédits de la part de l'agriculteur. Afin de prendre en compte la permanence du carbone des rabais sont appliqués sur le carbone total stocké dans les sols. Un rabais de 25% est appliqué sur le nombre total de crédit obtenu pour les projets de 25 ans. De la même manière, un rabais de 5% est appliqué sur les projets de 100 ans. Dans le cas où le stockage de carbone ne serait pas permanent sur cette période, alors l'agriculteur aurait l'obligation de rendre les crédits obtenus.

En fin de projet, les agriculteurs proposent un rapport qui comprend :

- Les dates et la localisation des échantillons effectués
- Les surfaces sur lesquelles ont été menées le projet et les pratiques qui ont été adoptées
- La quantité de crédit obtenu est égale à cette quantité de carbone nette stockée minorée par les émissions réalisées au cours du projet (carburant, fertilisants, etc.).

3.3.4. Modèle économique

En l'état actuel, le gouvernement achète 95% des ACCUs vendus. Pour effectuer la vente d'ACCUs, les acteurs en possession de ces crédits doivent proposer des factures au gouvernement ou aux acheteurs. L'acceptation de ces factures repose sur la cohérence entre coûts faibles et abattement d'émissions. Lorsque ces factures sont acceptées alors le vendeur reçoit le montant spécifié dessus. En septembre 2020, le régulateur avait signé des contrats avec un total de 143 projets pour un total de 1 million d'ACCUs. La demande en ACCUs de la part d'autres acheteurs que l'état semble faible et les ACCUs sont en compétition avec d'autres unités de réduction des émissions moins chères à un niveau national. Cette demande des acheteurs pourrait évoluer avec les politiques d'entreprises qui se fixent de plus en plus d'objectifs climatiques et sont en demande de produits de réduction d'émissions et le développement de la demande internationale pour des produits bas carbone.

Le Clean Energy Regulator organise régulièrement des enchères sur leur [site web](#) pour acheter des crédits carbone. Cela permet aux agriculteurs de vendre leurs crédits carbone obtenus. Cela peut être un moyen pour eux de sécuriser leurs ventes en obtenant un contrat à terme d'une durée maximale de 10 ans. Pour l'année 2019/2020, le prix moyen du crédit carbone sur le marché volontaire est de 16,35\$/ crédit. Ce prix est encore considéré comme insuffisant pour développer des projets de reforestation et un prix moyen entre 25 et 40 A\$ par tonne de CO₂e serait nécessaire d'ici 2030 (*Carbon neutral, 2020 review of the ERF consultation paper*).

A ce stade, il est encore difficile de déterminer le coût exact de cette méthode pour les agriculteurs. Il faut cependant noter que les fermes australiennes sont de tailles plus importantes que les fermes françaises et qu'elle bénéficient donc d'un effet d'échelle dans

la mise en place de ce stockage carbone. Les coûts à prendre en compte pour mener un projet de valorisation carbone sont développés dans le tableau n°11.

Tableau 11 : types de coûts portés par les agriculteurs dans les projets carbone australiens

Les types de coûts pour l'agriculteur	La décomposition de ces coûts
Les coûts agricoles dépendent des pratiques mises en place par les agriculteurs.	Cela peut comprendre <ul style="list-style-type: none"> - L'achat et l'application de fertilisant - Le coût de l'installation et de fonctionnement de l'irrigation - L'installation des clôtures pour gérer le pâturage - Le temps passé à effectuer le suivi et l'enregistrement des mesures
Les coûts de prélèvement et d'analyse des échantillons	<ul style="list-style-type: none"> - Technicien pour prélèvement du sol : entre 1500 et 2000\$ par jour plus le prix des trajets. Estimation du prix total : 5 000\$ - Analyse de laboratoire : entre 40 et 100\$ par échantillon. Estimation du prix total minimum : 1 800\$ <p>Ces coûts ayant été considérés comme une barrière importante, une avance de 5000\$ est maintenant disponible pour financer les coûts d'échantillonnage.</p>
La préparation des rapports peut également prendre du temps qui doit être décompté ou avoir un coût si du personnel est engagé (un rapport au minimum tous les 5 ans)	-
Un auditeur doit être engagé pour effectuer au minimum 3 audits sur la période de 25 ans	-

3.3.5. Bilan du modèle australien

Tableau 12 : bilan du modèle australien

Cas d'application	<p>Une méthodologie définie par le gouvernement australien s'appliquant aux pratiques culturales suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pâturages - Cultures - Horticulture - Systèmes d'agriculture mixte
Points de vigilance	<ul style="list-style-type: none"> - Un coût du projet important pour les agriculteurs (environ 6 800\$ par exploitation). Une avance de 5000\$ est proposée par l'état pour financer les coûts d'échantillonnage. - Des crédits achetés majoritairement par l'état australien - Un prix moyen de 16,35\$ considéré comme insuffisant pour développer des projets de reforestation
Facteurs clés de succès	<ul style="list-style-type: none"> - Un cas précurseur du développement de crédit carbone - Mécanisme reconnu géré par l'état australien - Le gouvernement achète 95% des crédits vendus - 1 million d'unités de crédits carbone, émis au travers de 143 projets - La taille importante des exploitations en Australie qui facilite les économies d'échelle.

3.4. Le marché du carbone en Alberta

De 2002 à aujourd'hui, l'Alberta est la province canadienne qui émet le plus de gaz à effet de serre. En juillet 2007, la province canadienne de l'Alberta est devenue la première administration en Amérique du Nord à imposer un système de conformité au carbone.

3.4.1. Présentation du projet

L'Alberta une province qui représente presque un tiers des surfaces agricoles et la moitié des vaches de boucherie du pays. Les entreprises générant plus de 100 000 tonnes de gaz à effet de serre par an produisent plus de la moitié des émissions totales en Alberta. En juillet 2007, la province canadienne de l'Alberta est devenue la première administration en Amérique du Nord à imposer un système de conformité au carbone. Afin de réguler ces émissions, ces entreprises ont l'obligation d'effectuer une ou plusieurs des actions suivantes :

- Diminuer les émissions issues de leurs propres activités,
- Verser une somme dépendant d'une tarification fixe du carbone au fonds TIER (« *Technology Innovation and Emissions Reductions* »). Actuellement ce prix est de 30\$/tCO₂e, il sera de 40\$/tCO₂e en 2021 et de 50\$/tCO₂e en 2022. Les revenus de cette taxe devraient être de 485 millions de dollars en 2022-23,
- Acheter des crédits EPC (« *Emissions Performance Credits* ») aux entreprises qui ont dépassé leurs obligations de réduction d'émissions annuelles et qui ont touché un nombre équivalent de EPC,
- Payer pour des crédits compensatoires qui proviennent du marché carbone d'Alberta qui proviennent tant du secteur de l'agriculture que des autres secteurs. La valeur de ces crédits carbone en 2020 était d'environ 28 dollars (Carbon market business brief, IETA, juin 2020)

Les crédits compensatoires sont des crédits générés par des projets volontaires qui augmentent l'absorption ou qui diminuent les réductions d'émissions de GES. Chaque crédit est équivalent à une tonne d'équivalent CO₂ réduite ou éliminée qui aurait existé en l'absence du projet. Ces crédits sont validés en utilisant des méthodologies approuvées par l'Alberta et sont vérifiés par un organisme tiers qui effectue les validations, vérifications et audits standards. Les projets de réduction d'émission doivent répondre aux exigences de la réglementation TIER, aux normes standards de projet de contribution aux réductions des gaz à effet de serre et à un protocole approuvé par l'Alberta.

3.4.2. Pratiques mises en place

Il existe 25 protocoles de production de crédits dans l'Alberta. Dans le secteur de l'agriculture, les crédits carbone sont générés en se conformant à 4 protocoles approuvés :

- Agriculture de conservation, qui est de loin la méthodologie la plus utilisée en agriculture
- Biogaz (décomposition anaérobie des matières agricoles)
- Bovins (réduction des émissions de gaz à effet de serre des bovins)
- Microgénération (production décentralisée d'énergie renouvelable). Ce protocole est encore très peu utilisé en raison de la faible quantité d'offres, de prix carbone faibles et des incertitudes concernant les exigences relatives aux certifications.

3.4.3. Modèle économique

Théoriquement, les agrégateurs ne sont pas nécessaires pour utiliser le marché des compensations. En pratique, les grandes entreprises préfèrent acheter des crédits carbone en grandes quantités et signer un seul contrat, plutôt que de négocier plusieurs contrats pour de petits volumes. Les agrégateurs jouent le rôle de développeurs/compilateurs de projets et gèrent les nombreuses exigences liées à la création et à la vente de compensations viables. Cela comprend notamment :

- La gestion de la collecte des données
- La vérification du stockage par un organisme tiers

- La commercialisation des crédits (marketing et vente)

Nous pouvons notamment citer les agrégateurs [Radicle](#) et [Trimble](#) qui agrègent les crédits carbone des exploitations agricoles utilisant le protocole de l'agriculture de conservation.

La valeur perçue par un agriculteur de la vente de ces crédits dépend :

- Du prix fixe du carbone à verser au fond TIER, le prix de vente des crédits compensatoires étant généralement inférieur au prix fixe du carbone,
- De l'évolution du prix de vente des crédits compensatoires,
- De la répartition des revenus entre agriculteur(s) et agrégateur. L'association avec un agrégateur n'est pas obligatoire pour des agriculteurs, cependant les industriels préfèrent généralement acheter des crédits grâce à un seul contrat plutôt que de négocier plusieurs contrats de petit volume.
- De la quantité de carbone stockée/évitée, cette quantité pouvant être limitée par le protocole associé.

Tableau 13 : méthodologies et stockage de carbone associé en Alberta

Méthodologie	Stockage	Carbone stocké total	Expiration du protocole
Agriculture de conservation	<p>Les producteurs albertains qui pratiquent le semis direct stockent environ :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0.11 tonne/acre par an dans la région de Parkland (0.27 tonne/ha/an) - 0.06 tonne/acre par an (0,15 tonne/ha/an) dans les Prairies sèches (Dry prairies : partie Sud-Est de l'Alberta, les zones irriguées des Prairies sèches (stockent 0.11 tonne/acre par an) <p>Généralement la répartition des ventes des crédits compensatoires pour cette méthodologie se fait selon le ratio : 1/3 pour les agrégateurs et 2/3 pour les agriculteurs. Ce chiffre varie pour les autres protocoles.</p>	Entre 600 000 et 700 000 tonnes par an	31 décembre 2021
Bovins (réduction des émissions de gaz à effet de serre des bovins)	Quantité de crédit produite = Emission non rejetées de base - réduction non rejeté	-	-
Microgénération (production décentralisée d'énergie renouvelable)	Le rendement en carbone de la microgénération est fixé à 0,64 kilogramme par kilowattheure (kWh) en 2019. Une installation qui produirait 10 000 kilowattheure (kWh) par an produirait 6 400 kg soit 6,4 tonnes	-	-

En Alberta, depuis 2002, environ 13 millions de tonnes d'équivalent CO₂ ont été stockées/évitées par la modification de pratiques (majoritairement grâce à des projets de diminution du travail de labour, génération de biogaz) générant des crédits carbonés. Des agrégateurs tels que Radiclé et Trimble agrègent les crédits carbone des exploitations agricoles et les revendent aux entreprises. Il est estimé que ces crédits d'émission ont généré un chiffre d'affaire de 170 millions de dollars aux agriculteurs et agrégateurs.

3.4.4. Bilan du marché carbone en Alberta

Tableau 14 : Bilan du marché carbone en Alberta

Cas d'application	<p>Il existe 25 protocoles de production de crédits dans l'Alberta. Dans le secteur de l'agriculture, les crédits carbone sont générés en se conformant à 4 protocoles approuvés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agriculture de conservation, qui est de loin la méthodologie la plus utilisée en agriculture - Biogaz - Bovins - Microgénération
Points de vigilance	<ul style="list-style-type: none"> - Les entreprises ont l'obligation de se conformer à la réglementation carbone en Alberta, ce qui favorise l'achat de crédits carbone, ce qui n'est pas le cas dans d'autres pays.
Facteurs clés de succès	<ul style="list-style-type: none"> - Depuis 2002, environ 13 millions de tonnes d'équivalent CO₂ ont été stockées/évitées par la modification de pratiques - Ces crédits d'émission ont généré un chiffre d'affaire de 170 millions de dollars aux agriculteurs et agrégateurs. - Des agrégateurs tels que <u>Radicle</u> et <u>Trimble</u> agrègent les crédits carbone des exploitations agricoles et les revendent aux entreprises. - Généralement la répartition des ventes des crédits compensatoires pour cette méthodologie se fait selon le ratio : 1/3 pour les agrégateurs et 2/3 pour les agriculteurs. On peut remarquer que les agrégateurs touchent ici une rémunération plus importante (en proportion) que FCAA. - Un prix de la tonne de CO₂ en évolution : ce prix est de 28\$/tCO₂e. Comme la tarification du carbone est amené à évoluer en 2021(40\$/tCO₂e) et en 2022 (50\$/tCO₂e), le prix des crédits carbone devrait augmenter également dans les années à venir

4. Agrégation des crédits par une plateforme

4.1. Présentation du modèle

Les plateformes sont des entreprises privées qui constituent de nouvelles place de marché pour la vente de crédit carbone volontaire (voir figure n°10). Elles permettent de réunir ensemble les entreprises, les citoyens et les agriculteurs qui stockent du carbone dans le sol. Dans ce type de modèle, les agriculteurs commencent par faire une demande sur leur site web pour présenter leur projet de stockage. Une fois que le projet est validé et accepté par la plateforme, et que les agriculteurs ont stocké du carbone les absorptions de carbone sont vérifiées et quantifiées par une tierce partie indépendante ou non (selon la plateforme). Une fois que les réductions d'émission et/ou le stockage carbone est vérifié, des crédits carbone sont émis et commercialisés par la plateforme. Les acheteurs peuvent payer sur cette place de marché le nombre de tonnes de carbone stockées qu'ils souhaitent financer et les certificats d'absorption de carbone sont retirés de la vente pour éviter un double comptage. Il existe plusieurs exemples de plateforme de ce type tels qu'[Indigo AG](#), [Nori](#) ou encore [Soil Capital](#).

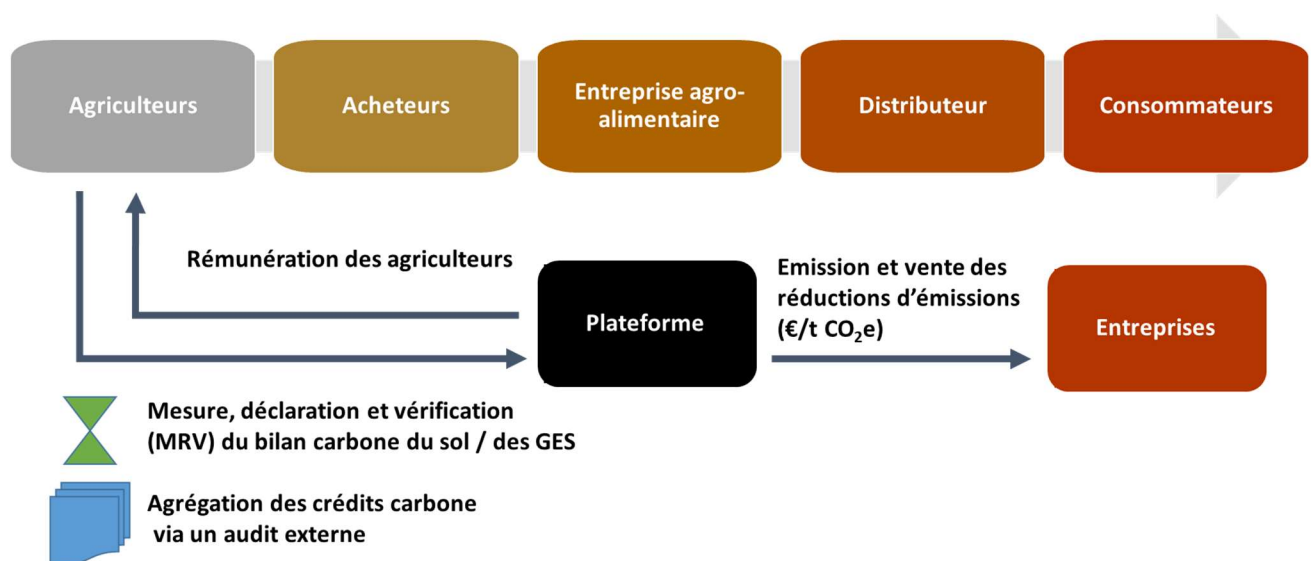


Figure 11 : agrégation des crédits par une plateforme

4.2. Soil Capital

Soil Capital est une société indépendante qui propose un accompagnement aux agriculteurs français et belges souhaitant valoriser le carbone stocké dans le sol. C'est une plateforme qui permet aux agriculteurs de postuler directement sur leur site. C'est un service payant qui comprend notamment un accompagnement agronomique et commercial. Suite à la vérification du stockage carbone via l'utilisation de l'outil *Cool Farm Tool*, les crédits sont commercialisés par l'entreprise SouthPole qui est partenaire de Soil Capital. Cette entreprise a été sélectionnée dans le cadre de cette étude car c'est une plateforme européenne en pleine croissance. Le fait que ce soit une plateforme est également intéressant car cela facilite l'accès aux agriculteurs à la valorisation carbone.

4.2.1. Présentation du projet :

Soil Capital est une société indépendante composée d'agriculteurs dont l'objectif premier est de soutenir les agriculteurs à améliorer la rentabilité agricole et la santé des sols. Ils ont lancé en 2020 un programme de rémunération pour les agriculteurs en France et en Belgique appelé *Soil Capital Carbon*. Ce programme de 5 ans vise à commercialiser des certificats carbone pour les émissions stockées ou évitée. Cette entreprise accompagne ses agriculteurs adhérents en leur fournissant un appui agronomique

sur le développement de pratiques stockant du carbone, en mesurant les réductions d'émissions et le stockage carbone réalisé. Chaque année les gains nets carbone seront estimés par Soil Capital et les crédits sont commercialisés par leur partenaire South Pole.

4.2.2. Pratiques mises en place :

L'offre proposée par Soil Capital est destinée aux exploitations en grand culture, l'arboriculture n'est pas comprise dans ce modèle. Les pratiques qui seront appliquées dépendront du pronostic effectué sur les fermes, cela comprend notamment

- un travail minimum ou pas de travail du sol (pratiques identifiées comme non stockantes dans le contexte français métropolitain par Pellerin et al. 2019),
- l'implantation de couverts végétaux,
- diversification des rotations, gestion des résidus, fertilisation optimisée ou organique.

4.2.3. Méthodologie de quantification et de vérification de mesures

La méthodologie de Soil Capital Carbon respecte la norme internationale ISO 14064. Après inscription de l'agriculteur au programme, Soil Capital réalise avec lui un bilan de son exploitation à l'aide de l'outil [Cool Farm Tool](#) (voir livrable 1 de cette étude) qui permet de quantifier l'empreinte GES des exploitations. Des actions sont ensuite déterminées afin d'améliorer la rentabilité et l'impact GES de la ferme.

Soil Capital prend en compte le non-labour comme levier de stockage carbone (ce qui n'est pas le cas dans le LBC et qui n'est pas validé par l'étude INRAE 4 pour 1000). Cela peut mener à une estimation plus importante de la quantité de carbone stockée et rendre Soil Capital plus attractif que le Label Bas Carbone qui est censé être la référence validée par le corpus scientifique français.

4.2.4. Modèle économique

Depuis septembre 2020, 175 agriculteurs représentant un total de 35 000 hectares avaient adhéré à ce programme et plus de 500 000 euros de certificats carbone (ou tonne de CO_{2e} non émise ou stockée) avaient déjà été achetés en partie par l'entreprise Cargill et la fondation Iba.

Tableau 15 : modèle économique de Soil Capital

La rémunération des agriculteurs :	Les prix de vente des certificats carbone sont estimés à 27,5 euros/t de CO _{2e} Durant les 5 premières années du programme, les agriculteurs toucheront 80% des réductions d'émissions effectuées. Les 20% restant leur seront versés au bout de la 11 ^{ème} à la 15 ^{ème} année s'il n'y a pas de pertes de CO ₂ imprévues sur les exploitations. Dans le cas contraire, ces 20% serviront à compenser les pertes observées.
Les coûts supportés par les agriculteurs	- 980 euros (HT) par an pour adhérer au programme, soit 4 900 euros (HT) sur l'ensemble du projet. - Les coûts/gains de changement de pratique
Valeur du carbone vendu	500 000 euros de certificats carbone

4.2.5. Bilan du modèle Soil Capital

Tableau 16 : Bilan du modèle Soil Capital

Cas d'application	Exploitations françaises et belge en grande culture (l'arboriculture n'est pas comprise dans ce modèle) implantant des pratiques telles qu'un travail minimum ou pas de travail du sol, l'implantation de couverts végétaux, diversification des rotations, gestion des résidus, fertilisation optimisée ou organique.
Points de vigilance	<ul style="list-style-type: none">- Un cout assez élevé pour participer à ce programme (4900 euros sur 5 ans)- Soil Capital prend en compte le non-labour comme levier de stockage carbone, ce qui n'est pas le cas dans le Label Bas Carbone.
Facteurs clés de succès	<ul style="list-style-type: none">- Plateforme qui peut collaborer avec toute exploitation française ou belge souhaitant valoriser le carbone stocké dans le sol- 175 agriculteurs représentant un total de 35 000 hectares ont adhéré à ce programme- Une valeur élevée des certificats carbone (estimés à 27,5 euros/t de CO₂e)- Plus de 500 000 euros de certificats carbone ont déjà été commercialisés

4.3. Svensk Kölinlagring

Svensk Kölinlagring est présentée ici car c'est une plateforme qui par son modèle permet une rémunération importante de l'agriculteur. Trois entreprises : MAX Burgers, Oatly et Grant Thornton financent directement les changements de pratique des agriculteurs qui perçoivent environ 100 euros par hectare.

4.3.1. Présentation du projet :

Svensk [Kölinlagring](#) est une plateforme suédoise créé en 2019 qui réunit des scientifiques, des agriculteurs, des entreprises du secteur alimentaire et d'autres parties prenantes autour de l'objectif suivant : concevoir un système qui permet et crée des incitations à stocker le dioxyde de carbone dans les sols agricoles suédois. L'innovation est dirigée et gérée par [MiljöMatmetik Malmö AB](#) (MMM), une société dont la mission est de "transformer le système alimentaire et d'encourager la contribution des aliments comme solution pour des sociétés prospères à l'intérieur des frontières de la planète". L'ambition à long terme est que la plateforme devienne une nouvelle coopérative à but non lucratif, appartenant à ses membres. Les entreprises alimentaires (MAX Burgers, Oatly et Grant Thornton) financent déjà le stockage de carbone par les agriculteurs.

En 2021-2022 le nombre d'hectares, d'exploitations et de collaborations vont continuer à augmenter et Svensk Kölinlagring va continuer à construire sa [plateforme](#) afin de séquestrer plus de carbone dans les sols agricoles suédois.

4.3.2. Pratiques mises en place

Les fermes pilotes de 2020 sont principalement situées en Scanie et dans le Halland, mais aussi dans l'Uppland et le Närke. Quatorze agriculteurs pilotes sont impliqués en 2020 et ce projet est appliqué sur 300 hectares pour l'année pilote (2020). La plus petite ferme est de 3 ha au total et la plus grande de plus de 500 ha. Ensemble, elles produisent du lait, de la viande bovine, des œufs et des poulets, des légumes et des céréales. Certaines sont biologiques et d'autres sont conventionnelles.

Les agriculteurs ont reçu une introduction à l'agriculture carbone, en mettant l'accent sur les principes de base. Certaines fermes ont essayé de nouvelles méthodes, d'autres ont développé ce qu'elles faisaient déjà, et d'autres encore ont intégré d'autres méthodes dans leurs systèmes. Svensk Kölinlagring a laissé les agriculteurs décider eux-mêmes des méthodes qu'ils souhaitent essayer pendant l'année pilote. Le fait de partir de principes de base plutôt que de méthodes individuelles séparées a encouragé l'innovation dans les exploitations, Svensk Kölinlagring ayant estimé que cela leur permettait d'obtenir des méthodes de stockage du carbone plus nombreuses et meilleures dans leur éventail de possibilités.

Voici les pratiques qui ont été utilisées pour stocker du carbone :

- Agroforesterie
- Couverture végétale
- Pâturage
- Absence de labour (pratique identifiée comme non stockantes dans le contexte français métropolitain par Pellerin et al. 2019),

4.3.3. Méthodologie de quantification et de vérification de mesures

Dans le projet pilote 2020, Svensk Kölinlagring a supposé une valeur fixe de séquestration de 0,3 tonne de carbone, ce qui correspond à une tonne d'équivalents de dioxyde de carbone par hectare et par an. Il s'agit d'une valeur fixe basée sur un changement minimum des pratiques de gestion, comme l'incorporation de cultures de couverture/prise.. Avec cette approche, ils ont séquestré au moins 300 t d'équivalents de dioxyde de carbone en 2020.

4.3.4. Modèle économique :

Actuellement la rémunération des agriculteurs pour le carbone stocké est financée directement par des entreprises qui veulent contribuer à la lutte contre le changement climatique. Ces entreprises financent l'application de pratique à l'hectare indépendamment du carbone stocké (voir tableau suivant).

Tableau 17 : modèle économique de Svensk Kölinlagring

La rémunération des agriculteurs :	Actuellement, les pilotes reçoivent 1000 sek/ha (95€/ha) et ce n'est pas basé sur le CO2/C stocké. Plus tard, ce serait basé sur le CO2 par tonne.
La source de financement de ce projet :	La fondation de recherche de la banque Lanshypotek a fourni 45 000 SEK (environ 4500 euros) pour l'échantillonnage des sols (vérification). MAX Burgers, Oatly et Grant Thornton ont financé 100 ha chacun avec 1000 SEK/ha (~ 100 €) allant directement à l'agriculteur.

4.3.5. Bilan du cas Svensk Kölinlagring

Tableau 18 : Bilan du cas Svensk Kölinlagring

Cas d'application	Quatorze fermes pilote suédoises appliquent les pratiques suivantes pour stocker du carbone : <ul style="list-style-type: none"> - Agroforesterie - Couverture végétale - Pâturage - Absence de labour
Points de vigilance	- Une évaluation du carbone effectuée grâce à la littérature. Une valeur a été sélectionnée pour estimer la quantité de carbone stocké. La diversité des pratiques utilisées peut rendre difficile une estimation précise du carbone stocké.
Facteurs clés de succès	<ul style="list-style-type: none"> - Des entreprises qui financent directement l'implantation de stockage carbone. La rémunération perçue par les agriculteurs est élevée : 100 euros par hectare - Un modèle naissant attirant un nombre croissant d'agriculteurs et d'entreprise - Une plateforme qui réunit des scientifiques, des agriculteurs, des entreprises du secteur alimentaire

5. Le financement citoyen de projets stockant du carbone

Ce type de financement permet à des porteurs de projet de collecter directement des fonds auprès du grand public. C'est le cas de Ecotree qui permet aux citoyens ou entreprises d'acheter des arbres. Ces derniers recevront un retour sur investissement lors de la vente des arbres utilisés en bois d'œuvre. Bien que ce modèle ne repose pas sur la valorisation directe de crédit carbone, la mise en avant du carbone stocké représente un argument de vente pour les acheteurs.

5.1. Présentation du projet

Ecotree est une startup française. C'est un fond d'investissement destiné aux particuliers et aux entreprises (SNCF par exemple). Les clients de cette entreprise achètent des arbres à l'unité ou par le biais d'un abonnement mensuel et en deviennent les propriétaires. Ecotree se charge de l'acquisition du foncier et de l'ensemble de la gestion sylvicole durable en maintenant une densité contenue entre 1000 et 10 000 plants par hectare.

La rémunération de ses clients se fait lorsque les arbres arrivent à maturité (plusieurs dizaines d'années après l'achat des arbres) et que le bois est vendu lors d'appels d'offres, ce dernier étant destiné à devenir du bois d'œuvre. A cette date, chaque client reçoit une quote-part du produit de la coupe des arbres arrivés à échéance de coupe sur le massif où l'investissement a été effectué (et ne reçoit donc pas uniquement le produit de ses propres arbres). Cette pratique permet ainsi de limiter les risques pour les acheteurs car les arbres acquis peuvent disparaître avant la date de coupe. Aujourd'hui, plus de 30 000 particuliers et 500 entreprises sont déjà clients de cette startup qui gère en France environ 600 000 plants ou arbres. Cette entreprise est également implantée au Royaume-Uni, en Irlande et en Suède.

5.2. Pratiques mises en place :

Voici le mode de gestion sylvicole utilisé par Ecotree :

- Les essences d'arbres implantées sont diversifiées
- La pratique du prélèvement est pratiquée (à l'inverse de la coupe rase)
- Les produits chimiques, pesticides et engrais ne sont pas utilisés
- Mise en place d'itinéraires sylvicoles durables favorisant la biodiversité

Les forêts gérées par Ecotree sont également certifiées durables par une certification PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification).

5.3. Méthodologie de quantification et de vérification de mesures

Dans ce modèle, il n'y a pas de crédits carbone émis, seule une estimation du carbone stocké dans le bois est effectuée. Cependant le stockage carbone est un élément qui est fortement mis en avant dans les arguments de vente. La capacité de stockage de carbone n'est pas la même pour toutes les essences d'arbres qui n'ont pas tous la même masse volumique (un peuplier pèse 400 kg/m³ alors que des bois d'ébène pèsent 1 400 kg/m³).

Le modèle suivant est utilisé pour estimer la quantité de CO₂ stockée par arbre : Un arbre de 1 000 kg dont l'humidité est de 100 %, serait composé de 500 kg d'eau et de 500 kg de bois sec. Sur les 500 kg de bois sec, 47,5 % est composée de carbone, ce qui représente 237,5 kg de carbone. Pour fabriquer ce carbone, l'arbre aurait absorbé $237,5 \times 3,67 = 871,625$ kg de CO₂ (il faut 1 kg de carbone pour obtenir 3,67 kg de CO₂). Ces calculs du carbone ont été vérifiés par Bureau Veritas.

5.4. Bilan du cas Ecotree

Tableau 19 : bilan du cas Ecotree

Cas d'application	Fond d'investissement destiné aux particuliers et aux entreprises dont les clients achètent des arbres à l'unité ou par le biais d'un abonnement mensuel
Points de vigilance	<ul style="list-style-type: none">- La quantité de carbone stockée dépend fortement des essences implantées. Cependant Ecotree est transparent à ce sujet et les quantités de carbone stockées sont fournies à titre d'indication
Facteurs clés de succès	<ul style="list-style-type: none">- Les forêts gérées par Ecotree sont certifiées PEFC- La mise en avant du carbone stocké semble être un argument de vente pertinent auprès des clients. De plus, les calculs du carbone utilisés sont vérifiés par Bureau Veritas.

6. Conclusion

Le marché volontaire du carbone est encore en plein développement et de nombreux modèles économiques apparaissent. Certains projets financent eux même l'adoption de pratiques stockantes afin de contribuer à la lutte contre le changement climatique et d'améliorer la qualité des sols agricoles. Ils y voient un investissement dans la préservation future de leur chaîne de valeur mais peuvent également viser une valorisation future.

D'autres se regroupent auprès d'agrégateurs (associations, entreprises, coopératives) qui permettent non seulement de bénéficier d'économies d'échelles (frais administratif, monitoring, vérification) mais également de faciliter l'accès au système de crédit carbone aux agriculteurs.

Les plateformes servent de place de marché des crédits carbone. Elles permettent de faire facilement le lien entre les agriculteurs et les acheteurs qui peuvent ainsi décider de la quantité exacte de carbone qu'ils souhaitent acquérir. Ce modèle semble se développer rapidement, comme cela a été vu avec le cas Soil Capital, mais nous pourrions également citer la plateforme INDIGO AG évaluée à plus de 1,4 milliard de dollars, en partie pour la commercialisation d'autres services et produits.

Dans cette étude, les modèles économiques reposant sur des labels alimentaires bas carbone n'ont pas été étudiés. Il serait intéressant de développer ultérieurement cet aspect, l'entreprise Farm Frites nous ayant expliqué d'après une étude menée par cette entreprise que des consommateurs seraient prêt à payer 10% plus cher des produits disposant de ce genre de label.

Si le nombre de modèles économiques et de projets prolifère, il semble que les porteurs de projets éprouvent des difficultés à trouver des acheteurs. La question se pose donc de l'avantage apporté par l'acquisition de ce genre de crédits. En effet, si l'achat de ces produits dépend de la volonté des financeurs et que ces réductions d'émissions ne sont ni échangeables ni remboursables alors les principaux intérêts se trouvent au niveau de la communication pouvant être effectué par les entreprises acheteuses et dans la préservation de leur chaîne de valeur face au changement climatique.

Tableau 20 : tableau récapitulatif des cas d'étude

Modèle économique	Cas d'étude	Points de vigilance	Facteurs clés de succès
Le financement du stockage carbone par une entreprise agroalimentaire dans sa chaîne de valeur	L'exemple de Nataïis	<ul style="list-style-type: none"> - Financement du stockage carbone sur les fonds propres de l'entreprise - Un coût d'implantation de couvert végétal bien supérieur à la prime carbone 	<ul style="list-style-type: none"> - La mise en place d'une prime carbone unique et l'accompagnement agronomique des agriculteurs - Encouragement historique des agriculteurs partenaires à planter des couverts végétaux - Accompagnement soutenu de son réseau d'agriculteur
Agrégation des crédits carbone par un organisme tiers	France Carbone Agri Association (FCAA)	<ul style="list-style-type: none"> - Un an après la notification de 1^{er} projet au MTEC, 13% des crédits carbone avaient été vendus - Un seuil de 30 euros/tCO₂e a été fixé pour la rémunération des agriculteurs. 	<ul style="list-style-type: none"> - Développement de l'outil CAP'2ER® qui a pu être directement utilisé dans le cadre du LBC - Première méthode validée par le LBC - Le regroupement d'agriculteurs auprès de porteurs de projet - Un intérêt croissant de la part des éleveurs
	Le fond de réduction des émissions en Australie	<ul style="list-style-type: none"> - Un coût du projet important pour les agriculteurs - Des crédits achetés majoritairement par l'état australien - Un prix moyen de 16,35\$ 	<ul style="list-style-type: none"> - Un cas précurseur du développement de crédit carbone - Mécanisme reconnu géré par l'état australien - 1 million d'unités de crédits carbone, émis au travers de 143 projets - La taille importante des exploitations en Australie qui facilite les économies d'échelle
	Le marché du carbone en Alberta	<ul style="list-style-type: none"> - Les entreprises ont l'obligation de se conformer à la réglementation carbone en Alberta, ce qui favorise l'achat de crédits carbone 	<ul style="list-style-type: none"> - Des agrégateurs agrègent les crédits carbone des exploitations agricoles et les revendent aux entreprises - Un prix de la tonne de CO₂ en augmentation
Agrégation des crédits par une plateforme	Soil Capital	<ul style="list-style-type: none"> - Un coût assez élevé pour participer à ce programme (4900 euros sur 5 ans) - Soil Capital prend en compte le non-labour comme levier de stockage carbone, ce qui n'est pas le cas dans le LBC 	<ul style="list-style-type: none"> - Plateforme qui peut collaborer avec toute exploitation française ou belge souhaitant valoriser le carbone stocké dans le sol - 175 agriculteurs représentant un total de 35 000 hectares ont adhéré à ce programme - 27,5 euros/t de CO₂e stockée / évitée - 500 000 euros de certificats carbone ont déjà été commercialisés
	Svensk Kölinlagring	<ul style="list-style-type: none"> - Une évaluation du carbone effectuée grâce à la littérature - La diversité des pratiques utilisées peut rendre difficile une estimation précise du carbone stocké. 	<ul style="list-style-type: none"> - Des entreprises qui financent directement l'implantation de stockage carbone (100 euros par hectare) - Un modèle naissant attirant un nombre croissant d'agriculteurs et d'entreprise - Une plateforme qui réunit des scientifiques, des agriculteurs, des entreprises du secteur alimentaire
Le financement citoyen de projets stockant du carbone	Le financement citoyen de projets stockant du carbone	<ul style="list-style-type: none"> - La quantité de carbone stockée dépend fortement des essences implantées. Cependant Ecotree est transparent à ce sujet et les quantités de carbone stockées sont fournies à titre d'indication 	<ul style="list-style-type: none"> - Les forêts gérées par Ecotree sont certifiées PEFC - La mise en avant du carbone stocké semble être un argument de vente pertinent auprès des clients. De plus, les calculs du carbone utilisés sont vérifiés par Bureau Veritas.

7. Fiches de projet carbone du sol avec valorisation économique existante

France Carbon Agri Association	
Présentation du projet	France Carbon Agri Association a pour objectif de coordonner les projets de réduction des émissions et de stockage carbone des fermes d'élevage (labellisation bas carbone, contractualisation, recherche de financeurs). Suite au 1 ^{er} appel à projet lancé en novembre 2019, 300 agriculteurs regroupés au sein de 20 projets sont encore engagés avec FCAA. Le potentiel de réduction d'émission de ce projet est estimé à 137 000 t CO ₂ eq. Aujourd'hui 13% des crédits ont déjà été vendus et devraient apporter aux agriculteurs une rémunération minimale de 30 euros/tCO ₂ e
Site internet :	https://france-carbon-agri.fr/
Pays	France
Les partenaires clés :	IDELE / Chambres d'agriculture / Caisse des dépôts
Les fermes concernées :	300 éleveurs regroupés auprès de 20 porteurs de projets. Un deuxième appel à projet a été lancé le 2 novembre 2020 pour agrandir le nombre de fermes concernées. Il réunit 56 porteurs de projet et 1300 agriculteurs.
Le type de système de production agricole :	Les exploitations agricoles doivent avoir au minimum : un atelier bovin lait, et/ou un atelier bovin viande, et/ou un atelier culture de vente.
Les types de pratiques mises en œuvre pour la séquestration/protection du carbone :	Les réductions des émissions GES peuvent être effectués grâce à : <ul style="list-style-type: none"> - La gestion du troupeau, l'alimentation du troupeau, la gestion des déjections animales, l'optimisation de la consommation d'engrais, l'optimisation de la consommation d'énergie L'augmentation du stockage carbone dans les sols peut être obtenue grâce à : <ul style="list-style-type: none"> - L'implantation de surfaces en prairies permanentes, l'augmentation de la place des prairies temporaires dans la rotation, la limitation du travail du sol avec le semis direct, l'implantation de culture intermédiaire, l'implantation de haies, l'agroforesterie.
Les objectifs du projet :	Réduire les émissions des GES et augmenter le stockage carbone des fermes d'élevage
La rémunération perçue :	La rémunération perçue dépend d'une obligation de résultat. Actuellement, chaque acteur reçoit un certain montant par tonne d'équivalent CO ₂ vendu : <ul style="list-style-type: none"> - 3€/t CO₂e pour FCAA - 5€/t CO₂e pour le porteur de projet Entre 30 et 35 €/t CO ₂ e pour l'éleveur. Cette rémunération dépend du type de projet et des actions mises en place sur les exploitations. Un seuil de 30 euros a été contractuellement fixé pour la rémunération des agriculteurs.
Le nombre de tonnes de CO ₂ que ce projet vise à stocker/éviter :	A date, il est estimé qu'en 5 ans, 71 000 tonnes de CO ₂ seront évitées grâce aux 22 projets du premier appel à projet
Les coûts supportés par les agriculteurs	<ul style="list-style-type: none"> - 1 500 € à l'entrée (comprenant une Évaluation du CAP'2ER, la création d'un plan carbone et une visite technico-économique), et 400 € par an et par ferme pour l'assistance individuelle. - Environ 1000 € pour le bilan final (CAP'2ER® et constat réalisation)
La source de financement de ce projet :	L'association possède une aide financière au démarrage pour effectuer tout le travail de lancement. Ensuite l'association fonctionnera entièrement grâce à la rémunération liée aux crédits carbone, en prélevant un pourcentage sur le crédit carbone.

Le Fond de réduction des émissions australien (ERF)

Présentation du projet	Le fond de réduction des émissions (ERF) décerne aux agriculteurs australiens des crédits carbone lorsque le stockage net de carbone a été démontré. La durée des projets est de 25 ans et la valorisation moyenne des crédits pour l'année 2019/2020 est de 16,35\$. Le coût du projet pour les agriculteurs semble important.
Site internet :	https://www.industry.gov.au/funding-and-incentives/emissions-reduction-fund
Pays	Australie
Le type de système de production agricole	Les exploitations pouvant démontrer l'application des pratiques culturales suivantes : <ul style="list-style-type: none"> - Pâturages - Cultures - Horticulture - Systèmes d'agriculture mixte
Les types de pratiques mises en œuvre pour la séquestration/protection du carbone	<ul style="list-style-type: none"> - Application de nutriments, de chaux ou gypse - Installation de nouveau système d'irrigation - Rétablissement ou rajeunissement d'un pâturage par l'ensemencement - Etablissement ou entretien d'un pâturage là où il n'y en avait préalablement pas (terres cultivées ou jachères nues) - Modification de la durée ou de l'intensité du pâturage - Conservation des résidus de culture après les récoltes - La conversion d'un labourage intensif à pas ou peu de labourage - La modification des caractéristiques du paysage pour assainir les sols - Utilisation des moyens mécaniques pour ajouter ou redistribuer le sol à travers le profil du sol
Les coûts supportés par les agriculteurs	<p>A ce stade, il est encore difficile de déterminer le coût exact de cette méthode pour les agriculteurs. Il faut cependant noter que les fermes australiennes sont de tailles plus importantes que les fermes françaises et qu'elle bénéficient donc d'un effet d'échelle dans la mise en place de ce stockage carbone. Les coûts à prendre en compte pour mener un projet de valorisation carbone sont :</p> <p>Les coûts agricoles dépendent des pratiques mises en place par les agriculteurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'achat et l'application de fertilisant - Le coût de l'installation et de fonctionnement de l'irrigation - L'installer des clôtures pour gérer le pâturage <p>Le temps passé à effectuer le suivi et l'enregistrement des mesure</p> <p>Les coûts de prélèvement et d'analyse des échantillons :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Technicien pour prélèvement du sol : entre 1500 et 2000\$ par jour plus le prix des trajets. Estimation du prix total : 5 000\$ - Analyse de laboratoire : entre 40 et 100\$ par échantillon. Estimation du prix total minimum : 1 800\$ <p>Les coûts administratifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La préparation des rapports peut également prendre du temps qui doit être décompté ou avoir un coût si du personnel est engagé (un rapport au minimum tous les 5 ans) <p>Les couts d'audits :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un auditeur doit être engagé pour effectuer au minimum 3 audits sur la période de 25 ans <p>Ces coûts ayant été considérés comme une barrière importante, une avance de 5 000\$ est maintenant disponible pour financer les coûts d'échantillonnage.</p>

Le marché du carbone en Alberta

Présentation du projet	Les crédits compensatoires sont des crédits générés par des projets volontaires qui augmentent l'absorption ou qui diminuent les réductions d'émissions de GES. Chaque crédit est équivalent à une tonne d'équivalent CO ₂ réduite ou éliminée qui aurait existé en l'absence du projet. Ces crédits sont validés en utilisant des méthodologies approuvées par l'Alberta et sont vérifiés par un organisme tiers qui effectue les validations, vérifications et audits standards.
Site internet :	https://www.alberta.ca/alberta-emission-offset-system.aspx
Pays	Canada
Les fermes concernées :	Les fermes mettant en œuvre des pratiques telles que : <ul style="list-style-type: none"> - L'agriculture de conservation - La génération de biogaz (décomposition anaérobie des matières agricoles) - La réduction des émissions de gaz à effet de serre des bovins - La microgénération (production décentralisée d'énergie renouvelable).
La rémunération perçue :	Il est estimé que ces crédits d'émission ont généré un chiffre d'affaire de 170 millions de dollars aux agriculteurs et agrégateurs. <p>Cette rémunération dépend :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Du prix fixe du carbone à verser au fond TIER, le prix de vente des crédits compensatoires étant généralement inférieur au prix fixe du carbone, - De l'évolution du prix de vente des crédits compensatoires, - De la répartition des revenus entre agriculteur(s) et agrégateur. L'association avec un agrégateur n'est pas obligatoire pour des agriculteurs, cependant les industriels préfèrent généralement acheter des crédits grâce à un seul contrat plutôt que de négocier plusieurs contrats de petit volume. - De la quantité de carbone stockée/évitée, cette quantité pouvant être limitée par le protocole associé. <p>Généralement la répartition des ventes des crédits compensatoires pour cette méthodologie se fait selon le ratio : 1/3 pour les agrégateurs et 2/3 pour les agriculteurs. Ce chiffre varie pour les autres protocoles.</p>
Le nombre de tonnes de CO ₂ que ce projet vise à stocker/éviter :	En Alberta, depuis 2002, environ 13 millions de tonnes d'équivalent CO ₂ ont été stockées/ évitées par la modification de pratiques (majoritairement grâce à des projets de diminution du travail de labour, génération de biogaz) générant des crédits carbonés.

Soil Capital	
Présentation du projet :	Le projet a été mené par Soil Capital, une société d'agronomie indépendante composée d'agriculteurs dont l'objectif premier est de soutenir les agriculteurs à améliorer la rentabilité agricole et la santé des sols. Ils ont lancé en 2020 un programme de rémunération pour les agriculteurs en France et en Belgique : Le <i>Soil Capital Carbon</i> . Ce programme de 5 ans vise à commercialiser des certificats carbone pour les émissions stockées ou évitée. Chaque année les gains nets carbone seront estimés par Soil Capital et les crédits sont commercialisés par South Pole.
Site internet :	www.soilcapital.com
Pays	France, Belgique
Les partenaires clés :	Un réseau d'agronomes externes, qui soutiennent les portefeuilles d'agriculteurs pour la transition de leurs pratiques. South Pole pour fournir une expertise technique et commerciale.
Les fermes concernées :	Le programme se focalise sur les fermes de grandes cultures ou de polyculture-élevage dont l'élevage ne représente pas plus de 20 % des émissions de GES. Ce projet concerne une vingtaine d'agriculteurs. Ce projet vise à collaborer avec un plus grand nombre d'agriculteurs dans les années à venir.
Le type de système de production agricole :	Principalement des terres arables
Les types de pratiques mises en œuvre pour la séquestration/protection du carbone :	Après inscription de l'agriculteur au programme, Soil Capital réalise avec lui un bilan de son exploitation à l'aide de l'outil Cool Farm Tool qui permet de quantifier l'empreinte GES des exploitations. Des actions sont ensuite déterminées afin d'améliorer la rentabilité et l'impact GES de la ferme. Les pratiques qui seront appliquées dépendront du pronostic effectué sur les fermes, cela comprend notamment un travail minimum ou pas de travail du sol, l'implantation de couverts végétaux, diversification des rotations, gestion des résidus, fertilisation optimisée ou organique.
Les objectifs du projet :	Stockage du carbone dans les sols agricoles et réduction des émissions
Maturité du projet :	Lancé en 2020
La rémunération des agriculteurs :	Les prix de vente des certificats carbone sont estimés à 27,5 euros/t de CO ₂ e et la quantité de crédit générée pourrait atteindre 2 t/ha/an. Durant les 5 premières années du programme, les agriculteurs toucheront 80% des réductions d'émissions effectuées. Les 20% restant leur seront versés au bout de la 11 ^{ème} à la 15 ^{ème} année s'il n'y a pas de pertes de CO ₂ imprévues sur les exploitations. Dans le cas contraire, ces 20% serviront à compenser les pertes observées.
Le nombre de tonnes de CO ₂ que ce projet vise à stocker/éviter :	10 000 tonnes de CO ₂ en 2020/21. Soil Capital prévoit de stocker 750 000 tonnes de CO ₂ en 2024/25.
Les coûts supportés par les agriculteurs	<ul style="list-style-type: none"> - 980 euros (HT) par an pour adhérer au programme, soit 4 900 euros (HT) sur l'ensemble du projet. - Les coûts/gains de changement de pratique
Valeur du carbone vendu	<ul style="list-style-type: none"> - 500 000 euros de certificats carbone

Svensk Kolinlagring

Présentation du projet :	Svensk Kolinlagring est une plateforme qui réunit des scientifiques, des agriculteurs, des entreprises du secteur alimentaire et d'autres parties prenantes autour de l'objectif suivant : concevoir un système qui permet et crée des incitations à stocker le dioxyde de carbone dans les sols agricoles suédois. L'innovation est dirigée et gérée par MiljöMatmetik Malmö AB (MMM), une société dont la mission est de "transformer le système alimentaire et d'encourager la contribution des aliments comme solution pour des sociétés prospères à l'intérieur des frontières de la planète". Ce projet est en cours depuis 2019 et les solutions développées sont destinées à être étendues à de nouvelles fermes pilotes en 2021. L'ambition à long terme est que la plateforme devienne une nouvelle coopérative à but non lucratif, appartenant à ses membres. Les entreprises alimentaires (MAX Burgers, Oatly) financent déjà le stockage de carbone par les agriculteurs.
Site internet :	www.kolinlagring.se / www.miljomatematik.se
Pays	Suède
Les partenaires clés :	L'université de Lund (Wim Carton, Elina Andersson and Emma Johansson), l'université de Uppsala, l'université de Stockholm (Anders Wästfeldt), l'université suédoise des sciences agricoles (Elin Rööf), Albaeco : une organisation ayant expertise dans le domaine du développement durable (Louise Hård af Segerstad et Fredrik Moberg), les fermes pilotes (Jesper Sandström from Kyrkbygård, Adam Arnesson from Jannelunds gård et 12 autres fermes pilotes).
Les fermes concernées :	Les fermes pilotes de 2020 sont principalement situées en Scanie et dans le Halland, mais aussi dans l'Uppland et le Närke. 14 agriculteurs pilotes sont impliqués en 2020 et ce projet est appliqué sur 300 ha pour l'année pilote (2020). Le nombre d'hectares sur lesquels ce projet serait appliqué devrait augmenter dans les années à venir.
Le type de système de production agricole :	Principalement des terres arables, des systèmes d'élevage, des systèmes mixtes et de l'agroforesterie.
Les types de pratiques mises en œuvre pour la séquestration/protection du carbone :	Gestion des pâturages, cultures de couverture, agroforesterie, pas/moins de travail du sol. Plus tard, d'autres méthodes seront également appliquées.
Les objectifs du projet :	Stockage de carbone dans le sol, Protection du carbone dans le sol, et préparation de la certification
Maturité du projet :	Les agriculteurs sont payés pour la conservation/le stockage du carbone dans les sols
La rémunération des agriculteurs :	Actuellement, les pilotes reçoivent 1000 sek/ha (95€/ha) et ce n'est pas basé sur le CO ₂ /C stocké. Plus tard, il sera basé sur le CO ₂ par tonne.
Le nombre de tonnes de CO ₂ que ce projet vise à stocker/éviter :	Il n'y a pas d'objectif fixé de stockage de carbone.
Les coûts supportés par les agriculteurs	-
La source de financement de ce projet :	La fondation de recherche de la banque Lanshypotek a fourni 45 000 SEK (environ 4 500 euros) pour l'échantillonnage des sols. MAX Burgers, Oatley et Grant Thornton ont financé 100 ha chacun avec 1000 SEK/ha (~ 100 €) allant directement à l'agriculteur

MoorFutures	
Présentation du projet :	<p>Moorfutures est née en 2011 avec la volonté de disposer d'un instrument pour financer les mesures de réhumidification des tourbières qui captent des GES et évitent que du CO₂ ne soit émis. Ces projets d'une durée de 50 ans sont coordonnés indépendamment par 3 différents länders (Landgesellschaft Mecklenburg-Vorpommern, Landesforst Mecklenburg-Vorpommern).</p> <p>Les projets MoorFutures sont mis en œuvre indépendamment dans différents länders. Chaque MoorFutures est enregistré au niveau régional par des institutions de coordination régionales. Chaque MoorFuture générée est unique et correspond à une réduction des émissions d'une tonne d'équivalent CO₂. Ces certificats carbone sont basés sur le Verified Carbon Standard (VCS) et le protocole de Kyoto et respectent les exigences des normes environnementales internationalement reconnues ISO 14064 et 14065. Ils peuvent donc être achetés sur le marché volontaire du carbone par les entreprises et les particuliers désirant compenser volontairement une partie de leurs émissions de gaz à effet de serre. Ces crédits ne sont donc ni transférables ni valables dans les marchés obligatoires.</p>
Site internet :	https://www.moorfutures.de/
Pays	Allemagne
Les partenaires clés :	Les trois régions allemandes : le Mecklembourg-Poméranie occidentale, le Brandebourg et le Schleswig-Holstein
Les types de pratiques mises en œuvre pour la séquestration/protection du carbone :	<p>Les tourbières sont parmi les réservoirs de carbone les plus efficaces au monde. A titre d'exemple, à surface égale, elles stockent deux fois plus de carbone que les forêts. Si la tourbe est asséchée, ce réservoir de carbone devient une source de gaz à effet de serre et produit des GES suite à des réactions oxydatives. Les MoorFutures sont donc générés par la réhumidification des tourbières et sont attachées à des projets spécifiques.</p> <p>La quantification des crédits carbone générés est effectuée en prenant en compte plusieurs compartiments carbone tels que le sol (notamment le carbone fossile accumulé dans la tourbe), la biomasse aérienne et souterraine, et éventuellement le bois mort et la litière. Les gaz à effet de serre pris en compte sont le CO₂, le CH₄ et le N₂O. Des rabais sur le total des émissions séquestrées peuvent être effectués afin d'éviter une surestimation.</p>
Le nombre de tonnes de CO ₂ que ce projet vise à stocker/éviter :	Un total de 71 089 tonnes de CO ₂ e depuis la création de Moorfutures

MoorFutures : Projet en cours par région	
Le Mecklembourg-Poméranie occidentale / Gelliner Bruch	L'objectif de ce projet a été la réhumidification et la protection de 6,7 hectares de tourbière. Ce projet représente une réduction de 7 500 tonnes de CO ₂ e qui ont permis avec les rabais établis par la méthodologie MoorFutures de produire 5 300 certificats au prix de 40 euros l'unité. Le 14 janvier 2020, la totalité des MoorFutures de la carrière Gelliner ont été vendus.
Le Brandebourg / Rehwiese	Ce projet a pour but d'éliminer le drainage excessif des sols créé par un fossé. La réhumidification des tourbières est effectuée en faisant déborder ce cours d'eau dans la zone du Rehwiese qui s'étend sur 9,7 hectares. D'après la méthodologie MoorFutures, cela produirait une quantité totale de 6744 tonnes de MoorFutures générés sur 50 ans. Ces crédits carbone sont commercialisés au prix de 80 euros (incluant 12,77 euro de TVA).
Le Schleswig-Holstein / Königsmoor	Ce projet couvre une surface de 68 hectares au Königsmoor. Il fait partie d'une tourbière d'une superficie totale d'environ 1 200 ha. L'objectif de ce projet a été de fermer tous les fossés et drainages de la zone et de construire des murs plats de tourbe pour retenir et stocker les précipitations hivernales. Selon les estimations, ce projet permettrait de générer en 50 ans, 39 520 tonnes d'équivalent CO ₂ qui seront commercialisées au prix de 70 euros la tonne (incluant 10,22 euros de TVA).

8. Bibliographie :

Gabriella CEVALLOS, Valentin BELLASSEN, Julia GRIMAUULT, *Domestic carbon standards in Europe*, 2019 : <https://www.i4ce.org/download/domestic-carbon-standards-in-europe/>

Wreford, A., A. Ignaciuk and G. Gruère (2017-04-27) *overcoming barriers to the adoption of climate friendly practices in agriculture*, OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 101, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/97767de8-en>

Dessart et al., *Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: a policy-oriented review*, 2019 : <https://academic.oup.com/erae/article/46/3/417/5499186>

Godefroy Grosjean, Sabine Fuss, Nicolas Koch, Benjamin L. Bodirsky, Stéphane De Cara & William Acworth (2018) *Options to overcome the barriers to pricing European agricultural emissions*, *Climate Policy*, 18:2, 151-169, DOI: [10.1080/14693062.2016.1258630](https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1258630)

Bamière, Laure (a) ; Camuel, Alexandre (b) ; De Cara, Stéphane (a) ; Delame, Nathalie (a) ; Dequiedt, Benjamin (a) ; Lapierre, Aline (c) ; Lévêque, Benjamin (b). 2017. *Analyse des freins et des mesures de déploiement des actions d'atténuation à coût négatif dans le secteur agricole : couplage de modélisation économique et d'enquêtes de terrain*

Bamière, Laure ; Pellerin, Sylvain et al.,. *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. Synthèse du rapport de l'étude réalisée par l'INRA pour le compte de l'ADEME, du MAAF et du MEDDE - Juillet 2013*

ADEME (2016). *Changer les comportements, faire évoluer les pratiques sociales vers plus de durabilité - L'apport des sciences humaines et sociales pour comprendre et agir.*

Jaffe A. (2016) *Barriers to Adoption of No-cost Options for Mitigation of Agricultural Emissions: A Typology*, Motu Note #24.

Lucas A. (2004) *The Psychology of Changing Farmer's Behaviours*, Scotland's Rural College.

Presley L. (2014) *Understanding barriers to agricultural conservation practice adoption* Master's Candidate Agriculture and Integrated Resource Management, Colorado State University.

Rodriguez, J. M., Molnar, J. J., Fazio, R. A., Sydnor, E., & Lowe, M. J. (2009). *Barriers to adoption of sustainable agriculture practices: Change agent perspectives*. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24(1), 60-71.

Vanclay, F. (1992). *Barriers to adoption: a general overview of the issues*. *Rural Society*, 2(2), 10-12.

Wreford, A., A. Ignaciuk et G. Gruère (2017), « *Overcoming barriers to the adoption of climate-friendly practices in agriculture* », OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 101, Éditions OCDE, Paris: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/overcoming-barriers-to-the-adoption-of-climate-friendly-practices-in-agriculture_97767de8-en

François J Dessart, Jesús Barreiro-Hurlé, René van Bavel , *Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: a policy-oriented review* , *European Review of Agricultural Economics*, Volume 46, Issue 3, July 2019, Pages 417-471, : <https://doi.org/10.1093/erae/jbz019>

Yogo et al., *Analyse des méthodologies d'évaluation et de suivi du bilan carbone des sols et recommandations pour l'écriture d'une méthode grande culture dans le cadre du label Bas-Carbone*, 2021

[I4CE, Will the obligation of environmental results green the CAP, June 2020](#)

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261830283X?casa_token=lcxeX5JTDiIAAAAA:e58r7FjzEpctjGF7yflHG2oFKe5QGyetENbr5MYI2GvvhQ6nXo_aFV2dS5KjOrJgDtvHskC3Mb0

Natais :

Paul Grousset, Améliorer le stockage de carbone dans les sols agricoles en itinéraire maïs popcorn, septembre 2020

Australie ERF :

Département de l'industrie de la science de l'énergie et des ressources :

- [Présentation des ERF](#)
- [Les méthodes utilisables pour l'obtention de ERFs](#)
- [La mesure de la séquestration de carbone dans les sols agricoles](#)

Climate change Authority :

- [Climate Change Authority, Review of the Emissions reduction fund, October 2020,](#)

Clean energy regulator, Soil carbon projects:

- [Présentation des éléments requis pour appliquer aux projets de stockage carbone dans le sols](#)
- [Climate Solutions Fund, Understanding your soil carbon project, July 2020](#)
- [Avance de 5000 \\$ pour financer les coûts d'échantillonnage](#)

Federal register of legislation :

- [La méthodologie de séquestration carbone dans les sols, Carbon Credits \(Carbon Farming Initiative– Measurement of Soil Carbon Sequestration in Agricultural Systems\) Methodology Determination 2018](#)
- [Supplement to the Carbon Credits \(Carbon Farming Initiative–Measurement of Soil Carbon Sequestration in Agricultural Systems\) Methodology Determination 2018](#)

Carbon neutral :

- [Carbon neutral, 2020 review of the ERF consultation paper](#)

Alberta :

- Tier conventional Oil and Gas: Technology innovation and Emission Reduction Regulation, Alberta Environment and Parks, November 2019
- 2019 Compliance Workshop Session 2: Alberta Emission Offsets, Alberta Environment and Parks, february 19,2020
- Carbon offset emission factors handbook. Version 2.0, November 1, 2019
- Carbon market business brief, IETA, june 2020

- Protocoles:
 - [Quantification protocol for conservation cropping. Version 1.0](#)
 - [Quantification protocol for reducing greenhouse gas emissions from fed cattle : version 3.0](#)
 - [Energy generation from the combustion of biomass waste. Version 2.2](#)
 - [Agricultural carbon offsets – Micro-Generation Protocol](#)

FCAA :

- CARBON AGRI : Méthode d'évaluation des réductions d'émissions de gaz à effet de serre en élevage : [CARBON AGRI : Méthode d'évaluation des réductions d'émissions de gaz à effet de serre en élevage](#)
- Bonvillain, foucherot & Bellasen, *Will the obligation of environmental results green the CAP? I4CE*, 2020 : [Bonvillain, foucherot & Bellasen, Will the obligation of environmental results green the CAP? I4CE, 2020.](#)
- Webinaire Label Bas Carbone I Présentation de la méthode CARBON AGRI : [Webinaire Label Bas Carbone I Présentation de la méthode CARBON AGRI](#)

MoorFutures :

- Agence fédérale pour la conservation de la nature, Intégration de services écosystémiques supplémentaires (y compris la biodiversité) en crédits de carbone –norme, méthodologie et transférabilité à d'autres régions, 2015 : <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript407.pdf>
- Flyer Moorfutures : https://www.moorfutures.de/app/download/32603826/MoorFutures_Flyer.pdf
- Site web de Moorfutures : <https://www.moorfutures.de/>
- Profil du projet Gelliner : https://www.moorfutures.de/app/download/32603660/MoorFutures-Projekt_Gelliner-Bruch_Kurzinfo-ANE_web.pdf
- Projet Gelliner : https://www.moorfutures.de/app/download/11848432/Moorfutures_Gelliner-Bruch_Projektdokument.pdf
- Profil du projet Rehwiese : https://www.moorfutures.de/app/download/31771614/MoorFutures_Rehwiese_Steckbrief.pdf
- Validation du projet Rehwiese : https://www.moorfutures.de/app/download/31771617/MoorFutures_Rehwiese_Validierung_HNEE.pdf
- Profil du projet MoorFutures "Königsmoor" (Schleswig-Holstein) : https://www.moorfutures.de/app/download/31771647/Steckbrief-Koenigsmoor_+2017.pdf
- Document de projet (PDD) "Königsmoor" (Schleswig-Holstein) : https://www.moorfutures.de/app/download/31771646/Moorfutures_Koenigsmoor_Projektdokument.pdf

Webographie:

- <https://cichprofile.ca/module/8/section/6/page/greenhouse-gas-emissions-by-province-and-territory-canada-1990-2005-and-2015/>
- <https://www.alberta.ca/agricultural-carbon-offsets-overview.aspx>
- <https://www.alberta.ca/alberta-emission-offset-system.aspx>
- https://www.csaregistries.ca/albertacarbonregistries/eor_about.cfm
- <https://www.alberta.ca/alberta-emission-offset-system.aspx#toc-2>
- <https://www.alberta.ca/agricultural-carbon-offsets-conservation-cropping-protocol.aspx>
- <https://www.youtube.com/watch?v=xduT0rbxVEQ>
- https://www.lemonde.fr/festival/article/2017/08/14/l-incroyable-histoire-de-l-arnaque-au-carbone-le-resume-des-cinq-episodes_5172257_4415198.html

DEMONSTRATEURS TERRITORIAUX DU STOCKAGE DE CARBONE DANS LES SOLS – LIVRABLE 2

De nombreux modèles économiques apparaissent ou sont déjà fortement implantés. Certains projets financent eux même l'adoption de pratiques stockantes afin de contribuer à la lutte contre le changement climatique et d'améliorer la qualité des sols agricoles. D'autres se regroupent auprès d'agrégateurs (associations, entreprises, coopératives) qui permettent non seulement de bénéficier d'économies d'échelles (frais administratif, monitoring, vérification) mais également de faciliter l'accès au système de crédit carbone aux agriculteurs. Certaines plateformes servent de place de marché des crédits carbone permettant de faciliter la vente et l'achat de crédit.

Quel que soit le modèle économique adopté, il est primordial que les agriculteurs touchent une rétribution à la hauteur des risques et des investissements effectués (matériel et immatériels). Aujourd'hui, il est difficile d'obtenir l'information sur les coûts et bénéfices pour l'agriculteur. Un enjeu est de renforcer la transparence des dispositifs sur la répartition de la valeur.

L'évaluation de la quantité de carbone stockée est un élément important du coût de ces projets. Il faut trouver le juste milieu entre le coût et la précision.



Institut National de la Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE)

147 rue de l'université
75338 Cedex 07

Tél. : +33 1(0) 42 75 90 00

Rejoignez-nous sur :



<https://www.inrae.fr/>



INRAE