

AGROCAMPUS OUEST

CFR Angers CFR Rennes

<p>Année universitaire : 2019 - 2020</p> <p>Spécialité : E2AME</p> <p>.....</p> <p>Spécialisation (et option éventuelle) :</p> <p>.....</p>	<p>Mémoire de fin d'études</p> <p><input type="checkbox"/> d'ingénieur de l'École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage (AGROCAMPUS OUEST), école interne de l'institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement</p> <p><input type="checkbox"/> de master de l'École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage (AGROCAMPUS OUEST), école interne de l'institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)</p>
---	---

Synthèse bibliographique : comment articuler un mécanisme de compensation carbone par l'agriculture avec les paiements pour services environnementaux imaginés pour réduire l'impact négatif des pratiques agricoles sur la qualité de l'eau.
Application aux travaux en cours sur le bassin-versant du Lac au Duc

Par : Rino IIDA

Illustration éventuelle

Soutenu à Rennes

le 18 / 09 / 2020

Devant le jury composé de :

Président : Pierre DUPRAZ

Autres membres du jury (Nom, Qualité)

Maître de stage : Philippe LEGOFFE, Gérard GRUAU

Invité : Michel PECH, ingénieur

Enseignant référent : Carole ROPARS-COLLET

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Confidentialité

Non Oui si oui : 1 an 5 ans 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible ⁽¹⁾.

Date et signature du maître de stage ⁽²⁾ :
(ou de l'étudiant-entrepreneur)

A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

Droits d'auteur

L'auteur⁽³⁾ **Nom Prénom**

autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif) accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-By-Nc-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'auteur :

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3).Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

Remerciement

Je souhaite avant tout remercier mes encadrants, Philippe LE GOFFE, pour m'avoir donné l'occasion extraordinaire de réaliser mon travail de recherche et Gérard GRUAU pour sa patience, ses judicieux conseils et son ample vision du sujet qui ont palliés le manque de travail sur le terrain et alimenté ma réflexion.

Je remercie également Rémi Dupas, de l'UMR INRAE SAS et membre du consortium scientifique Interreg CPES, pour sa contribution au financement de mon stage.

L'enseignement de qualité dispensé par le Master « E2AME » a également su nourrir mes réflexions et a représenté une profonde satisfaction intellectuelle. Merci donc aux enseignants-chercheurs.

Un grand merci également à Kokou Edem VIDJRAKOU et Izia NEVEU pour avoir eu la patience de corriger les fautes du français et pour leurs conseils concernant mon style d'écriture. Ils ont grandement facilité et amélioré mon travail.

J'aimerais exprimer ma gratitude à tous les chercheurs et spécialistes, trop nombreux pour les citer, qui ont pris le temps de discuter de mon sujet. Chacun de ces échanges m'a aidé à faire avancer mon analyse.

Table des matières

Introduction.....	9
1. Contexte	9
1.1. Capacité de l'agriculture à stocker du carbone	9
1.2. Les mécanismes PSE comme moyen de rétribuer et de stimuler l'offre de compensation carbone de l'agriculture tout en favorisant d'autres services comme la qualité de l'eau	10
1.3. Objectifs du travail	11
1.4. Méthodologie	11
2. Tarification du carbone	12
2.1. Prix « public » du carbone.....	12
2.1.1. Marché européen du carbone	13
2.1.2. Taxe carbone	14
2.1.3. Subventions.....	15
2.1.4. Valeur tutélaire du carbone	16
2.2. Prix « privé » du carbone	16
2.2.1. Prix interne du carbone dans les entreprises	17
2.2.2. Marché de compensation volontaire	17
3. Compensation carbone via l'agriculture	18
3.1. Mécanismes de stockage de carbone par le sol	18
3.2. Pratiques agricoles conduisant à un stockage additionnel du carbone	18
3.3. Co-bénéfice environnementaux des pratiques agricoles favorisant la séquestration du carbone dans les sols	21
3.4. Valorisation des pratiques agricoles favorisant la séquestration du carbone dans les sols via des labels	22
4. Facteurs favorables à l'engagement des entreprises à financer des projets agricoles de compensation carbone : données de la Littérature.....	23
4.1. Etude conduite par l'Institute for Climate Economics (étude VOCAL)	23
4.2. Etude Carbocage	24
5. Application au cas de l'étude Interreg CPES	26
5.1. Présentation du contexte : caractéristiques du bassin versant du Lac au Duc et enjeux environnementaux.....	26
5.2. Historique des actions agro-environnementales conduites sur le bassin de l'Yvel-Hyvet	27
5.3. Mise en œuvre concrète de la démarche PSE sur le bassin versant.....	28
6. Résultats et discussion	32
6.1. Potentiel de valorisation « carbone » des attributs « haies » et « couvert végétal permanent » dans le contexte étudié.....	32
6.2. Potentiel d'engagement des entreprises.....	35
6.3. Potentiel d'engagement des agriculteurs.....	37
Conclusion	39
Bibliographie	41

Liste des abréviations

ABEA	Association Bretonne des Entreprises Agroalimentaires
ADEME	Agence de la transition écologique
AFAF	Association Française d'AgroForesterie
AFCA	Association France Carbone Agri
AMT	Assiette Maximale Technique
CAP	Consentement A Payer
CAR	Consentement A Recevoir
CCE	Contribution Climat Energie
CCI	Chambre de Commerce et d'Industrie
CE	Commission européenne
CI	Cultures intermédiaires
CPES	Channel Payments for Ecosystem Services
ERC	Eviter-Réduire-Compenser
ETI	Entreprises de Taille Intermédiaire
EU ETS	EU Emissions Trading System (Système Communautaire d'Echange de Quota d'Emission ou SCEQE en français)
EUA	European Emission Allowance
GEMAPI	Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations
GES	Gaz à Effet de Serre
HCC	Haut Conseil pour le Climat
I4CE	Institute for Climate Economics
LBC	Label Bas Carbone
MAEC	Mesures Agro-Environnementales et Climatiques
MDP	Mécanisme de Développement Propre
MEEM	Ministère de l'Environnement et de l'Energie et de la Mer
MOC	Mise en Œuvre Conjointe
MTES	Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire
PAC	Politique Agricole Commune
PLF	Projet de Loi de Finances
PME	Petite ou Moyenne Entreprise
PSE	Paiement pour Services Environnementaux
RAC	Réseau Action Climat France
RSE	Responsabilité Sociétale des Entreprises
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SAU	Surface Agricole Utile
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SMGBO	Syndicat Mixte du Grand Bassin de l'Oust
tCO2e	une Tonne d'Equivalent CO ₂
TEPCV	Transition Energétique Pour la Croissance Verte
TICPE	Taxe Intérieure de Consommation sur les Produits Energétiques
TPE	Très Petite Entreprise
VTC	Valeur Tutélaire du Carbone

Liste des annexes

Annexe I. Les montants potentiellement valorisables à l'hectare du carbone additionnel stocké par les attributs « haie » et « couvert végétal permanent » et le taux de couverture du consentement à recevoir (CAR) des agriculteurs tel qu'établi dans l'étude Interreg CPES par ces montants

Annexe II. Les questions posées à Clothilde d'Argentré, chef de projets, Association Bretonne des Entreprises Agroalimentaires (ABEA)

Annexe III. Les questions posées à Roland Cariou, Directeur de projets, Direction des Relations institutionnelles, Etudes, Projets, Chambre Régionale de Commerce et d'Industrie de Bretagne

Table des figures

Figure 1. Evolution sur la période 2008-2020 du prix de la tonne d'équivalent de CO ₂ sur le marché EU ETS	14
Figure 2. Les trajectoires prévues et suivies de l'évolution de la CCE depuis 2014	15
Figure 3. La trajectoire de la valeur tutélaire du carbone (VTC) telle qu'établie dans le rapport issu des travaux de la « Commission Quinet »	16
Figure 4. Figure comparant le potentiel de stockage additionnel de carbone dans le sol des principales pratiques agricoles connues pour stocker du carbone au potentiel de réduction des émissions de GES induit par le développement de ces pratiques en agriculture.....	19
Figure 5. Potentiel de stockage de carbone à l'échelle de la France et sur une année des principales pratiques agricoles connues pour stocker du carbone	20
Figure 6. Localisation du bassin versant du Lac au Duc aussi appelé bassin versant de l'Yvel-Hyvet ...	26
Figure 7. Localisation du secteur du Rézo, secteur sélectionné pour d'implantation de PSE, au sein du bassin versant de l'Yvel-Hyvet	28
Figure 8. Un exemple de choix de PSE proposés aux agriculteurs enquêtés	29

Table des tableaux

Tableau 1. Les différents types de prix du carbone	12
Tableau 2. Evaluation des quantités de carbone additionnel stockable dans les sols par les principales pratiques agricoles stockant du carbone (en tonnes de C par hectare et par an) en comparaison du bilan total d'émission de GES de chaque pratique (en tonne d'équivalent CO ₂ par hectare et par an).....	21
Tableau 3. Coûts fixes et coûts unitaires des attributs « haies » et « couverts végétaux »	30
Tableau 4. Consentement à recevoir type des agriculteurs par ha de SAU et par exploitation (fictive) dépendant du taux d'adoption des attributs « haie » et « couvert végétal permanent » et de la présence ou non de maïs au sein de l'assolement	30
Tableau 5. Relations entre niveaux de concentration en phosphore à l'exutoire du bassin versant, état trophique/écologique du lac et activités praticables	31
Tableau 6. Coût de la réduction du flux de phosphore en entrée du Lac au Duc en fonction de l'objectif de diminution visée, ramenés au secteur prioritaire du Rézo.....	31
Tableau 7. Liste des entreprises contactées par le projet Interreg CPES pour abonder un fond PSE « Lac au Duc – Rézo ».	32
Tableau 8. Quantité potentielle de stockage additionnel du carbone dans le secteur de Rézo (tC/exploitation/an).	34

Introduction

Cette étude s'intègre dans le projet européen Channel Payments for Ecosystem Services (CPES), financé par le programme Interreg France (Manche) Angleterre, à hauteur de 2.8 millions € sur la période 2017-2021.

Le projet CPES fédère des travaux de recherche entrepris au sein de 6 bassins versants en France et en Angleterre afin d'améliorer la qualité de l'eau par la mise en œuvre de Paiements pour Services Environnementaux (PSE) durables dans le temps, et susceptibles de stimuler la mise en œuvre de pratiques agricoles vertueuses du point de vue de la qualité de l'eau. Le bassin versant du Lac au Duc aussi appelé bassin versant de l'Yvel-Hyvet situé dans le Morbihan et objet de la présente étude constitue l'un des 3 sites pilotes français.

Depuis les années 1970, le bassin versant de l'Yvel-Hyvet porte une problématique qualité de l'eau liée à l'accumulation de phosphore dans le lac qu'il alimente (Lac au Duc), dont la principale origine est l'agriculture (90%), loin devant des rejets domestiques et industriels (10%) (Gruau et al., 2019a). Cette pollution menace à la fois l'écosystème « lac » et la santé humaine du fait des blooms d'algues toxiques (cyanobactéries) qu'elle cause chaque été, avec une réduction voire l'interdiction de nombreux usages de l'eau (production d'eau potable, pêche, baignade, activités nautiques).

Afin de restaurer la qualité des eaux du Lac au Duc, le projet CPES cible l'implantation de PSE pour inciter les agriculteurs à mettre en place des pratiques agricoles visant à réduire les émissions de phosphore (mise en place de haies bocagères antiérosives et de couverts végétaux permanents). Un PSE est un mécanisme contractuel reposant sur un accord volontaire bilatéral entre les agents économiques : un(des) vendeur(s) qui implante(nt) des services environnementaux ¹ et un(des) acheteur(s) qui finance(nt) cette implantation moyennant l'atteinte d'un résultat effectif du point de vue du service visé, ici l'amélioration de la qualité de l'eau.

Une des originalités du projet CPES est de vouloir mobiliser des acheteurs privés, essentiellement des entreprises moyennes et grandes implantées sur, ou à proximité du bassin versant de l'Yvel-Hyvet. Or, les premiers contacts pris avec ces entreprises montrent que celles-ci sont plus intéressées par financer des services liés au climat (stockage du carbone par les sols, par exemple) et à la biodiversité qu'à la qualité de l'eau. Pour répondre à cette attente des entreprises, il est apparu nécessaire d'évaluer si les pratiques agricoles envisagées pour améliorer la qualité des eaux du Lac au Duc en réduisant les flux de phosphore avaient une capacité à être également valorisées du point de vue d'autres services environnementaux, en l'occurrence le stockage additionnel de carbone. Cette évaluation et le fait de savoir si les montants négociables du point de vue de ce stockage additionnel pourraient être de nature à couvrir les montants demandés par les agriculteurs pour changer leurs pratiques constituent l'objectif centrale de l'étude présentée ici.

1. Contexte

1.1. Capacité de l'agriculture à stocker du carbone

L'agriculture est perçue comme une des activités humaines contribuant le plus à l'élévation de la concentration en gaz à effet de serre (GES) de l'atmosphère tout en étant l'une des principales victimes du changement climatique. En proportion, l'agriculture contribue à hauteur de 16,7 % du total des émissions de GES françaises (MTES, 2020). Les menaces que font peser le changement climatique sur l'agriculture sont nombreuses, incluant la diminution des rendements, un risque de diffusion plus élevé des maladies, un accroissement des populations d'insectes ravageurs ou d'adventices, la dégradation

¹ Les services environnementaux sont des actions humaines permettant améliorer/protéger les services écosystémiques ou fournir leur fonctionnement pour la société à travers l'environnement.

du bien-être des animaux, etc... La capacité de l'agriculture à atténuer le réchauffement climatique est cependant mise en lumière ces dernières années, avec d'une part la capacité de l'agriculture à opter pour des pratiques moins émettrices de GES, et d'autre part par la démonstration faite de la capacité des sols et de la biomasse arborée à stocker du carbone de manière additionnelle, et donc à capter une partie du CO₂ (un des principaux GES) accumulé et/ou rejeté dans l'atmosphère par les activités humaines.

Ainsi, Pellerin et al. (2019) concluent dans leurs travaux d'évaluation des capacités de stockage additionnel de carbone par l'agriculture que deux pratiques (l'implantation de cultures intermédiaires et celle de haies) ont à la fois un potentiel d'atténuation des émissions de GES liées à l'agriculture (CH₄ et/ou N₂O) et une capacité à capter et stocker une partie de l'excédent de carbone atmosphérique dans l'horizon 0-30 cm des sols.

1.2. Les mécanismes PSE comme moyen de rétribuer et de stimuler l'offre de compensation carbone de l'agriculture tout en favorisant d'autres services comme la qualité de l'eau

La capacité de l'agriculture à déployer des pratiques capables de stocker du carbone permet aux agriculteurs d'offrir des services de compensation d'émission de carbone notamment à l'attention des entreprises, celles-ci étant en capacité d'acheter des services de stockage du carbone à des agriculteurs avec comme fin de « verdir » leur image, d'être éligibles à des crédits d'impôt (défiscalisation verte), ou bien encore de pouvoir abonder des dispositifs de type RSE (Responsabilité Sociétale des Entreprises). Cette capacité est d'autant plus intéressante que des attributs comme les haies ou les couverts végétaux permanents, connus pour leur capacité à stocker du carbone, ont aussi des vertus du point de vue de la qualité de l'eau du fait de leur capacité à limiter l'érosion des sols et ainsi à réduire les émissions de phosphore. Ainsi, les mécanismes de PSE que certains imaginent pour financer l'implantation de ces attributs par les agriculteurs avec l'objectif unique d'améliorer la qualité de l'eau pourraient être attractifs pour des acheteurs privés motivés par la dimension « stockage de carbone » de ces mêmes attributs, conduisant au final à une double valorisation « qualité de l'eau » et « climat » de ceux-ci.

Les PSE se positionnent comme un nouvel instrument alternatif aux politiques réglementaires ou fiscales visant à réduire l'impact des activités humaines sur l'environnement en raison de leurs caractères propres tels que l'engagement volontaire, l'identification de l'objet du paiement (quel(s) service(s) environnemental(aux) envisagé(s)) et de ses objectifs, l'additionnalité par rapport au scénario de référence, l'incitativité financière, l'obligation de résultats pour le versement du paiement et l'efficacité environnementale.

En théorie, le financement de PSE peut être porté soit par une puissance publique soit par un agent privé. D'un point de vue juridique, le financement public ne peut être attribué directement aux fournisseurs, mais comme un paiement compensatoire couvrant les pertes de revenus, les coûts supplémentaires engendrés par l'action pour maintenir ou améliorer des services environnementaux, ou les coûts de transaction. C'est typiquement le cas des Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC) instituées par la PAC (Politique Agricole Commune), qui peuvent être vues comme des PSE avant l'heure. Cette modalité de paiement est toutefois peu incitative du point de vue des agriculteurs (elle ne fait que compenser des pertes de revenus), ce qui explique le peu de succès des MAEC, et le peu d'impact environnemental de ces mesures. C'est pourquoi le projet CPES vise des PSE de type « privé-privé », plus incitatifs financièrement et donc aussi plus performants, à priori, d'un point de vue environnemental.

Les agriculteurs jouent un rôle important dans le bon fonctionnement des écosystèmes en tant que premiers gestionnaires des territoires par leur travail quotidien. Les activités agricoles devront, à l'avenir, être valorisées et rémunérées afin de développer celles les plus favorables pour les

écosystèmes, sachant que ces activités devront également permettre de préserver la production agricole à un niveau suffisant pour assurer la sécurité alimentaire des populations. Pour reconquérir cette multifonctionnalité de l'agriculture, les PSE sont des outils de choix, dans la mesure où ils permettent de rémunérer et de promouvoir les activités agricoles plus productrices de services environnementaux.

1.3. Objectifs du travail

L'objectif de ce travail est d'évaluer les conditions permettant d'agréger un service « climat » au mécanisme PSE imaginé pour améliorer la qualité des eaux du Lac au Duc de manière à pouvoir valoriser les attributs techniques objets des paiements (haies et couverts végétaux permanents) aussi sous un angle « stockage additionnel de carbone », qui est celui recherché par les entreprises.

Dans ce cadre, deux grands objectifs ont été assignés à l'étude :

- Analyser les co-bénéfices « carbone/climat » engendrés par les mesures agricoles ciblées pour améliorer la qualité de l'eau
- Evaluer les conditions de mise en place d'un marché PSE « privé-privé » basé sur ces co-bénéfices carbone/climat auquel pourront participer des entreprises locales

Pour atteindre ces objectifs, il est apparu nécessaire de répondre à trois questions:

- 1) *Quels sont les instruments économiques et financiers permettant à l'heure actuelle de valoriser le stockage du carbone par l'agriculture ? Comment le prix du carbone additionnel stocké par l'agriculture est-il, ou peut-il être déterminé ? Quelles sont les références utilisables ?*
- 2) *Quels conditions ou éléments pourraient motiver des entreprises à « acheter » des quantités de carbone stockées par l'agriculture ? Quel serait précisément l'intérêt de ces entreprises à participer à un marché local du carbone ? Quels mécanismes (RSE par exemple) les entreprises pourraient-elles faire jouer pour "acheter" du carbone "agricole" ?*
- 3) *Quelles quantités de carbone les mesures envisagées pour améliorer la qualité de l'eau sur le bassin versant du Lac au Duc permettent-elles de stocker dans les sols de ce bassin ? Quels sont les montants potentiellement valorisables à l'hectare, dépendant du taux d'implantation des mesures et du prix de la tonne de carbone utilisé comme référence ? Les montants dégagés du fait des co-bénéfices « carbone/climat » induits par les mesures prises pour améliorer la qualité de l'eau peuvent-ils être suffisants pour financer des PSE « qualité de l'eau », ou d'autres ressources financières, strictement reliées à ce service, doivent-elles être trouvées ?*

1.4. Méthodologie

La méthode utilisée repose principalement sur de la recherche bibliographique, mobilisant des articles scientifiques, des rapports d'études et des données issues de sites web. Elle inclut également les résultats d'entretiens réalisés avec des représentants du monde de l'entreprise (Chambre Régionale de Commerce et d'Industrie de Bretagne ; Association Bretonne des Entreprises Agroalimentaires). L'objectif est de fournir :

- 1) Une revue des différents prix du carbone évoqués dans la littérature en les comparant au prix du marché, afin de comprendre à quoi ces différents prix correspondent, et comment ils pourraient être pris (ou pas) comme base pour calculer le prix de PSE « carbone » ;
- 2) Un panorama des différents instruments de politique « carbone » à disposition des entreprises et liés à l'agriculture, pouvant être mobilisés dans le cadre du paiement/financement de services de stockage additionnel de carbone fournis par l'agriculture ;

- 3) Une revue des facteurs/conditions capables de stimuler la demande des entreprises à « acheter » des services de compensation carbone vendus par des agriculteurs ;
- 4) Un recensement des expériences empiriques déjà réalisées de négociations entre entreprises et agriculteurs autour du stockage du carbone et de sa valorisation ;
- 5) Une évaluation de la valorisation monétaire possible des quantités de carbone stockées par les pratiques agricoles reconnues pour protéger la qualité de l'eau en limitant les émissions de phosphore ;
- 6) Une discussion de la possibilité et des conditions de création d'un marché local du carbone associant agriculteurs du bassin versant du Lac au Duc et entreprises du territoire.

2. Tarification du carbone

Les politiques dites climatiques sont des politiques de lutte contre le changement climatique provoqué par l'activité humaine. Elles ont pour objectif de promouvoir la réduction des émissions de GES, et d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 (La Stratégie National Bas Carbone ou SNBC instaurée par loi du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat fixe le cadre pour la France).

Le carbone atmosphérique est un bien public qui n'a pas de signal-prix établi sur le marché classique en conditions de concurrence pure et parfaite. Aussi, établir un prix est l'un des enjeux principaux de la politique du carbone. Ce qui est rechercher ici via l'établissement d'un prix c'est d'internaliser des dommages ou risques climatiques.

Dans ce travail, on privilégiera les mécanismes dont le périmètre reste au niveau national/européen excluant les mesures d'ajustement carbone aux frontières ou les mesures d'inclusion carbone aux frontières.

Les prix ainsi obtenus peuvent se répartir entre des prix dits « publics » ou « privés » et « explicite » et « implicite » comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Les différents types de prix du carbone

Public	Explicite (positif)	Marché européen de carbone (EU ETS), Taxe carbone (Contribution Climat-Energie = composante carbone de TIC)
	Explicite (néгатif)	Subventions aux émissions de carbone évitées
	Implicite	Réglementation
	Explicite	Valeur tutélaire du carbone
Privé	Explicite	Prix interne du carbone dans les entreprises
	Explicite	Marché de compensation volontaire
	Implicite	Désinvestissement du secteur des énergies fossiles

Source : Olivier (2018) ; *Entreprises pour l'Environnement (s.d.)*

* Un prix explicite est un prix réel exprimé en unité de devise pour une unité de carbone.

* Un prix implicite est un surcoût qu'un agent prend en charge dans le cadre d'un plan de décarbonation.

2.1. Prix « public » du carbone

Le prix « public » du carbone est un signal-prix que l'on trouve dans les instruments des politiques carbone mis en place par les pouvoirs publics tels que les marchés d'échange de droits d'émissions, les taxes, ou les subventions. Pour ces deux derniers cas, seul les dispositifs généraux concernant les entreprises seront détaillés ci-dessous.

2.1.1. Marché européen du carbone

Le Système Communautaire d'Échange de Quota d'Émission (SCEQE ; EU ETS en anglais), aussi appelé « marché européen du carbone », a été créé en 2005 dans le but de permettre aux états d'atteindre l'objectif européen² de réduction des émissions de GES fixé dans le cadre du Protocole de Kyoto (1997). La Commission européenne attribue des quotas « carbone » (EUA : European Emission Allowance) aux agents économiques des pays européens³ opérant dans les secteurs les plus émetteurs⁴ dans la limite de leurs plafonds d'émissions de GES. Un quota est un permis échangeable d'émission des GES exprimé en tonne d'équivalent CO₂ (teqCO₂).

L'EU ETS permet l'instauration de transactions intracommunautaires basées sur l'échange des quotas ainsi alloués, en positif ou en négatif, après comptabilisation des émissions de GES émises par un agent à la fin d'une période de référence. Les quotas sont également échangeables de gré à gré entre les agents. Dans ce cas, le prix du carbone est soit défini réglementairement, soit déterminé par le marché.

Les agents économiques opérant dans le marché européen du carbone peuvent également compenser les reliquats d'émissions restant une fois accomplis tous leurs efforts de réduction par l'achat de crédits carbone générés par le Mécanisme de Développement Propre (MDP; mécanisme de compensation d'émission de GES dans les pays en développement) ou la Mise en Œuvre Conjointe (MOC; mécanisme de compensation d'émissions entre pays développés). Le MOC a été mis en œuvre en France sous le nom de « Projet domestique » entre 2006 et 2012 pour les secteurs non présents sur le marché européen du carbone. Aujourd'hui, le marché de compensation carbone volontaire (Partie 2.2.2) a pris le relais du « Projet domestique ».

Toutes les transactions d'actifs carbone (quotas et crédits carbone) sont enregistrées dans des registres d'émissions et supervisées par la Commission européenne pour éviter les fraudes comme le « double compte » par exemple. Pour gérer administrativement ces transactions la plupart des acheteurs de crédits carbone ont recours à un opérateur qui ajoute une charge de fonctionnement et une marge sur le prix d'achat de crédits carbone. La part de frais du fonctionnement dans le prix de vente est importante (entre 12 et 50 %) (Maïga, 2012).

Le système de l'EU ETS permet d'inciter les agents économiques concernés à réduire leurs émissions de GES en changeant leurs comportements ou en investissant dans de nouvelles technologies moins émettrices lorsque le coût de réduction de l'émission de GES est inférieur au prix « marché » des quotas/crédits carbone. Les agents choisissent les stratégies leur permettant d'accroître au maximum leurs profits.

Plusieurs inconvénients ou limites à ce mécanisme sont toutefois soulignés par la littérature. Premièrement, le système d'échange de quotas est incitatif seulement quand le prix du marché est supérieur aux coûts de réduction des émissions de GES (coûts des techniques moins émettrices). Deuxièmement, plus la réglementation devient contraignante conduisant à une augmentation implicite du prix du carbone, plus le prix de l'EUA pourrait être amené à diminuer. Troisièmement, la distribution de quotas des différents secteurs n'est pas toujours pertinente. Par exemple, certains quotas sont encore distribués gratuitement. Ainsi, des industries comme celles du ciment ou du papier reçoivent des quotas gratuits avec des excédents allant jusqu'à 14 et 30 % de leurs émissions (RAC, 2019). Quatrièmement, depuis le début de la mise en place de l'EU ETS on note une forte volatilité du

² Après la révision de la Décision de Partage de l'Effort en 2018, l'objectif européen à horizon 2030 dans les secteurs d'EU ETS est fixé au moins 43% de moins d'émissions par rapport à celles de 2005.

³ 28 Etats membres de l'Union Européenne, l'Islande, le Liechtenstein et la Norvège.

⁴ Les secteurs soumis dans le cadre du protocole de Kyoto sont comme le suivant : productions d'électricité et de chaleur, industries manufacturières, aviation commerciale.

prix (Fig.1), dépendant de la quantité totale de quotas attribués⁵, des situations de crise économique globale, de la quantité de crédits internationaux importés, ou du prix relatif des combustibles fossiles. Enfin, demeure toujours les soucis de la « fuite carbone » ; c'est-à-dire que les agents opérant dans des pays soumis au cadre instauré par le Protocole de Kyoto délocalisent une partie de leurs activités dans des pays échappant à la politique des quotas.

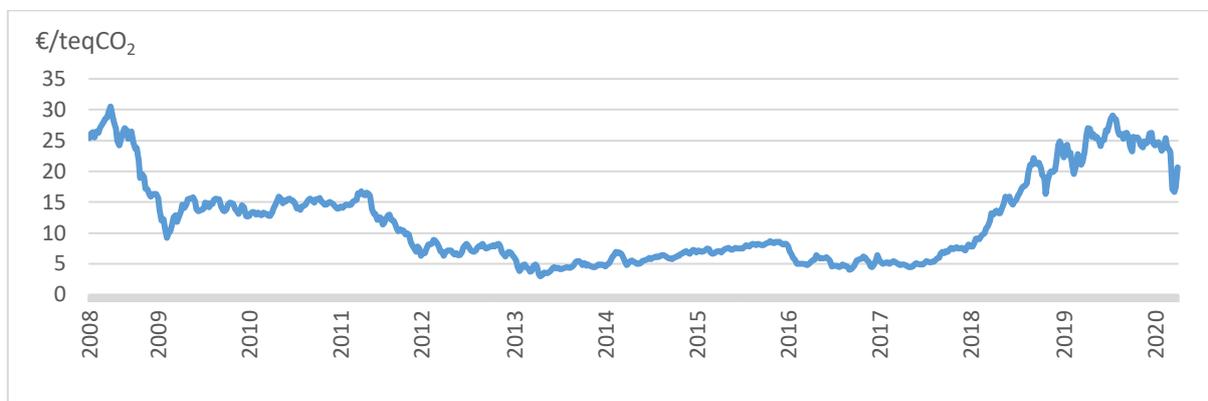


Figure 1. Evolution sur la période 2008-2020 du prix de la tonne d'équivalent de CO₂ sur le marché EU ETS

Source : Sandbag (2020)

2.1.2. Taxe carbone

La taxe carbone⁶ est un autre mécanisme de la tarification du carbone dont l'objectif est d'inciter les agents économiques à se saisir de l'enjeu du changement climatique et de la nécessité de réduire les émissions de GES en vertu du principe pollueur-payeur. L'Etat français l'a instaurée en 2014 sous le nom de « Contribution Climat Energie » ou CCE, la CCE étant intégrée à la taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE), sur le gaz naturel (TICGN) et sur le charbon (TICC).

Dans un cas idéal, le niveau de taxation est indexé aux quantités de GES émises pour la production des produits/services ou à la quantité d'énergies fossiles consommées. L'objectif est d'inciter les agents économiques à réduire leur niveau de pollution dans toute la gamme de coûts ou les coûts marginaux de dépollution sont inférieurs au coût de la taxe.

Actuellement une vingtaine de pays ont mis en place une taxe carbone dans le monde dont les montants varient de moins de 0,9 €/tCO₂ (Mexique) jusqu'à plus de 100 €/tCO₂ (Suède) (MTES, 2018). En France, la CCE n'a cessé d'augmenter depuis son application de 7 €/tCO₂ à 44,6 €/tCO₂ en 2018 (MTES, 2020c). Cette évolution respecte les objectifs fixés dans la loi de transition énergétique pour la croissance verte (TEPCV) du 17 août 2015, objectifs basés sur la valeur tutélaire du carbone proposée

⁵ Afin de résoudre les problèmes du surplus de quantité de quotas distribués qui abaissent le prix européen du carbone et le volatilisent, plusieurs mesures ont été introduites. Par exemple, le back-loading temporaire des quotas (suspension ou retrait temporaire de quotas pendant une période spécifique en raison d'une crise économique ou de la présence d'un surplus important de quotas sur le marché), la réduction linéaire du plafond, l'introduction du prix-plancher du carbone pour les industries énergétiques, la révision des règles concernant l'allocation de quotas gratuits en tenant compte les progrès techniques et la mise à jour du niveau de benchmark tous les 5 ans.

⁶ La taxe carbone rentre dans la catégorie des taxes environnementales souvent appelées « écotaxe » au niveau international. En France, la notion d'écotaxe renvoie plutôt à la « taxe poids lourds » ou taxe nationale sur les véhicules de transport de marchandise que l'Etat a voulu instituer en 2013 dans la suite du Grenelle de l'environnement de 2007. Elle n'a pas été mise en place en raison des mouvements d'opposition (bonnets rouges).

dans le rapport de Quinet (2009), et étant révisée chaque année dans le projet de loi de finances (PLF) (Conseil des prélèvements obligatoires, 2019). Cependant la hausse prévue de la CCE est suspendue depuis 2019 à cause du mouvement dit des gilets jaunes, et la reprise de la trajectoire haussière dans laquelle elle s'inscrivait jusqu'ici n'est pas encore programmée (Fig. 2).

En 2020, une nouvelle écotaxe devrait s'appliquer aux billets d'avion au départ de France dont le montant devrait varier de 1,5 à 18 € selon la destination et la classe de voyageur⁷. L'objectif est double : réduire les émissions de GES liées au transport aérien ; réduire l'inégalité sectorielle d'application des taxes par rapport aux autres modes de transport.

Cependant, les taxes appliquées jusqu'ici sont de portée limitée du fait que le niveau de taxe est le même quel que soit le niveau de consommation d'énergie fossile (Xandry, 2015), et varie d'un produit/service à l'autre malgré une taxe carbone relativement « harmonisée » (RAC, 2014, p.34).

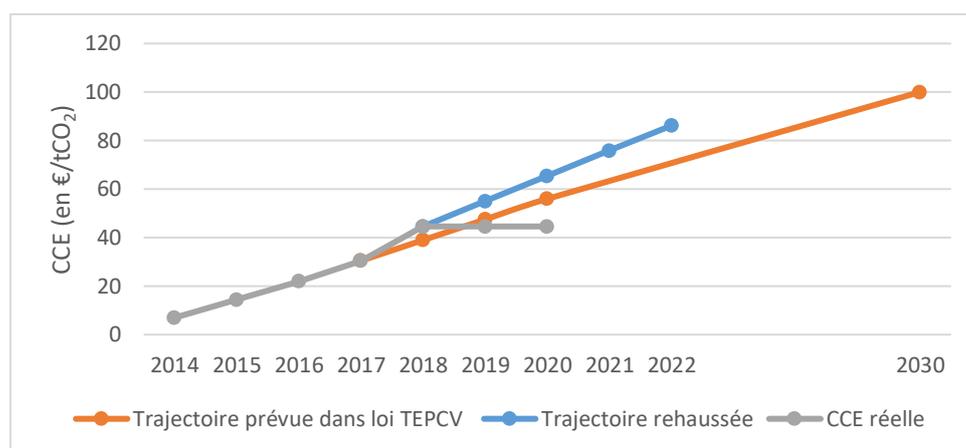


Figure 2. Les trajectoires prévues et suivies de l'évolution de la CCE depuis 2014

La trajectoire rehaussée a été mise en place dans le cadre du PLF 2018.

Source : La loi TEPCV, PLE (2018), MTES

2.1.3. Subventions

Deux grands types de subvention sont rencontrés au sein des politiques climatiques et énergétiques de la France. Un type correspond aux aides que l'ADEME attribue aux entités économiques pour leur permettre de lancer des actions concrètes de réduction de leurs émissions de GES⁸. L'autre se présente sous la forme du remboursement et/ou des exonérations/réductions de TICPE que l'Etat accorde. Leur niveau s'est accru à hauteur de 11 milliards € en 2019. L'objectif était de lisser le déséquilibre existant entre les charges des entreprises grandes émettrices qui bénéficient encore partiellement de l'attribution des quotas gratuits et/ou bénéficient d'un prix du carbone relativement bas (21 €/teqCO₂ sur l'EU ETS), et les particuliers et petites entreprises relativement moins émetteurs qui font face à un prix du carbone beaucoup plus cher (44 €/teqCO₂). D'autres types de subvention existent. Par exemple, les agriculteurs bénéficient de tout un ensemble de détaxation : détaxation sur les dépenses de carburant occasionnées par l'usage de véhicules agricoles ; détaxation sur les achats de gazole non routier et de fioul lourd ; détaxation sur les achats de TICGN (gaz naturel) et de GPL (gaz de pétrole

⁷ 1,50 euro en classe éco pour les vols intérieurs et intra-européens, de 9 € pour ces vols en classe affaires, de 3 € pour les vols en classe éco hors UE et de 18 € pour ces vols en classe affaires (Le Monde, 2019).

⁸ Par exemple, l'aide financière à la méthanisation, le fonds chaleur, FRET21, « TPE-PME, gagnantes sur tous les coûts ! ».

liquéfié). Le montant de ce type de subvention augmente depuis 2007 d'au moins 3 milliards € malgré l'objectif de le supprimer à l'horizon 2025 (HCC, 2019).

2.1.4. Valeur tutélaire du carbone

La valeur tutélaire du carbone (VTC)⁹ est une valeur monétaire du carbone élaborée par la commission dite « Commission Quinet », servant de référence pour l'évaluation de la rentabilité des investissements publics effectués aujourd'hui dans une optique de réduction des émissions de GES de la France. La VTC se place dans l'optique de l'atteinte par la France de la neutralité carbone à l'horizon 2050. Le calcul de la VTC intègre l'évolution du prix relatif des options carbonées, le coût de déploiement des technologies nécessaires pour atteindre la neutralité carbone, la prospective technologique/technoéconomique et la répartition des efforts de décarbonation dans le temps, en se basant sur un scénario de référence (Quinet et al., 2019). La VTC augmente dans le temps en même temps que l'augmentation du niveau de contraintes (Fig.3).

La rentabilité des investissements publics est évaluée en comparant le coût de la tonne de carbone « évité », calculé sur la base de la VTC au niveau de l'investissement à réaliser pour abattre cette tonne de carbone. Lorsque le ratio [coût équivalent VTC] / [coût d'investissement] est > 1, la mise en place de cette action/technologie est considérée rentable et raisonnable pour la collectivité. Ainsi la VTC joue un rôle de repère pour décider de la rentabilité « sociétale » et de la justification « environnementale » de l'investissement. Cependant le déclenchement des actions de décarbonation est encore laissé à une volonté des entités publiques et privés. Les agents privés sont plus enclins à mettre en œuvre les actions/technologies d'atténuation des émissions de GES dont les coûts sont négatifs ou faibles. Une fois les actions/technologies à faibles coûts mises en œuvre l'intervention publique serait nécessaire pour enclencher les actions plus coûteuses (Quinet et al., 2019).

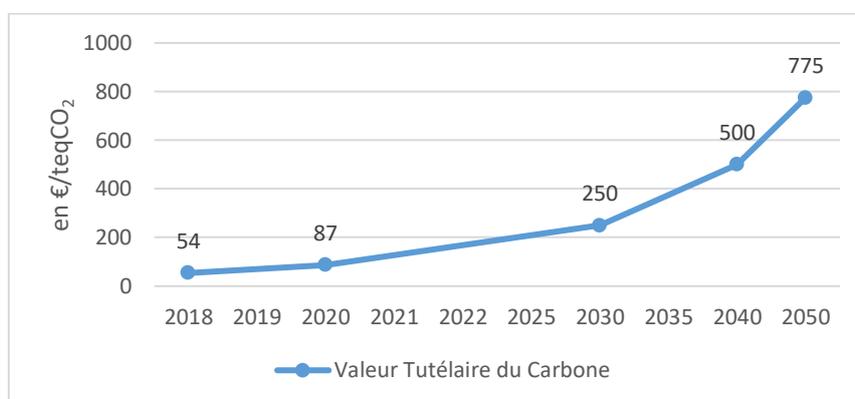


Figure 3. La trajectoire de la valeur tutélaire du carbone (VTC) telle qu'établie dans le rapport issu des travaux de la « Commission Quinet »

Source : Quinet et al. (2019)

2.2. Prix « privé » du carbone

Le prix du carbone dit « privé » est un signal-prix qui est fixé au sein de démarches volontaires impliquant des entités privées engagées dans des démarches de réduction des émissions de GES, ou dans des transactions de crédits carbone dans le cadre de marchés de compensation volontaire.

⁹ La VTC est proposée dans le rapport de Quinet en 2009 et révisée en 2019 en tenant compte du manque d'efforts de la réduction des émissions par rapport à l'atteinte de la trajectoire proposée en 2009, de l'augmentation des coûts que ce retard est susceptible d'engendrer et de l'évolution réglementaire/d'objectifs.

2.2.1. Prix interne du carbone dans les entreprises

Les entreprises intègrent volontairement un prix du carbone dans certaines de leurs décisions, comme dans certaines dépenses d'investissement ou de gestion des risques dans lesquelles interviennent des coûts liés à des émissions de carbone. Par exemple, les entreprises peuvent procéder à une évaluation socio-économique de leurs projets d'investissement en attribuant à ceux-ci un coût « carbone » en utilisant par exemple la VTC de manière décrite dans le chapitre précédent. Cette évaluation peut les amener à choisir le projet d'investissement possédant le ratio [coût équivalent VTC] / [coût d'investissement] le plus élevé, ou le projet qui est relativement le moins émissif de carbone (désinvestissement du secteur émetteur), donc le plus rentable du point de vue du risque climatique. Ce type de démarche permet aussi aux entreprises d'anticiper les évolutions réglementaires dont l'exigence ne fait que s'accroître dans le temps.

Les entreprises peuvent également s'imposer une taxe interne du carbone dans leur comptabilité, et utiliser les recettes de cette taxe interne pour investir dans des projets de réduction des émissions de GES ou dans de la R&D visant à mettre au point des procédés moins émissifs.

Cette démarche volontaire conduisant à l'établissement d'un prix « privé » du carbone se déploie sous l'égide de la Carbon Pricing Leadership Coalition qui a été lancée officiellement en 2015 lors de la COP21.

On notera que les entreprises qui impliquent un prix interne du carbone (panel regroupant environ 1400 entreprises dans le monde dont 66 en France en 2017) (Olivier, 2018) n'affichent que très rarement leur prix, leurs manières de calcul ou la justification du choix de tel ou tel prix de référence, malgré les supports documentaires existant pour la mise en place de tels prix « privés » du carbone (par exemple I4CE, 2016 ; WBCSD, 2015).

2.2.2. Marché de compensation volontaire

La compensation carbone volontaire est un mécanisme par lequel des collectivités, particuliers ou entreprises dont les activités n'entrent pas dans le cadre réglementaire de l'obligation de réduction ou des émissions de CO₂ veulent néanmoins participer à l'effort collectif de réduction de ces émissions en finançant des projets de réduction des émissions de GES et/ou de séquestration du carbone mis en œuvre par des tiers, avec l'objectif de compenser leurs propres émissions. A l'inverse du marché européen du carbone, le marché de la compensation volontaire n'oblige pas à la certification des projets. Le marché de la compensation carbone volontaire est ouvert à tous les types d'acteurs et peut porter sur une grande diversité de projets. Le prix du carbone est déterminé via la négociation entre les entités (de gré à gré). En 2016, ce prix variait entre 1,5 et 24,4 €/teqCO₂ avec une moyenne s'établissant autour de 3,4 €/teqCO₂ (InfoCC, 2017). La transaction se fait par échange de crédits carbone (revendable une fois) et est enregistrée dans un registre.

Dans l'esprit du principe ERC (Eviter-Réduire-Compenser), la compensation carbone est vue comme une action complémentaire à activer seulement après ou en même temps d'actions de réduction des émissions de CO₂, l'ensemble s'inscrivant dans une démarche globale d'atteinte de la neutralité carbone.

Dans le Règlement Partage de l'Effort (ESR) établi en 2018 pour répartir l'effort de réduction des émissions de CO₂ à effectuer dans les secteurs hors EU ETS entre les Etats membres de l'UE, la France s'est engagée à réduire ces émissions à l'horizon 2030 est fixé à 37 % par rapport à 2005. Des démarches volontaires des entités qui ne sont pas soumises à la mesure de conformité des quotas d'émission devront nécessairement être développées pour atteindre cet objectif et encore plus celui de la neutralité carbone en 2050. Dans cet esprit, l'ADEME élabore un système de certification des méthodologies mises en œuvre dans les démarches volontaires de compensation carbone, avec

l'objectif d'attirer les investisseurs en établissant des marchés de compensation carbone volontaire certifiés à l'échelle nationale.

3. Compensation carbone via l'agriculture

L'agriculture est aujourd'hui prise en compte comme un secteur qui permet la compensation carbone via le stockage additionnel de carbone dans les sols. L'objectif de cette partie est de présenter comment les pratiques agricoles peuvent conduire à ce stockage additionnel, ainsi que les co-bénéfices pour les autres services environnementaux de ces pratiques agricoles stockant du carbone et les niveaux de valorisation possibles auxquels il peut conduire pour les agriculteurs.

3.1. Mécanismes de stockage de carbone par le sol

Par sa nature, la biomasse végétale (qu'il s'agisse des cultures, prairies ou arbres) capture le carbone dans l'atmosphère, conduisant à sa transformation en matières organiques par photosynthèse. Plus les plantes recouvrent spatialement (horizontalement pour les couverts végétaux ou verticalement pour les arbres) ou temporellement (optimisation de la capture d'énergie solaire par les plantes au cours de l'année) les sols, plus la quantité de carbone stockée dans le sol augmente. La stabilité de ce stockage dépend de la composition des matières organiques, des conditions du sol, du climat et des actions humaines.

Le niveau de stockage du carbone par le sol peut être augmenté soit par l'augmentation des entrées du carbone, soit par la réduction/ralentissement de la minéralisation des matières organiques. Dans ce contexte, le stockage additionnel du carbone dans le sol est défini comme la quantité de carbone supplémentaire qu'une modification de pratique visant à optimiser la production de biomasse est susceptible de produire et de stabiliser dans le sol (via les bactéries et les champignons) par rapport à une situation de référence. Cette augmentation de stockage du carbone peut être durable dans le temps, ou seulement temporaire, notamment dans le cas à un retour à la situation de référence.

3.2. Pratiques agricoles conduisant à un stockage additionnel du carbone

Optimiser un mécanisme de stockage du carbone dans les sols passe par une connaissance du potentiel de stockage additionnel de carbone des différentes pratiques agricoles. Ce potentiel servira de base au calcul de la rémunération possible à laquelle la mise en œuvre d'une pratique stockant du carbone pourra donner lieu (contrat ex-ante).

Le potentiel de stockage additionnel de carbone dans le sol des principales pratiques agricoles déployées en France a été analysé par Chenu et al. (2014) et Pellerin et al. (2019) (voir le tableau 2 et le figure 4). L'implantation d'un couvert végétal permanent conduit aux meilleures capacités de stockage additionnel du carbone (0,24 à 0,49 tC/ha/an), suivis par les haies (0,15 tC/ha/an en culture et 0,25 tC/ha/an en prairie) et l'agroforesterie (0,3 tC/ha/an). Cette dernière émet toutefois des quantités importantes de GES (directes ou induites à l'amont et à l'aval de la pratique) en raison de l'utilisation de tracteurs/machines pour l'entretien, ce qui en réduit les performances du point d'un objectif global d'atténuation du réchauffement climatique. Cependant l'agroforesterie permet aussi le stockage additionnel du carbone dans la biomasse aérienne, permettant une substitution de l'énergie fossile « carburant » en une énergie renouvelable « bois », moyennant la mise en place d'une filière bois-énergie permettant de valoriser cette substitution. Cette substitution prise en compte, le bilan GES de l'attribut « agroforesterie » est le plus favorable des différents attributs stockant du carbone d'après Pellerin et al. (2019) (Tab.2).

Ces études montrent également que le potentiel d'une pratique en particulier doit être comparé à la capacité de déploiement de la pratique considérée à l'échelle de la France (Fig.4 et 5). Par exemple, le

potentiel de stockage du carbone induit par l'implantation de couverts végétaux permanents qui est fort en théorie, peut s'avérer réduit en pratique du fait de la faible superficie de déploiement potentiel de cette pratique en France.

Dans leur étude, Pellerin et al. (2019) ont fait des simulations de scénarios relatifs à l'adoption de chaque pratique considérée comme stockant du carbone, en tenant compte des contextes pédoclimatiques et agronomiques françaises, et en tenant compte aussi des coûts d'implantation de ces pratiques. Leurs résultats montrent que le potentiel de stockage additionnel du carbone est très faible et représente un coût élevé en Bretagne pour les cultures intermédiaires (CI) ($< 0.05 \text{ tC/ha/an}$) et l'allongement/insertion de prairies temporaires pour la raison que ces pratiques existent souvent déjà dans cette région.

Par ailleurs, Chenu et al. (2014) soulignent une incertitude sur le potentiel de stockage associé aux pratiques évoquées (chiffres présentés précédemment) et sur les superficies sur lesquelles ces pratiques sont applicables, surtout pour l'agroforesterie. Les auteurs notent l'absence d'évaluation des multiples combinaisons de pratiques stockant du carbone et une connaissance insuffisante du pouvoir de stockage des cultures intermédiaires, liée à la diversité des types de plantes utilisées.

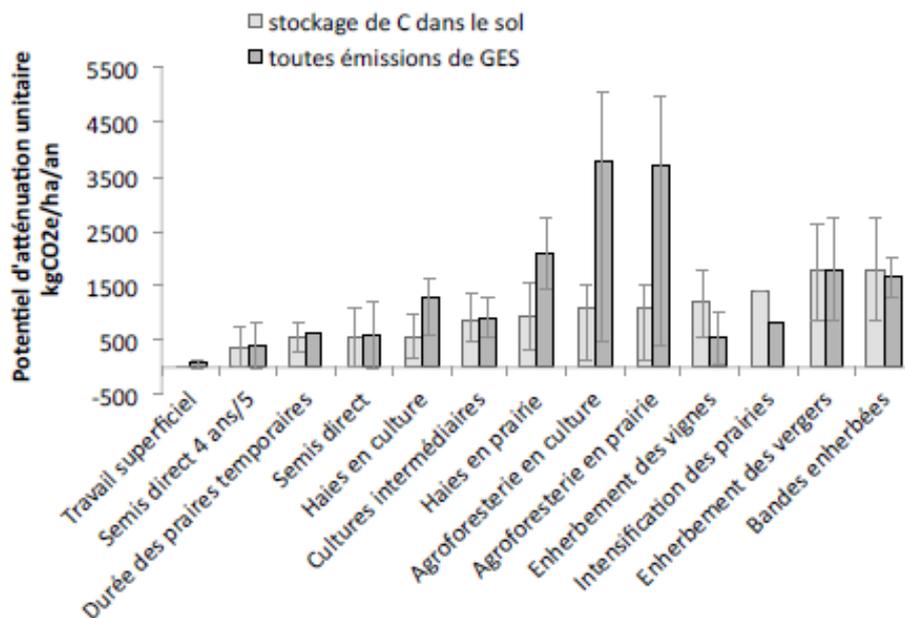


Figure 4. Figure comparant le potentiel de stockage additionnel de carbone dans le sol des principales pratiques agricoles connues pour stocker du carbone au potentiel de réduction des émissions de GES induit par le développement de ces pratiques en agriculture

Source : Chenu et al. (2014) p.33

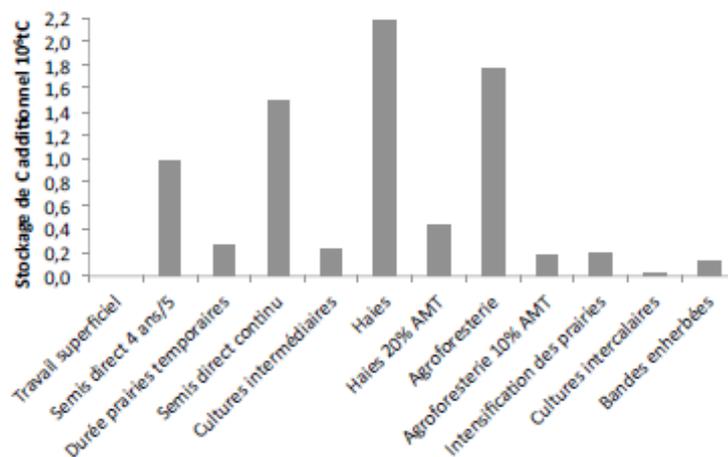


Figure 5. Potentiel de stockage de carbone à l'échelle de la France et sur une année des principales pratiques agricoles connues pour stocker du carbone

L'Assiette Maximale Technique ou AMT est une surface sur laquelle l'action considérée pourrait être développée, en tenant compte des conditions pédologiques, agronomiques et environnementales.

Le potentiel de l'agroforesterie et des haies est présenté sur la figure 5 pour toute l'AMT ou pour 10% (agroforesterie) et 20% (haies). L'ordre des actions respecte celui de la figure 4. Les incertitudes restent très grandes.

Source : Chenu et al. (2014) p.34

Tableau 2. Evaluation des quantités de carbone additionnel stockable dans les sols par les principales pratiques agricoles stockant du carbone (en tonnes de C par hectare et par an) en comparaison du bilan total d'émission de GES de chaque pratique (en tonne d'équivalent CO₂ par hectare et par an)

Pratiques agricoles stockant du carbone	Stockage additionnel du carbone (tC/ha/an)		Bilan GES (teqCO ₂ /ha/an)
	Chenu 2014	INRA 2019	INRA 2019
Réduction du travail du sol			
Semis direct	0,15	0,06	-0,20
Semis direct 4 sur 5 ans	0,1	-	-
Travail superficiel sur dizaine cm	0	-	-
Couvertures végétaux permanents			
Insertion/allongement des cultures intermédiaires (CI)	0,24	0,13	-0,41
Cultures intercalaires en vergers	0,49	-	-
Cultures intercalaires des vignobles (permanent ; hivernal)	0,32	0,25 ; 0,16	-0,74 ; -0,57
Bandes enherbées autour du cours d'eau	0,49	-	-
Gestion de prairies			
Allongement/insertion de prairies temporaires dans les rotations prairies-cultures	0,14	0,11	-0,62
Fertilisation additionnelle modérée des prairies peu fertilisées	0,39	0,18	-0,15
Réduction de la fauche au profit du pâturage	-	0,27	-0,63
Pratiques arboricoles			
Développement de l'agroforesterie intra-parcellaire	0,3	0,21	-4,62
Implantation de haies (en culture ; en prairie)	0,15 ; 0,25	0,017	-1,22
Autre			
Apport au sol de matières organiques exogènes	-	0,061	-0,76

Le potentiel de l'agroforesterie correspond à la plantation de 75 arbres/ha sur des parcelles cultivées.

Le potentiel de l'implantation de haies correspond à une profondeur moyenne de 39 cm, une densité moyenne de 739 arbres/km, et à un âge moyen de 27 ans.

Les cultures intermédiaires sont considérées non destinées à la récolte.

Source : Pellerin et al. (2019) ; Chenu et al. (2014)

3.3. Co-bénéfices environnementaux des pratiques agricoles favorisant la séquestration du carbone dans les sols

Les actions ayant pour objectif d'augmenter le stockage du carbone dans le sol via l'agriculture engendrent des co-bénéfices autres que ce stockage et l'atténuation du changement climatique qui en résulte.

Par exemple, certaines pratiques comme les couverts végétaux ou l'agroforesterie tendent à réduire le travail du sol avec comme bénéfice d'améliorer sa structure, de stabiliser les matières organiques (favorable au stockage à long terme du carbone) et de réduire son érodabilité. Une amélioration de la porosité est aussi attendue avec le bénéfice pour le sol de mieux retenir l'eau, de la rendre plus disponible aux plantes (résilience contre le stress hydrique) et d'offrir de l'espace pour les organismes vivants dans le sol. Les couverts végétaux ou les haies/arbres d'agroforesterie renforcent ces fonctionnements grâce à leurs réseaux racinaires. Quant aux haies/arbres, ils fournissent des habitats et des corridors pour la biodiversité, surtout pour les auxiliaires des cultures qui luttent contre les bioagresseurs et adventices, ainsi qu'un paysage plus esthétique.

Le couvert végétal du sol et les réseaux racinaires des haies/arbres d'agroforesterie permettent de limiter le risque d'érosion du sol (limitation du ruissellement de surface) et de filtrer les polluants, donc

d'améliorer la qualité de l'eau, notamment vis-à-vis d'éléments très liés aux sols comme le phosphore et les pesticides. En retenant le sol et les sels nutritifs qui y sont associés, ces attributs permettent également de maintenir la fertilité des terres agricoles.

Dans l'optique d'améliorer la qualité de l'eau tout en développant le stockage additionnel du carbone, l'agroforesterie intra parcellaire semble très pertinente à envisager, en plus des pratiques déjà ciblées dans le projet CPES (haies antiérosives et couverts végétaux permanents).

3.4. Valorisation des pratiques agricoles favorisant la séquestration du carbone dans les sols via des labels

Label Bas Carbone

Le Label Bas Carbone (LBC), créé sous l'initiative du ministère de la transition écologique et solidaire (MTES) en 2018 et mis en vigueur en 2019, est un outil qui vise à certifier des projets de réduction des émissions de CO₂ ou de séquestration du carbone dans des puits naturels mis en œuvre en France dans des secteurs multi-acteurs comme les secteurs des déchets, des transports, du bâtiment, de l'agriculture et des forêts. Cette certification peut favoriser le déploiement des projets dans le cadre de la compensation carbone volontaire.

Les projets de certification peuvent être portés par tout type de personne physique/morale et inclure un ou plusieurs acteurs. Les méthodes d'atténuation des émissions seront proposées par les parties prenantes (interprofessions, associations, entreprises etc.) et approuvées par le MTES. Une atténuation réalisée par un projet devra être mesurable par le LBC en évaluant les émissions totales (directes et indirecte si pertinentes) par rapport à la situation de référence. Le résultat de l'atténuation labellisée devra également démontrer son additionnalité par rapport à une situation de référence non labellisée.

Le LBC apporte des garanties aux financeurs potentiels de projets, notamment celle qu'un projet labellisé n'a pas d'impact négatif sur l'ensemble des enjeux du développement durable.

Pour les projets agricoles/forestiers, les labels MTES appliquent une décote sur les atténuations d'émissions reconnues en tenant compte de la réversibilité du stockage additionnel du carbone en cas de catastrophes naturelles.

Label haie

Dans le contexte de la disparition de 11 500 km de haies par an en France, le MTES a lancé un label national « Label Haie » en 2019 en partenariat avec l'AFAC-agroforesteries pour préserver les haies¹⁰. Ce label certifie les bonnes pratiques de gestion durable des haies et du bocage par les agriculteurs et garantit la maîtrise d'une filière locale de production bois-énergie se substituant aux énergies combustibles fossiles. Les agriculteurs qui s'engagent sont guidés par un cahier des charges composé de quarante indicateurs adaptés par type de haies et regroupés par objectifs (assurer le renouvellement, exclure les pratiques d'entretien dégradantes et préserver la maille bocagère). La certification par le label permet de rémunérer la gestion durable des haies en attribuant un prix équitable aux bois, permettant en retour de valoriser les aménités environnementales et climatiques associées et rendues à la société. Ce label n'est pas un système direct de valorisation du potentiel de stockage de carbone par les haies. Cependant, il peut servir à favoriser l'internalisation du bien public « climat » dans un projet de ré-implantation de haies via un mécanisme de PSE comme le projet dit Carbocage (partie 4.2) par exemple.

¹⁰ La haie définie dans la PAC est « une unité linéaire de végétation ligneuse, implantée à plat, sur talus ou sur creux, avec la présence d'arbustes ou la présence d'arbres et d'autres ligneux (ronces, genêts, ajoncs...) » sans discontinuité plus de 5 mètres (Préfet du Finistère, 2019).

4. Facteurs favorables à l'engagement des entreprises à financer des projets agricoles de compensation carbone : données de la Littérature

Avec l'évolution croissante des attentes des parties prenantes en matière d'environnement et des réglementations environnementales, les démarches volontaires des entreprises en faveur de l'environnement sont de plus en plus nombreuses.

4.1. Etude conduite par l'Institute for Climate Economics (étude VOCAL)

Au sein d'un contexte où le MTES met au point des outils pour promouvoir le développement en France de projets de compensation carbone volontaire visant l'objectif climatique hors EU ETS, l'Institute for Climate Economics (I4CE, 2017) a réalisé une étude sur le potentiel et les déterminants de la demande volontaire de crédits carbone par les entreprises, notamment dans le secteur agricole et forestier (étude VOCAL).

D'après les résultats de cette étude, plusieurs critères sont classés comme importants par les entreprises intéressées par des projets de compensation volontaire du carbone :

- La transparence et l'information sur la certification
- La transparence et l'information sur le projet
- La fiabilité et la qualité du standard de certification
- La présence de co-bénéfices environnementaux
- Le prix du carbone
- La transparence et l'information sur les intermédiaires financiers
- La cohérence territoriale et sectorielle des projets

La demande de transparence des informations/transactions et l'existence d'une certification robuste garantissant l'effectivité du stockage additionnel du carbone sont deux des critères les plus importants, malgré le fait que la certification renchérit le coût des projets. Le prix du carbone relié aux projets ou désirs de projet référencés dans l'étude VOCAL est généralement relativement bas, souvent inférieur à 30 €/teqCO₂, avec une moyenne 2014 pour les crédits carbone achetés en France par des entreprises françaises s'élevant à seulement 5€/teqCO₂ (Voir Fig. 4 dans le rapport de l'étude VOCAL ; I4CE, 2017).

Les entreprises manifestent un intérêt pour les co-bénéfices environnementaux (au-delà du bénéfice carbone), souvent supérieur aux co-bénéfices sociaux ou économiques auxquels les projets de compensation volontaire du carbone peuvent conduire. Ces co-bénéfices environnementaux auxquelles les entreprises se disent sensibles concernent notamment la biodiversité et la qualité de l'eau. Pourtant et de manière un peu contradictoire, selon une étude d'Ecosystem marketplace, seules 33 % des entreprises potentiellement acheteuses de crédits volontaires de compensation carbone se déclarent prêtes à payer plus cher pour des projets assortis de co-bénéfices vérifiés, par rapport à des projets ne comportant pas de co-bénéfices. La présence de co-bénéfices environnementaux spécifiques constituent néanmoins un des principaux critères d'attrait des entreprises pour financer des projets agricoles/forestiers (69%), après l'ancrage dans les territoires (77%) et devant l'image favorable des projets agricoles/forestiers (51%) et le soutien aux agriculteurs et aux éleveurs (43%). Ces intérêts mettent en avant la cohérence territoriale et sectorielle comme un point essentiel dans le choix des projets. Cela s'explique par l'importance donnée par les salariés à cet aspect et leur pouvoir de pression sur l'entreprise. Ainsi, les entreprises pourraient être plus attirées par des projets ancrés localement ou régionalement que par des projets déployés plus loin de leur siège. Cependant, comme le périmètre et le secteur des activités/services varient d'une entreprise à l'autre, la préférence des modalités de projet dépend beaucoup du type ou de la taille d'entreprises.

Parmi les secteurs susceptibles de produire des crédits de compensation achetables par les entreprises, l'agriculture est vue comme ayant le plus grand potentiel de développement en raison du

manque actuel d'offre. Parmi les différents types de projets de compensation carbone susceptibles d'être fournis par l'agriculture, les entreprises potentiellement acheteuses sont en premier lieu disposées à financer les projets de réduction de la consommation de carburant ou d'électricité, ou de méthanisation (≈70% d'acheteurs intéressés), suivis de projets d'augmentation du stockage du carbone dans les sols (≈55% d'acheteurs intéressés). L'agroforesterie est perçue comme un type de projet qui serait capable d'être financé par la compensation carbone, mais les contrôles nécessaires aux financements ex-ante sont vus comme difficiles à mettre en place du fait du caractère à la fois agricole et forestier de l'activité. Dans la logique du principe ERC, les entreprises sont séduites par les projets agricoles dans la mesure où ces projets permettent l'atténuation des émissions de GES en jouant conjointement sur plusieurs leviers : réduction de la consommation de carburant fossile, réduction du travail du sol, séquestration du carbone dans le sol, etc.

La pérennité de l'engagement des entreprises dépend de la présence des bénéfices directs ou indirects qu'elles reçoivent en échange du financement ; on trouve à ce titre des bénéfices comme la sécurisation des approvisionnements (surtout pour les entreprises dans le secteur agroalimentaire ou cosmétique), un lien territorial renforcé, ou une amélioration de la communication en interne/externe. Concernant la communication, la simplicité du projet et la présence de co-bénéfices sont privilégiées sachant que la plupart des entreprises enquêtées dans l'étude VOCAL disent ne trouver que peu ou pas d'effet de communication basés sur l'angle unique de la compensation carbone. La plupart des entreprises ne communiquent pas ou peu sur des projets de compensation carbone par crainte d'être taxées de faire du simple greenwashing par les ONG.

Les freins à l'engagement des entreprises à financer des projets de compensation volontaire du carbone viennent notamment du manque d'informations ou de connaissances sur les mécanismes et les projets, autant que des coûts considérés souvent comme trop importants. L'importance du soutien personnel des dirigeants des entreprises dans l'engagement de la réussite d'une démarche de compensation volontaire est aussi évoquée comme un levier/frein dans les entreprises engagées et non engagées. Aron et Chtourou (2014) soulignent également l'importance du partage de la valeur « environnementale » par les dirigeants au sein des entreprises. Ces facteurs sont retrouvés dans l'étude Carbocage dont les principaux résultats sont exposés ci-après.

4.2. Etude Carbocage

Carbocage est un projet de recherche visant la mise en place d'un marché local de compensation carbone sur le territoire de la Bretagne et des Pays de la Loire dans le but de rémunérer le stockage du carbone via la gestion durable de haies, initié par les Chambres d'Agriculture Bretagne et Loire-Atlantique et financé par l'ADEME. Dans ce projet, la préférence des entreprises concernant les modalités de l'objet de transaction et les conditions d'organisation du marché visé ont été analysés par la méthode des choix discrets ou par enquête.

Motivations des entreprises à s'engager

Environ 80 % d'entreprises interrogées sont prêtes ou plutôt prêtes à s'engager sur un marché carbone centré sur l'attribut haie. Leurs motivations sont les suivantes : l'intégration dans une démarche environnementale, le renforcement de l'ancrage territorial et les retombées positives sur l'image ou l'économie de l'entreprise. Le frein à l'engagement évoqué est le manque d'informations sur le dispositif.

Objet de transaction

L'objet des transactions est l'achat aux agriculteurs de crédits carbone produits par le stockage additionnel du carbone par les haies. Plusieurs types de contrats ont été proposés aux entreprises avec des variations sur le type de haies (pluristrate ou taillis), la durée d'engagement des agriculteurs (5, 15 ou 30 ans), la part de linéaire de haies engagé (partiel ou total). Les résultats ont montré que le choix

des entreprises se portait principalement sur les haies pluristrates plutôt que sur les haies de taillis en raison de la présence de co-bénéfice « biodiversité » relativement plus grande. Un contrat-type souhaité par les entreprises est un contrat de 5 ou 15 ans avec de la flexibilité en terme du niveau de linéaire de haies engagé, moyennant la présence d'un contrôle des évolutions de linéaires. Ces modalités permettent aux acteurs de tester la démarche et de s'acclimater progressivement aux transactions carbone.

Consentement à payer des entreprises

Les entreprises participant à l'étude ont été interrogées sur leur consentement à payer ou CAP avec le choix entre trois niveaux de prix du carbone (5, 56 ou 150 €/teqCO₂). Les résultats montrent que plus le prix du carbone augmente, plus la volonté de l'engagement des entreprises diminue. Cependant, une part significative des entreprises (entre 40 et 45 %) sont prêtes à s'engager au prix assez élevé de 150 €/teqCO₂. La fourchette de négociation entre les entreprises (CAP) et les agriculteurs (consentement à recevoir ou CAR) a été déterminée se situer entre 40 et 200 €/teqCO₂.

Modalités du marché carbone et contenu de contrat

Concernant les conditions d'organisation du marché Carbocage, les entreprises participant à l'étude ont été interrogées sur les points suivants :

- Moyen de contrôle (à distance par photo interprétation aérienne, par un technicien ou par les pairs) ;
- Type d'intermédiaire (Etat, privé ou collectif d'acteurs) ;
- Traçabilité du groupe origine d'agriculteurs offrant les crédits carbone ;
- Possibilité de bénéficier d'un accompagnement technique de la gestion de haies ;
- Nature de la certification du crédit carbone (national, international ou pas de certification) ;
- Mode de construction du prix (indexé aux coûts d'entretien des haies, à un autre marché du carbone ou non-indexé).

Les résultats montrent une préférence des entreprises à ce que l'intermédiaire soit publique (Etat ou collectif d'acteurs) et que le groupe d'agriculteurs produisant les crédits carbone soient clairement identifiable. Quatre profils souhaités de dispositif sont distingués par ordre décroissant de préférence : (i) un « dispositif de développement local » qui se caractérise par un contrôle participatif des acteurs, un accompagnement technique et l'application d'un prix indexé aux coûts d'entretien de la haie ; (ii) des « contrats de gré à gré entre entreprises et agriculteurs dans un dispositif léger et peu coûteux » qui ne demandent pas de certification, ni d'accompagnement technique ; (iii) « une offre locale tracée inscrite au sein du marché international du carbone » avec un prix indexé à un marché international, et comprenant un contrôle par un technicien et bénéficiant d'une certification fiable et sérieuse ; et (iv) un « dispositif d'action publique environnementale national agrégé » qui privilégie la certification, le contrôle technique et une traçabilité garantie par l'Etat.

La tendance des préférences des entreprises est cohérente avec l'étude de l'I4CE présentée précédemment : traçabilité du projet ou de la transaction, et garantie du contrat soit par la certification ou par la confiance entre acteurs ; implantation du projet dépendant de l'échelle territoriale d'ancrage des entreprises, avec une préférence pour les projets ancrés localement ; projets simples pour éviter des coûts de transaction trop importants ; présence de co-bénéfices.

Facteurs favorables à l'engagement des agriculteurs

Les agriculteurs interrogés se sont également montrés prêts à s'engager sur le marché Carbocage. Leurs motivations principales sont l'obtention d'une rémunération pour l'entretien des haies, leur propre sensibilité/conviction environnementale et climatique, la possibilité d'une reconnaissance sociétale de leur engagement pour le climat, et l'occasion offerte d'amélioration leur gestion des haies. Le fait que la plupart d'entre eux s'engagent à l'entretien de haies est un élément facilitateur de leur engagement au marché Carbocage. Il se traduit par le désir de bénéficier d'un support technique et

d'une certification pour améliorer et mieux valoriser leur pratique, au détriment d'une flexibilité dans le choix des modalités de gestion de la haie. Quant à leurs CAR, les agriculteurs préfèrent logiquement les prix les plus élevés (entre 40 et 175 €/teqCO₂). L'amélioration de haies existantes est plus acceptable que la création de nouvelles haies. L'acceptabilité de création de nouvelles haies croît cependant avec le prix du carbone. Les agriculteurs craignent les coûts de transaction et le temps à consacrer à la gouvernance des projets. L'agrégation de crédits carbone à l'échelle régionale ou nationale et la présence d'un seul interlocuteur sont envisagées comme moyen de réduire ce risque. Les agriculteurs s'intéressent aux co-bénéfices économiques associés à la haie pluristrate, notamment la production et la valorisation de bois d'œuvre autant, ainsi qu'aux co-bénéfices environnementaux produits par la haie dans les domaines de la biodiversité et des paysages. Concernant la traçabilité des transactions, les agriculteurs préfèrent connaître l'acheteur de leurs crédits carbone et les parties prenantes et déclarent refuser des transactions avec des personnes qui ne partagent pas leurs valeurs.

5. Application au cas de l'étude Interreg CPES

5.1. Présentation du contexte : caractéristiques du bassin versant du Lac au Duc et enjeux environnementaux

Présentation du bassin versant du Lac au Duc

Le site d'étude du projet Interreg CPES pour mettre en place des contrats PSE expérimentaux « qualité de l'eau » est le bassin versant du Lac au Duc situé à Ploërmel (Morbihan), aussi appelé bassin versant de l'Yvel-Hyvet (Fig.6), du nom de la rivière alimentant le lac.

Le bassin versant de l'Yvel-Hyvet, d'une superficie de 37 465 ha, se situe sur quatre communautés de communes recoupant trois départements : Ploërmel Communauté (Morbihan, 71% de la surface), Loudéac Communauté Bretagne Centre (Côtes d'Armor, 17%), Communauté de communes de Saint-Méen – Montauban et Communauté de communes de Brocéliande (Ille et Vilaine, 12%). Ce bassin versant est constitué, comme la majeure partie du massif armoricain, de roches sédimentaires rassemblant des schistes, grès et des conglomérats à galets de quartz.

Le Lac au Duc constitue l'une des deux ressources en eau du bassin versant de l'Yvel-Hyvet utilisées pour produire de l'eau potable. La quantité d'eau stockée est d'environ 3 millions de m³. La ressource dessert 10 000 abonnés, localisés dans la partie nord-est du Morbihan.

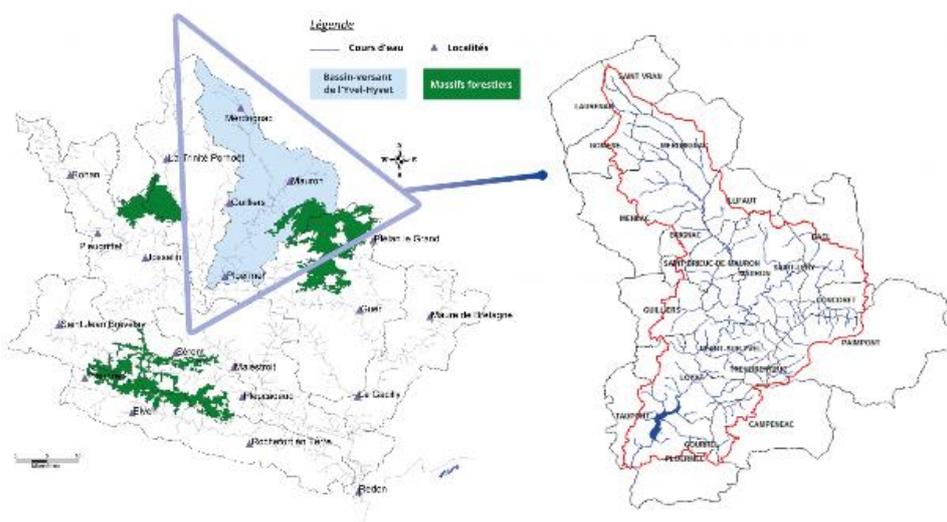


Figure 6. Localisation du bassin versant du Lac au Duc aussi appelé bassin versant de l'Yvel-Hyvet
Source : projet Interreg CPES

Enjeux environnementaux

L'activité économique du bassin de l'Yvel-Hyvet est dominée par l'agriculture, avec une majorité d'exploitations laitières au nord et au sud du bassin versant, et des élevages hors sol de porcs et de volailles concentrés à l'ouest et au centre. L'agriculture est la cause principale de la dégradation de la qualité de l'eau du Lac au Duc, avec comme problème principal l'enrichissement en phosphore des eaux du lac. Les études conduites dans le cadre du projet Interreg CPES ont montré que les apports de phosphore liés à l'agriculture représentaient 90 % du total de cet enrichissement, avec l'érosion des sols comme facteur de causalité principal. On notera que sur les 325 exploitations appartenant au bassin de l'Yvel-Hyvet, environ la moitié montre un bilan du phosphore excédentaire.

L'eau du Lac au Duc est classée eutrophe voire hypereutrophe, conduisant à un état écologique jugé mauvais et un classement de la retenue en 3B1 (SDAGE 2016-2021), c'est-à-dire nécessitant une diminution des apports de phosphore en provenance du bassin versant. La manifestation la plus visible de ce caractère eutrophe/hypereutrophe est la prolifération de cyanobactéries en été par le jeu combiné des excès de phosphore, de la lumière et de la hausse de la température de l'eau. Les cyanobactéries sont des micro-algues qui peuvent produire des métabolites toxiques nuisant à l'environnement et à la santé humaine.

Ce problème environnemental a des impacts négatifs sur l'économie locale, directs et/ou indirects, en provoquant par exemple des interdictions de la baignade estivale ou de la consommation des produits de la pêche et de la chasse au gibier d'eau, lorsque la concentration en cyanobactéries dépasse le seuil de 100 000 cellules par millilitre. Un impact économique encore plus direct est l'augmentation des coûts de traitements de l'eau potable, d'autres impacts indirects étant induits par la baisse de la fréquentation touristique en raison de la mauvaise qualité de l'eau du lac et/ou de l'image dégradée du site.

5.2. Historique des actions agro-environnementales conduites sur le bassin de l'Yvel-Hyvet

Face à ces dégradations, plusieurs programmes d'études et de travaux ont été conduits sur l'ensemble du bassin versant de l'Yvel-Hyvet, la plupart depuis les années 1990, avec soit directement l'objectif d'améliorer la qualité de l'eau, soit d'autres objectifs comme la restauration des zones humides, du bocage, de la biodiversité, etc.

Entre 1991 et 2006, le programme Bretagne Eau Pure a été mis en place sur les bassins versants bretons y compris sur celui de l'Yvel-Hyvet. Cette période correspond à la mise en place des premiers contrats territoriaux dédiés à la reconquête de la qualité de l'eau et à la lutte contre les pollutions diffuses (azote, phosphore et phytosanitaires), ou à la restauration des milieux aquatiques. Plusieurs associations de protection de l'environnement sont créées entre 1996 et 1998 et fédérées par l'association du Grand Bassin d'Oust qui devient le Syndicat Mixte du Grand Bassin de l'Oust (SMGBO) en 2001.

Depuis 1994, le programme Breizh Bocage se déploie sur le bassin versant, sous l'égide de la Chambre d'Agriculture du Morbihan (1994-2006) et du SMGBO (2007-2020), avec l'objectif de reconstituer du bocage, via l'implantation de linéaires de haies et de talus sur le territoire. Cette reconstitution a été jusqu'à lancer une étude en 2011-2012 en vue d'évaluer le potentiel valorisable par une filière bois-énergie locale, en parallèle de la quantification du bois bocage sur le territoire.

Entre 2014 et 2018, les actions de reconquête de la qualité de l'eau se sont déployées dans le cadre d'un contrat territorial financé par le Grand projet 5 du Contrat de Plan Etat-Région. Ce nouveau contrat cible explicitement l'enjeu phosphore et élargi cet enjeu à l'ensemble du bassin versant en amont du lac et de sa prise d'eau utilisée pour la production d'eau potable.

Depuis 2017, l'objectif de réduire les apports de phosphore au lac est l'objectif prioritaire du projet Interreg CPES qui vise à favoriser l'adoption par les agricultures de pratiques limitant ces apports en valorisant ces pratiques sous la forme de PSE, projet qui constitue le cadre de notre travail. Le projet CPES fait suite à un premier projet Interreg WATER (2009 à 2012) associant également des partenaires Français et Anglais dont l'objectif était de réaliser une cartographie des zones humides menacées dans leur pérennité, et de mettre en place des actions de restauration sur des sites pilotes, en sensibilisant les acteurs à la valeur économique des services environnementaux fournis par ces zones, et en promouvant leur gestion durable par l'agriculture. Dans ce cadre, le projet régional Fermes de référence – zones humides (2013 à 2017) porté par les Chambres d'Agriculture de Bretagne, l'INRA, le Conservatoire Botanique de Brest, Bretagne Vivante et le GRETA a permis, en créant un référentiel, de renforcer les repères socio-économiques pour une valorisation économique des pratiques de gestion agricoles en zones humides en phase avec leur valeur environnementale.

Le SMGBO déploie d'autres actions sur le bassin versant de l'Yvel-Hyvet en faveur de la qualité de l'eau, tels que les diagnostics phosphore (depuis 2014), ou les MAEC (depuis 2015) implantées dans le cadre du contrat de bassin versant en cohérence avec le SDAGE Loire-Bretagne et le SAGE Vilaine (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux), par délégation des compétences GEMAPI (Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations).

5.3. Mise en œuvre concrète de la démarche PSE sur le bassin versant

Secteur test

Le secteur du sous-bassin versant du Rézo a été retenu par les partenaires du projet CPES comme secteur test pour un premier déploiement expérimental de contrats PSE « qualité de l'eau » sur le bassin versant du Lac au Duc (Fig.7). Ce sous-bassin versant de 3 600 ha (12% de la superficie totale du bassin versant de l'Yvel-Hyvet) situé au centre-sud du bassin versant a été choisi dans la mesure où il est l'un des secteurs les plus contributifs en phosphore agricole à l'échelle de tout le bassin. Il se distingue de l'ensemble du bassin versant de l'Yvel-Hyvet par une proportion de parcelles à risque d'érosion « fort » supérieure à la moyenne du bassin versant ainsi que par une densité bocagère faible (58 m/ha par rapport à 71 m/ha pour l'ensemble du bassin versant de l'Yvel-Hyvet).

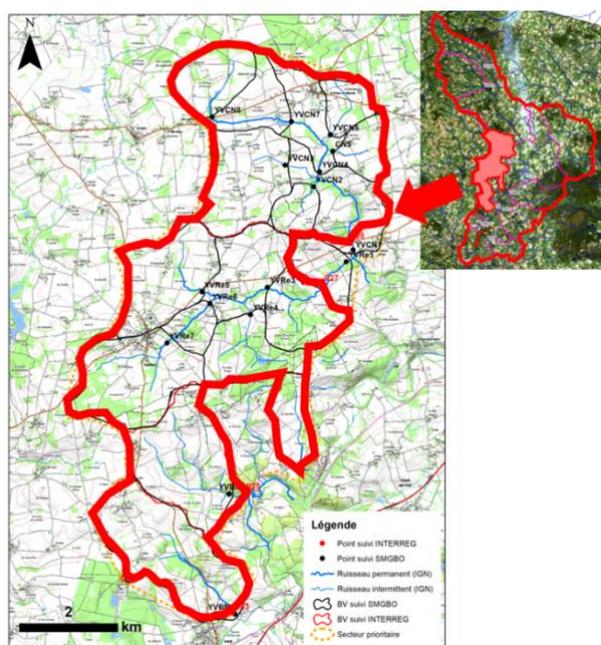


Figure 7. Localisation du secteur du Rézo, secteur sélectionné pour d'implantation de PSE, au sein du bassin versant de l'Yvel-Hyvet

Source : projet Interreg CPES

Mesures retenues

Deux attributs, implantation de « haies » et de « couverts végétaux permanents » ont été sélectionnées comme mesures antiérosives principales dans les PSE proposés aux agriculteurs du bassin versant de l'Yvel-Hyvet pour réduire la charge en phosphore du Lac au Duc. La mise en place de haies permet de limiter le ruissellement de l'eau et l'érosion des sols. Plus les haies antiérosives linéaires sont placées de manière perpendiculaire à la pente et plus elles sont larges, plus leur efficacité augmente. La mise en place de telles haies pourra nécessiter une coopération à l'échelle territoriale. L'attribut « couvert végétal permanent », aussi appelé « semis sous couvert » permet également de lutter contre l'érosion des sols en diminuant l'énergie d'impact de la pluie et en améliorant la stabilité structurale des sols. Malgré la connaissance de cette mesure par les agriculteurs, elle est peu mise en œuvre du fait de barrières techniques spécifiques et du risque pour les cultures, notamment dans le cas du maïs ou l'implantation d'un couvert sous culture peut conduire à une diminution significative du rendement. Elle est, en revanche, compatible avec d'autres cultures telles que le colza ou le blé. Dans le bassin versant du Lac au Duc, la plupart des sols sont en excédent de phosphore, autorisant la suppression des apports minéraux de phosphore.

Nous présentons brièvement ci-dessous les résultats des études économiques conduites dans le cadre du projet Interreg CPES et visant à déterminer le CAR des agriculteurs dans le cadre de PSE visant à réduire les apports de phosphore au Lac au Duc et les ressources financières globales à dégager dépendant du niveau de réduction visé.

Contenu des contrats PSE « fictifs » proposés aux agriculteurs et évaluation du CAR des agriculteurs

Une enquête auprès des agriculteurs du bassin versant du Lac au Duc a été conduite pour révéler les coûts de réduction des émissions de phosphore par les mesures « haies » et « couverts végétaux permanents ». Ces coûts pourront être considérés comme le consentement à recevoir (CAR) des agriculteurs. A cette fin, des contrats PSE « fictifs » ont été proposés aux agriculteurs enquêtés, ceux-ci étant invités à émettre leurs préférences pour tel et tel contrat (méthode des expériences de choix, Fig.8). Environ 50 agriculteurs sur les 400 sollicités ont participé aux enquêtes.

Choix 8	PSE 1	PSE 2	Pas de PSE
Couvert végétal permanent (% de la SAU)	80 % 	60 % 	Je préfère conserver mes pratiques actuelles
Densité de haies antiérosives (m/ha de SAU)	40 m 	100 m 	
Fertilisation minérale phosphatée	Interdiction 	Autorisation 	
Durée d'engagement du contrat	4 ans 	4 ans 	
Prix rémunérateur à l'hectare de SAU	100 €/ha 	400 €/ha 	
Je choisis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figure 8. Un exemple de choix de PSE proposés aux agriculteurs enquêtés

Source : Houenou Hounsinou (2019) p.22

Cinq attributs techniques sont proposés dans les contrats PSE « fictifs », avec différentes modalités pour chacun : Couvert végétal permanent (20, 40, 60, 80% de la SAU) ; densité de haies antiérosives (40, 70, 100m/ha de SAU) ; possibilité d'utilisation de fertilisants minéraux phosphatés (autorisé, interdit) ; durée d'engagement du contrat (4, 8 ans) ; montant de la rémunération (100, 200, 300, 400 €/ha de SAU).

Les résultats de l'analyse des enquêtes réalisées montrent que pour les agriculteurs il existe des coûts fixes liés à l'adoption des mesures et des coûts variables ou unitaires dépendant des types de mesures et des types d'exploitation (Tab.3). Ces derniers traduisent une perception du risque relativement plus importante dans les exploitations où la culture du maïs est présente, du fait des éventuelles chutes du rendement de cette culture en cas d'implantation d'un couvert végétal permanent.

Tableau 3. Coûts fixes et coûts unitaires des attributs « haies » et « couverts végétaux permanents »

Postes de coûts	Prise en compte de la présence de maïs dans le modèle	
	Absence de maïs	Présence de maïs
Coût fixe	130 €/ha de SAU	130 €/ha de SAU
Coût unitaire lié à la mise en place de haies	1.1€/m de haies antiérosives /ha de SAU	1.1€/m de haies antiérosives /ha de SAU
Coût unitaire de la mise en place de couverts végétaux permanents	3.2€/ha de SAU et par % de SAU couverte	3.2€/ha de SAU et par % de SAU couverte + 0.054€ par % de SAU en maïs

Source : Houenou Hounsinou (2019) p.33

A partir de ces résultats, des CAR « types » ont été calculés en fonction du taux d'implantation des deux attributs principaux testés et du type d'exploitation. Les résultats montrent des CAR moyen compris entre 300 et 600 €/ha (Tab.4).

Tableau 4. Consentement à recevoir type des agriculteurs par ha de SAU et par exploitation (fictive) dépendant du taux d'adoption des attributs « haie » et « couvert végétal permanent » et de la présence ou non de maïs au sein de l'assolement

Mesure	% SAU sous couvert permanent	Mètre linéaire haie/ha de SAU	Paiement/ha de SAU	Paiement total à l'exploitation
Exploitation A (Cultures seules) SAU = 80 ha 0% prairie permanente 25% SAU en maïs	40%	20 m	334 €	26 720 €
	40%	100 m	422 €	33 760 €
	80%	20 m	516 €	41 280 €
	80%	100 m	604 €	48 320 €
Exploitation B (Cultures seules) SAU = 40 ha 0% prairie permanente 0% SAU en maïs	40%	20 m	280 €	11 200 €
	40%	100 m	368 €	14 720 €
	80%	20 m	408 €	16 320 €
	80%	100 m	496 €	19 840 €

Source : Gruau et al. (2019 a) p.21

Besoin financier nécessaire à la réduction du flux de phosphore agricole rentrant dans le Lac au Duc

L'étude Interreg CPES a montré que la concentration moyenne actuelle en phosphore en entrée du Lac au Duc était de 100 µg/L. La mise en relation de cette concentration avec les concentrations à atteindre pour restaurer et garantir dans le temps les différents usages du lac montre qu'un objectif de réduction compris entre 2 et 5 de cette concentration, et donc du flux, doit être visé dépendant de l'objectif ciblé, le maximum de réduction (division par 5 du flux) étant requis par l'objectif baignade qui est le plus contraignant sanitaire parlant (voir Tab.5).

Tableau 5. Relations entre niveaux de concentration en phosphore à l'exutoire du bassin versant, état trophique/écologique du lac et activités praticables

Etat trophique	Etat écologique	P total (µg/L)	Activités praticables
Ultra-oligotrophe	Très bon	[c] < 25	Baignade, pêche, activités nautiques
Oligotrophe	Bon	25 <[c] < 50	Pêche, activités nautiques
Mésotrophe	Moyen	50 <[c] < 100	Activités nautiques
Eutrophe	Médiocre	[c] > 100	Aucune

Les trois niveaux de division (5, 3 et 2) du flux actuel correspondent respectivement aux états « très bon », « bon » et « moyen ». P = phosphore.

Source : Houenou Hounsinou (2019) p.42

Partant de ces objectifs de réduction, deux scénarios d'implantation de PSE « anti-érosion » ont été simulés : un scénario dans lequel les parcelles les plus coût-efficace sont ciblées en priorité (dans ce premier scénario les parcelles sont classées par valeur décroissante du rapport [flux de phosphore abattu après la mise en œuvre de la mesure] / [coûts unitaires de la mesure], les parcelles présentant le plus fort rapport étant sélectionnées en priorité) ; un scénario dans lequel les PSE sont implantés sans ciblage préalable, c'est-à-dire sans tenir compte du rapport coût/efficacité d'implantation des mesures testées. Partant de ces deux scénarios, 3 niveaux de réduction du flux entrant de phosphore ont été sélectionnés (2, 3 et 5), avec l'objectif final de déterminer les montants financiers à dégager pour satisfaire le CAR des agriculteurs dépendant i) du scénario choisi et ii) du niveau de réduction du flux visé.

Les résultats des simulations effectuées à l'échelle du secteur du Rézo révèlent que le ciblage des parcelles les plus coût-efficaces permet de réduire les coûts d'atteinte des objectifs de réduction du flux de phosphore dans l'hypothèse d'une réduction d'un facteur 2 et 3. Par contre, une réduction du flux d'un facteur 5 ne permet pas de ciblage, toutes les parcelles devant être mobilisées (Tab.6).

Tableau 6. Coût de la réduction du flux de phosphore en entrée du Lac au Duc en fonction de l'objectif de diminution visée, ramenés au secteur prioritaire du Rézo

Objectif de réduction du flux de phosphore	Division par 2	Division par 3	Division par 5
Méthode	Ciblage	Ciblage	Pas de ciblage possible
Mesure type	(100m de haies + couvert)/parcelle	(100m de haies + couvert)/parcelle	(100m de haies + couvert)/parcelle
Parcelles concernées	Ble14, mixte14, ble12, mixte13	Ble14, mixte14, ble12, mixte13, ble13, mixte12, ble11	Toutes parcelles arables sauf ble21 + haie prairie
% parcelles arables concernées	54	93	100
% SAU concerné	43	73	100
Coût total en €	900 000	1 400 000	1 800 000
Usage garanti dans le lac	Activités nautiques	Activités nautiques, pêche	Toutes activités incluant la baignade

Les parcelles concernées sont répertoriées selon le type d'assolement (la rotation « mixte » de maïs/blé sinon « blé » ; prairies ; autres), l'épaisseur du sol (1 : épais, 2 : peu épais), le niveau d'érosion (1 le moins risqué à 4 le plus risqué). Par exemple, Ble14 signifie des parcelles caractérisées par l'assolement de blé seul, implantées sur un sol épais avec un risque d'érosion élevé.

Source : Gruau et al. (2019 b) p.16

Ces mêmes résultats révèlent un coût total de réduction du flux de phosphore d'un facteur 5 pour le seul secteur du Rézo de 1 800 000 €/an. Ce montant situe le niveau de l'enveloppe PSE à rassembler pour atteindre l'objectif « diminution du flux de phosphore rentrant dans le Lac au Duc d'un facteur 5 » au niveau de ce secteur.

Volonté des agriculteurs du Rézo à s'inscrire dans une démarche PSE

Dans le secteur du Rézo, il y a 75 exploitations agricoles d'une superficie moyenne de 117 ha (en 2018). La production laitière et bovine qui est encore prédominante a tendance à diminuer au profit des cultures (23% de prairies par rapport à 68% de cultures, céréales et maïs principalement) en parallèle de la diminution du nombre d'agriculteurs qui se poursuit au même rythme que sur l'ensemble du bassin versant. Lors d'une réunion organisée le 13 décembre 2019 avec pour but de présenter aux agriculteurs du secteur de Rézo les résultats présentés précédemment et la démarche de mise en place de PSE testée dans le cadre du projet Interreg CPES, une quinzaine d'agriculteurs se sont déclarés prêts à s'engager dans une expérimentation de mise en place de contrats PSE « privé-privé ».

6. Résultats et discussion

6.1. Potentiel de valorisation « carbone » des attributs « haies » et « couvert végétal permanent » dans le contexte étudié

L'étape actuelle dans laquelle se trouve le projet Interreg CPES est d'identifier des financeurs privés susceptibles de passer des contrats PSE avec les agriculteurs volontaires du secteur de Rézo. Comme indiqué en introduction de ce mémoire, cette étape se heurte au fait que les entreprises contactées (Tab.7) se déclarent plus intéressées par des projets ciblant le stockage du carbone qu'une amélioration de la qualité de l'eau. Cette demande, non intégrée car non perçue lors de la construction du projet Interreg CPES, impose d'évaluer le niveau de valorisation possible des capacités de stockage de carbone des attributs « haie » et « couvert végétal permanent », attributs choisis pour améliorer la qualité de l'eau du Lac au Duc, et les conditions permettant de faire entrer ces attributs dans un marché local du carbone associant agriculteurs du secteur de Rézo et entreprises.

Tableau 7. Liste des entreprises contactées par le projet Interreg CPES pour abonder un fond PSE « Lac au Duc – Rézo ».

Nom de l'entreprise	Nom personne référente	Ville
AIR FRANCE	Jean Claude Corvaisier	Evriguet
BRAZEO	Hervé Gabillet	Ploërmel
Bretagne PELLETS	J-C Corvaisier	Mauron
Crédit Agricole	Barbier	Vannes
EAU DU 56	Aimé Kergueris	Vannes
EUREDEN	Serge Le Bars	Theix
Fenétréa	Lamballe	Beignon
GALEWPET	Hervé Gabillet	Ploërmel
GROUPAMA	Cocherel	Ploërmel
Kermené	Aube	Collinée
LIGER	Marc Le Mercier	Locmine
MIX BUFFET	Patrick Le Hir	Guer
SAUR	Emmanuel Durand	
VINCI	Rémi Chene, Loic Gromelon et Jean Yves Uzel	Vannes
Yves ROCHER	Brice et Jacques Rocher	La Gacilly

Comme la montre la synthèse bibliographique effectuée dans ce travail, la valorisation du stockage du carbone par l'agriculture est possible à l'heure actuelle, via l'instauration de crédits carbone dans le cadre d'un marché local de la compensation carbone volontaire. La question posée ici est de savoir si les montants susceptibles d'être dégagés par un marché local basé sur l'implantation par les

agriculteurs de « haies » et de « couverts végétaux permanents » aux densités requises pour améliorer la qualité des eaux du Lac au Duc sont de nature à couvrir les CAR demandés par ces mêmes agriculteurs pour les implanter. Afin de répondre à cette question, nous avons dans un premier temps calculé le potentiel de stockage additionnel du carbone susceptible d'être générés par l'implantation de haies et d'un couvert végétal permanent, puis converti ce potentiel en montants financiers dépendant des différents prix du carbone utilisables. Nous avons également inclus l'agroforesterie dans notre analyse bien que cet attribut ne soit pour l'instant pas intégré à l'approche Interreg CPES pour la raison, d'une part, que notre étude bibliographique a montré que cette pratique était parmi celles stockant le plus de carbone et, d'autre part, que l'agroforesterie est une pratique revêtant une certaine attractivité de la part des entreprises du fait, entre autres, de ces nombreux co-bénéfices environnementaux. Au final, les montants calculés ont été comparés aux CAR des agriculteurs évalués dans le cadre de l'étude CPES.

Justification des prix « carbone » utilisés

Concernant le prix du carbone, quatre types de prix ont été utilisés dans l'analyse, à savoir : i) la VTC en 2030 (250 €/teqCO₂), ii) le coût d'abattement¹¹ des pratiques agricoles calculé par les données de Pellerin et al. (2017) (100 à 160 €/teqCO₂), iii) le prix de convergence acheteur/vendeur issu de l'étude Carbocage (100 €/teqCO₂) et iv) le prix utilisé dans les premiers contrats d'achat carbone de l'Association France Carbone Agri (AFCA) en 2020 (30 à 35 €/teqCO₂). L'utilisation de ces différents prix est justifiée plus en détail ci-dessous.

S'agissant de la VTC, il paraît raisonnable d'utiliser cette référence vue que le projet d'implantation de haies et de couverts végétaux permanents sur le bassin versant du Lac au Duc sera pluriannuel, d'une durée de 5 à 7 ans minimum. En même temps, il faut avoir en mémoire que l'incertitude sur cette valeur s'accroît dans le temps et que le progrès technique et le déploiement des techniques de réduction des émissions de carbone pourraient en diminuer le montant. Dans la trajectoire de la VTC d'ici 2050, la VTC en 2030 est le point intermédiaire qui pourrait être utilisé (Fig. 3). Concernant le prix du carbone issu de l'étude Carbocage, celui-ci nous paraît utilisable vu qu'il a été obtenu par le regard croisé des acheteurs et des vendeurs dans un projet de stockage additionnel de carbone basé sur l'attribut haies dans des territoires aux caractéristiques très proches du territoire d'étude. Concernant le prix du carbone issu des contrats mis en place par l'AFCA, l'argument de son utilisation est qu'il concerne des projets agricoles même si ce prix est assez faible (inférieur à la CCE) et que les projets sont relatifs à des projets d'élevage, ce qui n'est pas le cas ici. Ce prix peut néanmoins fournir des valeurs repères.

Les données de Pellerin et al. (2017) permettent de calculer les coûts d'abattement de l'atténuation d'émissions de GES de chaque pratique agricole, par exemple, 13,3 €/teqCO₂ pour l'agroforesterie, 106,8 €/teqCO₂ pour les haies, et 162,7 €/teqCO₂ pour la couverture en culture. Vu que le coût d'abattement ne contient pas le coût de transaction, d'adaptation culturelle et de déploiement, l'utilisation du coût d'abattement des haies pour l'agroforesterie dont les contraintes de déploiement et d'adaptation sont au final aussi importantes que dans le cas des haies semble cohérente, d'autant que le coût « haie » établi par Pellerin et al. (2017) est très proche du coût « Carbocage ».

D'autres prix utilisables comme référence sont les prix du carbone sur le marché européen des quotas et le prix de la taxe carbone. Ces prix reflètent le contexte économique actuel, l'état actuel de la politique climatique, avec l'avantage qu'ils reflètent partiellement le contexte social, comme on le voit dans la suspension du suivi de l'évolution du prix de la CCE suite à la crise des gilets jaunes de 2018. A

¹¹ Le coût d'abattement de réduction des émissions de GES se traduit un coût social du carbone donc le surcoût de l'investissement des actions/technologies décarbone par rapport à celles de référence carbonée équivalente. Son unité s'exprime en euro actualisé par teqCO₂ évité par an. Plus le progrès technique ou son déploiement s'évolue, plus cette valeur diminue. Il comprend les coûts liés à l'investissement et ceux liés à l'usage de cet investissement tout au long de sa durée de vie.

l'inverse le prix du carbone sur le marché de la compensation ne nous est pas apparu pertinent dans la mesure où il est très fortement relié à des projets déployés dans les pays en développement où le prix du carbone est nettement moins cher que dans les pays développés comme la France.

Valorisation potentielle « carbone » des attributs « haie », « agroforesterie » et « couvert végétal permanent »

Les quantités potentielles de stockage additionnel de carbone par chaque pratique agricole envisagée dans le secteur de Rézo sont calculées (Tab.8) par la formule suivante : [Le potentiel du stockage additionnel de carbone (tC/ha/an)] * [la moyenne de la SAU par exploitation dans le bassin-versant du Lac au Duc (ha/exploitation)] * [Le taux d'implantation des attributs « haies » et « couvert végétal permanent » sur la SAU (%)].

Les données utilisées dans les calculs sont détaillées ci-dessous (A à E) :

A. Le potentiel du stockage additionnel de carbone (tC/ha/an)

	INRA 2019	Chenu 2014	Carbocage
Haies linaires (100m/ha) en culture	0,017	0,15	
Haies linaires (100m/ha) en prairies		0,25	0,046
Agroforesterie intra parcellaire	0,207	0,3	
Couvert végétal permanent	0,05	0,24	

« INRA 2019 » est Pellerin et al. (2019) et « Chenu 2014 » est Chenu et al. (2014). Les données des couverts végétaux sont celles de cultures intermédiaires en grande culture pour « Chenu 2014 » et celles de cultures intermédiaires en grande culture en Bretagne pour « INRA 2019 ».

B. La moyenne de la SAU par exploitation dans le sous-bassin versant du Rézo : 117 ha (2018)

C. Le taux d'implantation des mesures agricoles sur la SAU (haies et couverts végétaux) : 60 %
Supposant que ce taux est également applicable à l'agroforesterie qui n'était pas testée dans l'étude économique dans le cadre du projet CPES.

D. Le prix du carbone utilisé dans l'évaluation (€/tC) (1tC = 3,67 teqCO₂) :

	€/tC	€/teqCO ₂
VTC à horizon 2030	917,5	250
Prix du Carbocage	367	100
Coût d'abattement	587,2	160
1er contrat de l'AFCA	110,1	30

Le coût d'abattement est 160 €/teqCO₂ pour le couvert végétal permanent et 100 €/teqCO₂ pour les haies et l'agroforesterie.

E. Le consentement à recevoir (CAR) des agriculteurs tel qu'établi dans l'étude Interreg CPES: 368 à 604 €/ha/an

L'utilisation de ces données conduit au calcul des quantités potentielles de stockage additionnel du carbone par exploitation du Rézo suivantes :

Tableau 8. Quantité potentielle de stockage additionnel du carbone dans le secteur de Rézo (tC/exploitation/an).

	INRA 2019	Chenu 2014	Carbocage
Haies linaires (100m/ha) culture	1,19	10,5	
Haies linaires (100m/ha) prairie		17,6	3,23
Agroforesterie intra parcellaire	14,5	21,1	
Couvert végétal permanent	3,51	16,8	

Les montants potentiellement valorisables à l'hectare calculés par [Le potentiel du stockage additionnel de carbone (tC/ha/an)] * [Le taux d'implantation des attributs « haies » et « couvert végétal permanent » sur la SAU (%)] * [Le prix du carbone utilisé dans l'évaluation (€/tC)] pour les attributs « haies » et « couvert végétal permanent » varient de 1.12 à 137.63 €/ha/an (Annexe I), conduisant à des taux de couverture du CAR des agriculteurs par ces montants compris entre 0.3 % et 37.4 % (CAR minimum de 368 €/ha/an) et entre 0.19 % et 22.8 % (CAR maximum de 604 €/ha/an).

Cette grande variabilité du taux de couverture du CAR s'explique par la diversité des pratiques agricoles testées, les différents prix choisis, ainsi que par les grandes variations d'estimation des quantités de carbone stocké suivant les auteurs. Imaginant la mise en œuvre d'un contrat PSE réel, le choix des pratiques agricoles à mobiliser serait déterminé par le type de parcelles, les ressources disponibles (par exemple, main-œuvres, pépinières pertinentes, eau, etc.) et la préférence ou l'adaptabilité des agriculteurs qui s'y engagent. D'après notre analyse bibliographique, la VTC à l'horizon 2030 (250 €/teqCO₂) pourrait être considérée comme la meilleure estimation du coût du carbone dans des projets s'inscrivant dans le long-terme comme le projet PSE envisagé sur le bassin versant du Lac au Duc, d'autant que cette valeur intègre un grand nombre de paramètres et de considérations comme l'évolution du prix relatif des options carbonées, le coût de déploiement des technologies nécessaires pour atteindre la neutralité carbone, la prospective technologique/technoéconomique et la répartition des efforts de décarbonation dans le temps, etc. (voir plus haut). Les résultats de nos simulations donnent des taux de couverture relativement élevés (en moyenne 18.8 % pour le CAR de 368 € et 11.4 % pour le CAR de 604 €) si cette valeur est utilisée. Cependant, le prix du carbone résultant risque de ne pas être acceptable pour les entreprises, sachant que d'après les études d'I4CE et Carbocage, ou le premier contrat mis en place par France Carbone Agri les prix maximums acceptables par les entreprises se situent à des niveaux très inférieurs à la VTC. Ces premières analyses démontrent le besoin d'envisager un financement mixte « carbone » et « eau », à moins d'envisager d'une diminution significative du CAR des agriculteurs (nous revenons sur ce point plus loin dans ce mémoire).

Les simulations faites plus haut montre que l'agroforesterie revêt un gros potentiel de stockage additionnel du carbone, d'un facteur 10 à 5 fois plus important que le potentiel des haies et des couverts végétaux permanents si l'on en croit l'étude INRA de 2019. Les CAR estimés par enquête dans le projet CPES n'incluent pas cet attribut empêchant d'aller plus loin dans l'analyse. Tout ce que l'on peut dire est qu'il pourrait être intéressant à l'avenir d'inclure cet attribut dans les études économiques préalables à l'établissement de contrats PSE agricoles visant la compensation carbone volontaire.

6.2. Potentiel d'engagement des entreprises

L'intérêt des entreprises pour la compensation carbone volontaire via l'agriculture s'accroît à l'échelle nationale. Reste à savoir ce qu'il en est au plan régional. Deux entretiens ont été réalisés pour sonder la volonté des entreprises bretonnes à s'engager dans des marchés locaux de la compensation carbone avec les agriculteurs comme partenaires, et mieux identifier les leviers favorisant cet engagement, ou au contraire les freins le restreignant. Le premier a eu lieu avec Roland Cariou, directeur des projets environnementaux à la Chambre de Commerce et d'Industrie Régionale de Bretagne (CCI), le second avec Clothilde d'Argentré, chef de projet au sein de l'ABEA (Association Bretonne des Entreprises Agroalimentaires).

Ces deux entretiens ont été organisés dans le but de connaître i) l'état d'avancement des démarches de développement durable initiées par les entreprises bretonnes, notamment dans le but de réduire leurs empreintes carbone, ii) les dispositifs incitatifs, s'il en existe, à disposition des entreprises au niveau régional pour les encourager à réduire ou compenser leurs émissions carbone, iii) la perception par ces entreprises de la possibilité de mise en place d'un marché local de la compensation carbone tournée vers l'agriculture, etc.... Les questions posées lors de ces deux entretiens peuvent être trouvées en annexes II et III.

D'après la cheffe de projet ABEA, la motivation des entreprises pour l'engagement dans les démarches de développement durable ou environnemental, y compris la réduction des émissions de GES, dépend au premier chef de la conviction et de la sensibilité environnementale de leurs dirigeants. Cette conviction et sensibilité des dirigeants à la question environnementale devançant très largement les aspects relatifs aux autres considérations (typologie/domaine d'activités, amélioration de l'image, etc.). Ce résultat confirme les résultats de l'étude VOCAL (I4CE, 2017) ou ceux obtenus antérieurement par d'autres études (Gherib et Bergu-Douce, 2008). L'intention des dirigeants est de faire « bouger les choses » et pas seulement dans une optique de marketing. Il n'est pas rare que des entreprises modifient leurs modes de production (sans emballage par exemple) pour répondre aux attentes des consommateurs et que les achats des consommateurs diminuent suite à ce changement. En ce sens, les actions des entreprises en faveur de l'environnement ne peuvent pas être motivées par de seules considérations marketing.

Une autre information issue des entretiens réalisés avec la CCI et l'ABEA est que les entreprises bretonnes sont enclines à porter une grande importance aux territoires sur lesquels elles sont implantées. Cette caractéristique est à priori favorable pour un engagement financier vis-à-vis de projets locaux de compensation carbone comme déjà indiqué dans l'étude de 2017 réalisée par l'I4CE. Par ailleurs, il nous a été dit que les industries agro-alimentaires bretonnes (de taille plutôt moyenne) avaient un lien fort avec les professionnels de l'agriculture, ce lien fort se déclinant souvent par des liens personnels entre les dirigeants des entreprises et ceux des organisations agricoles représentatives (cheffe de projet de l'ABEA). Ces liens pourraient constituer un plus pour l'engagement des entreprises à financer des projets agricoles de compensation carbone implantés territorialement, cet engagement permettant de soutenir les agriculteurs locaux voire de garantir l'approvisionnement des entreprises contributrices en leurs matières premières. Dans cette optique, la nature du projet financé serait un principal critère de l'engagement des entreprises, avec une prime aux projets clairs, simples, co-construits directement avec ces dernières. Par contre, comme peu d'entreprises très émettrices sont implantées en Bretagne, les entreprises bretonnes ne font pas face à des urgences de compenser leurs émissions de carbone, renvoyant les projets possibles avec l'agriculture à des projets basés sur le volontariat des entreprises, très dépendants de la fibre environnementale de ces mêmes entreprises et (surtout) de leurs dirigeants, ainsi que du contexte économique global dans lequel elles gravitent.

Pour inciter les entreprises à s'engager dans des projets environnementaux, la cheffe de projet de l'ABEA souligne qu'il faut une communication adaptée, traduisant en langage simple les buts précis des projets et explicitant les liens existant avec les impacts environnementaux de leurs activités. La méconnaissance des enjeux concrets et/ou des risques environnementaux auxquels font face les territoires peut être un frein à l'engagement des entreprises. De ce point de vue, il appartient aux porteurs de projets agricoles de rendre ces enjeux compréhensibles aux entreprises, en montrant comment ces mêmes entreprises pourraient être impactées dans leur activité si rien n'est fait. Par exemple à propos de l'enjeu « qualité de l'eau », il nous a été dit qu'une eau de mauvaise qualité pouvait être une contrainte à terme pour la bonne marche des entreprises, mais que ni le détail de cette contrainte ni son échéance n'étaient pas forcément clairement perçus ni compris.

En tant que démarche de comportement responsable dans les entreprises, la notion de RSE est répandue et pratiquée en général dans des grandes entreprises ou ETI (entreprises de taille intermédiaire). Cependant, l'approche RSE n'est pas forcément le meilleur argument selon la cheffe de projet de l'ABEA, car elle porte sur une seule partie de la démarche du développement durable plus axée sur des opérations internes à l'entreprise qu'externes (par exemple, réduction de la consommation d'énergie ou de déchets ou amélioration du bien-être des salariés). Cependant elle pourrait servir en tant qu'outil d'introduction dans l'ensemble des démarches de développement durable, incluant des démarches externes comme la compensation carbone volontaire.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de dispositifs propres à la CCI ou à l'ABEA à disposition des entreprises pour les inciter à rentrer dans des démarches de développement durable. Celles-ci utilisent les dispositifs nationaux existants selon leurs domaines d'activité et besoins (par exemple, Fret21 pour le remplissage des véhicules de transport des marchandises notamment pour les ETI). D'après le directeur de projets de la CCI, le sujet du développement durable s'est trouvé marginalisé ces dernières années en raison de l'absence d'élus s'intéressant vraiment à la question (1 sur 35 dans l'actuelle mandature). Beaucoup en sont encore au stade de la recherche de subventions permettant aux entreprises de réduire leur empreinte carbone. Ils ne sont pas dans une logique où les entreprises financeraient des projets visant à réduire l'empreinte carbone des activités humaines. La situation est apparue sensiblement différente du côté des entreprises adhérentes de l'ABEA, lesquelles s'intéressent au sujet de la compensation carbone. L'ABEA a en projet d'organiser une journée d'information/débat sur le thème de la compensation carbone volontaire d'ici à la fin de l'année, même si le traitement des sujets liés au développement durable par l'association connaît un coup d'arrêt du fait de la crise économique due à la pandémie Covid-19. Cette suspension des démarches de développement durable intervient dans une situation où une majorité d'entreprises doivent modifier leur comportement et redémarrer leurs activités. Cependant, des études réalisées aux USA montrent que les entreprises fortement impliquées dans des démarches RSE auraient mieux résister au choc généré par la pandémie Covid-19, en raison d'une plus grande fidélité de leurs clients (Ding et al., 2020). L'engagement des entreprises dans une démarche de développement durable via le financement d'un mécanisme PSE offrant un bouquet de services environnementaux tel qu'envisagé dans le cadre du projet Interreg CPES pourrait finalement avoir une retombée positive sur leur économie.

Dans la situation actuelle où une démarche collective de développement durable n'est pas mise en place au niveau régional/local, il convient de penser à des projets concrets, ancrés localement et ciblant des bouquets de services environnementaux (plutôt qu'un service en particulier) d'après l'avis de la cheffe de projet de l'ABEA. Dans le contexte du Lac au Duc, il serait utile, voire nécessaire que la mise en place d'un marché local du carbone s'accompagne de la mise en place de dispositifs fiscaux ou opérationnels incitant les entreprises à entreprendre des démarches « carbone » /développement durable. Ces dispositifs devraient pouvoir être établis sur le long terme, indépendamment de la durée des mandats politiques.

6.3. Potentiel d'engagement des agriculteurs

La mise en place d'un dispositif PSE « privé-privé » sur le sous-bassin versant du Rézo est clairement souhaité par une partie des agriculteurs qui sont prêts à s'engager. Les CAR demandés pour implanter des « haies » et des « couverts végétaux permanents » sont toutefois très élevés et que partiellement couvert par une valorisation monétaire du carbone additionnel stocké par ces attributs. Augmenter la contribution des entreprises en visant un prix élevé du carbone ne paraît pas possible au regard des travaux existants. Il faut clairement trouver d'autres sources de financements si l'on reste sur des CAR aussi élevés. Ce résultat est cohérent avec les résultats issus de l'étude Carbocage qui conclut dans son rapport final à la nécessité de valoriser les haies par d'autres manières que des crédits carbone générés par la séquestration du carbone, soit via la vente du bois, soit via un financement propre et complémentaire des co-bénéfices environnementaux générés (biodiversité, qualité de l'eau, etc.). Pour résoudre ce problème d'inadéquation entre l'offre « carbone » des entreprises et le CAR des agriculteurs, une autre option serait que les agriculteurs modifient leur offre. Deux possibilités sont envisageables à ce niveau : soit les agriculteurs prennent à leur charge une partie des coûts d'implantation et de gestion des attributs visés en tant que principaux pollueurs de la qualité de l'eau mais aussi en tant que bénéficiaires des bouquets de services environnementaux produits; soit ils proposent eux-mêmes l'implantation d'attributs de plus grande efficacité du point de vue du stockage de carbone de manière à augmenter le montant de la contribution carbone demandée aux entreprises, l'agroforesterie étant de ce point de vue clairement une piste. Ces propositions alternatives sont

déliçates à manier vue des agriculteurs, n'étant pas neutres économiquement pour eux. Cependant, la prise en compte par les agriculteurs des avantages secondaires générés par leur engagement dans un mécanisme PSE pourrait permettre leur mise en œuvre. Parmi ces avantages on trouve : la rémunération pour de pratiques qui pourraient devenir obligatoires/réglementaires à plus ou moins long terme (et donc plus valorisable monétairement par l'agriculteur); une meilleure perception sociale de la profession agricole, par emplacement d'une image « d'émetteur » par une image de « compensateur » ; une reconnaissance par d'autres acteurs économiques ; un renforcement des liens sociaux et économiques territoriaux pouvant engendrer des gains économiques via un meilleur positionnement sur des marchés locaux ou un renforcement de partenariats locaux d'approvisionnement ; un maintien de la motivation à cultiver la terre, etc. Ces avantages pourraient inciter les agriculteurs à accepter une modification de leur offre.

Conclusion

La réponse à la question « d'évaluer les conditions permettant d'agréger un service climat/carbone au mécanisme PSE imaginé pour améliorer la qualité des eaux du Lac au Duc de manière à pouvoir valoriser les attributs techniques objets des paiements (haies et couverts végétaux permanents) aussi sous un angle « stockage additionnel carbone », qui est celui recherché par les entreprises », a été traité d'un point de vue théorique (revue bibliographique des différents prix du carbone utilisables et des quelques études traitant des conditions d'engagement des entreprises) et d'un point de vue pratique (calcul des potentiel de valorisation financière du stockage de carbone induit par les pratiques sélectionnées pour améliorer la qualité de l'eau).

Les montants calculés en valorisation du stockage additionnel du carbone à l'ha ne couvrent que partiellement (37% au maximum) les CAR des agriculteurs du bassin-versant de l'Yvel-Hyvet, cadre de l'étude d'implantation de PSE « qualité de l'eau » avec la VTC comme prix de valorisation maximale (250 €/teqCO₂). Cela veut dire que la valorisation carbone des attributs « haie » et « couvert végétal permanent » ne sera pas suffisante pour répondre au CAR des agriculteurs. Une modification de l'offre des agriculteurs ou un financement mixte, construit sur une double base « carbone » et « eau » sera requis. Le point important est que l'analyse bibliographique et les entretiens réalisés montrent un intérêt des entreprises pour financer des projets de compensation carbone volontaire portés par l'agriculture. Côté agriculteurs, il existe un désir affirmé de s'engager dans des contrats PSE « privé-privé », vus comme plus rémunérateurs et plus flexibles que les actuelles mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC).

Concernant la modification de l'offre des agriculteurs, au-delà d'une baisse du CAR basée sur la considération que les agriculteurs sont aussi bénéficiaires des services produits par les attributs anti-érosion et donc devraient normalement participer à leur financement, la proposition d'autres attributs bénéfiques à la qualité de l'eau et plus efficace dans le stockage du carbone comme l'agroforesterie est suggérée, d'autant plus que l'agroforesterie est une pratique porteuse de nombreux services environnementaux (stockage du carbone, qualité de l'eau, biodiversité, paysage de qualité etc.). Le bouquet de services offert par cette pratique pourrait attirer nombre d'entreprises intéressées par l'achat de crédits carbone fournis par l'agriculture, la synthèse bibliographique effectuée ici montrant que l'association de ce service à d'autres services est clairement un plus pour les entreprises. Par contre, la méthode de la quantification de la séquestration de CO₂ par cette pratique reste mettre au point, notamment pour qu'elle puisse bénéficier d'un label d'Etat, label recherché par les entreprises. Côté agriculteurs, la question des freins techniques, agronomiques et économiques au déploiement de cette pratique n'entraîne pas dans les objectifs de ce travail et n'a donc pas été analysée. C'est néanmoins un aspect crucial qu'il conviendra d'analyser dans des travaux futurs.

La notion même de PSE suppose que le paiement soit conditionné à l'atteinte du résultat, en l'occurrence le stockage additionnel d'une quantité fixée (rémunérée) de carbone dans le sol. Or, le stockage additionnel du carbone ne sera effectif qu'un certain temps après la signature du contrat, avec le risque que les quantités initialement prévues ne soient pas atteintes. Une proposition pour prendre en compte ce délai et ce risque dans la contractualisation est que la rémunération soit basée sur une fraction seulement du stockage additionnel de carbone visé (qui comporte, rappelons-le de grandes incertitudes) et qu'un paiement complémentaire ou au contraire un remboursement partiel de la rémunération soit effectué au bout d'un certain temps (5 ans par exemple), une fois le résultat (la quantité de carbone additionnelle effectivement stockée) vérifié par les contractants agriculteurs et les entreprises. Cette rémunération en deux temps basée sur l'atteinte du résultat nécessitera la mise en place d'un cadre juridique ad hoc au moment de la contractualisation, cadre indispensable pour une pérennisation et une extension du mécanisme de PSE envisagé (Bosc et Doussan, 2009).

Un des résultats importants de ce travail est de montrer l'importance qu'il y a à communiquer directement avec les dirigeants des entreprises, leur propre sensibilité environnementale étant l'un

des facteurs clés principaux de l'engagement des entreprises dans des projets environnementaux de type « marché local de la compensation carbone ». Cependant, le potentiel réel d'engagement des entreprises à la mise en place d'un marché local de la compensation carbone dans le périmètre du Lac au Duc n'a pas pu être mesuré dans le cadre de cette étude, malgré les signaux collectés indiquant l'intérêt de certaines entreprises locales à participer à un tel marché (étude Carbocage, étude d'I4CE en 2017, entretiens réalisés avec CCI et ABEA, contacts entre entreprises et partenaires du projet CPES). Ainsi, une des limites de ce mémoire tient à la non réalisation des enquêtes prévues au départ auprès des entreprises/agriculteurs du fait de la crise sanitaire/économique engendrée par la pandémie Covid-19. Pour aller plus loin et répondre précisément à la question posée en début de ce mémoire de la faisabilité d'implantation d'un tel marché sur le territoire du Lac au Duc, il conviendra de:

- réaliser des enquêtes auprès des entreprises locales concernant leurs préférences sur le prix et l'unité de prix du carbone (€/teqCO₂ ou €/arbre, concernant les attributs « haies » ou « agroforesterie »), les conditions du contrat (attributs valorisés, durées, type d'intermédiaires, etc.), leur attachement au territoire d'implantation, les bénéfices pouvant être dégagés en matière de communication, de sécurisation des approvisionnements, et, en cas d'engagement dans des projets locaux, l'avancement des actions de réduction en interne des émissions de carbone qui pourraient modifier leur CAP dans le cadre du financement des projets de compensation visés ici.
- mieux simuler et évaluer le potentiel de stockage additionnel de carbone des différents attributs visés ici en se basant sur des mesures à la parcelle effectuées localement ;
- mieux évaluer la capacité antiérosive de chaque pratique en parallèle de leur capacité effective à stocker du carbone, c'est-à-dire mieux déterminer/connaître les caractéristiques du bouquet de services proposé de manière à pouvoir caler l'offre agricole sur des objectifs environnementaux un minimum quantifiés.

Bibliographie

ADEME (2019) Compensation carbone volontaire : 5 règles de bonnes pratiques préconisées par l'ADEME, le 5 novembre 2019, 6 p.

ADEME (2015) Réintégrer l'arbre dans les systèmes agricoles pour diversifier la production et renforcer les écosystèmes, Références Fiche N°6 Haies et agroforesterie, 12 p.

ADEME (2012) La compensation volontaire démarches et limites : comprendre pour agir, Juin 2012, 15 p.

ADEME (2008) Charte de la compensation carbone volontaire des émissions de gaz à effet de serre, 19 p.

AFAF (Association française d'agroforesterie) (2015) La couverture végétale des sols et les pratiques agroforestières au service de territoires productifs et durables, rapport, le 20 avril 2015, 20 p.

AFAF (2013) Cultiver des sols vivants, Fiche n°3 Agroforesterie, 2 p.

Aron S., Chtourou A. (2014) Valeurs, comportements et communication et matière de RSE : Quelle cohérence pour les firmes françaises ?, *Gestion 2000*, Association de recherches et publications en management, 31, 2014/1, p. 91-115

Austruy E. (2012) Apports de phosphore et proliférations de cyanobactéries dans le Lac au Duc (Morbihan) : Diagnostic et propositions d'actions préventives et curatives potentielles, Rapport d'étude, Observatoire Départemental de l'Environnement du Morbihan, Octobre 2012, 137 p.

Banque mondiale (2019) State and trends of carbon pricing, Washington, DC., June 2019, 94 p., Doi: 10.1596/978-1-4648-1435-8

Bosc C., Doussan I. (2009) La gestion contractuelle de l'eau avec les agriculteurs est-elle durable ? : Approche politique et juridique, *Economie rurale*, 309, Janvier-fevrier 2009, p. 65-80

Carbon Agri (2019) Méthode de suivi des réductions d'émissions en élevages bovins et de grandes cultures conforme au Label Bas Carbone, le 9 septembre 2019, 106 p.

Chabert A., Sarthou J-P. (2017) Agriculture de conservation des sols et services écosystémiques, *Droit et ville*, N° 84, 2017/2, p. 135-169

Chenu C., Klumpp K., Bispo A., Angers D., Colnenne C., Metay A. (2014) Stocker du carbone dans les sols agricoles : évaluation de leviers d'action pour la France, *Innovations Agronomiques*, 37 (2014), p. 23-37

Conseil des prélèvements obligatoires (2019) La fiscalité environnementale au défi de l'urgence climatique, Septembre 2019, 212 p., Disponible à l'adresse : <https://www.ccomptes.fr/fr/institutions-associees/conseil-des-prelevements-obligatoires-cpo>

Ding W., Levine R., Lin C., Xie W. (2020) Corporate immunity to the covid-19 pandemic, NBER working paper 27055, 52 p.

Dubuisson-Quellier S. (2017) La capture comme levier de l'intervention publique sur l'économie : Le cas de la politique publique d'affichage environnemental en France, *Revue française de sociologie*, Vol. 58, 2017/3, p. 475-499

Ecosystem Marketplace (2016) Raising ambition: State of the voluntary carbon markets 2016, 49 p.

Ecosystem Marketplace (2015a) Ahead of the curve: State of the Voluntary Carbon Markets 2015, 50 p.

Ecosystem Marketplace (2015b) The bottom line taking stock of the role of carbon offsets in corporate carbon strategies, 22 p.

Entreprises pour l'Environnement (s.d.) Donner un prix au carbone vision 2050, 7 p.

Follain S., Walter C., Legout A., Lemerrier B., Dutin G. (2007) Induced effects of hedgerow networks on soil organic carbon storage within an agricultural landscape, *Gepderma*, 142, p. 80-95

Foucherot C., Bellassen V. (2011) Les projets de compensation carbone dans le secteur agricole, *Etude Climat* n°31, décembre 2011, 44 p.

Gherib J. B. B., Bergu-Douce S. (2008) L'engagement environnemental des PME : Une analyse comparative France Tunisie, Proposition de communication pour la conférence de l'AIMS 2008, Université de Nice, 25 p.

Gruau G., Dupas R., Le Goffe P., Ropart C., Weigand C., Briant L., Latouche P., Moisan S., Casquin A., Gu S., Le Moal M., Houenou Housinou M., Canlet J., Poulain M (2019a) Bilan des Travaux préliminaires conduits sur le bassin versant du Lac au Duc en vue d'implanter des paiements pour services environnementaux avec l'objectif de réduire les apports de phosphore d'origine agricole au lac, Rapport du projet Interreg CPES

Gruau G., Moisan S., Houenou Housinou M., Legoffe P., Casquin A., Ropart C., Dupas R., Poulain M., Latouche P. (2019b) Eléments ayant conduit à la sélection du secteur de Saint Briec de Mauron – Guilliers – Loyat comme secteur où implanter en priorité des PSE sur le bassin versant du Lac au Duc : Présentation du secteur, Rapport du projet Interreg CPES

HCC (Haut Conseil pour le Climat) (2019) Agir en cohérence avec les ambitions, rapport annuel Neutralité Carbone, Juin 2019, 59 p.

Housinou H. M. (2019) Analyse coût-bénéfice de la réduction des flux de phosphore dans un bassin versant : Cas de l'Yvel-Hyvet et du Lac au Duc, mémoire de fin d'étude, 49 p.

I4CE (Institute For Climate Economics) (2018) Récompenser les acteurs de la lutte contre le changement climatique, 4 p., Disponible à l'adresse : <https://www.i4ce.org/download/le-label-bas-carbone-en-10-questions/>

I4CE (2017) Potentiel et déterminants de la demande volontaire en crédits carbone en France, 31 p.

I4CE (2016) Prix interne du carbone une pratique montante en entreprises, Septembre 2016, 43 p.

InfoCC (2017) Etat des lieux de la compensation carbone volontaire en France pour l'année 2016, 14 p.

Lacost M., Viaud V., Michot D., walter C. (2015) Landscape-scale modelling of erosion processes and soil carbon dynamics under land-use and climate change in agroecosystems, *European Journal of Soil Science*, 66, July 2015, p. 780–791

Le Cacheux J., Laurent E. (2009) Le marché européen du carbone en quête de stabilité, *Regards croisés sur l'économie*, n°6, Février 2009, p. 117-127

Maïga Néné (2012) Les opérateurs carbone en France : le cas de la compensation volontaire, Cahier de recherche, Observatoire du Management Alternatif, Juin 2012, 65 p.

MEEM (Ministère de l'Environnement et de l'Energie et de la Mer) (2016) Le prix du carbone : Levier de la transition énergétique, 4 p.

MTESS (Ministère de la Transition Energique et Solidaire) (2020a) Chiffres clés du climat France, Europe et Monde, édition 2020, 88 p.

MTESS (s.d.) Fiches de décryptage de la SNBC, Disponible à l'adresse : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/actions-des-entreprises-et-des-collectivites-climat#e0> (consulté le 2 juin 2020)

Olivier R. (2018) Prix interne du carbone : Pourquoi et comment ?, Chaire économie du climat, Information et débats, N°55, Mai 2018, 19 p.

Pellerin S., Bamière L., Launay C., Martin R., Schiavo M., Angers D., Augusto L., Balesdent J., Basile-Doelsch I., Bellassen V., Cardinael R., Cécillon L., Ceschia E., Chenu C., Constantin J., Darroussin J., Delacote P., Delame N., Gastal F., Gilbert D., Graux A., Guenet B., Houot S., Klumpp K., Letort E., Litrico I., Martin M., Menasseri S., Mézière D., Morvan T., Mosnier C., Roger-Estrade J., Saint-André L., Sierra J., Théron O., Viaud V., Gâteau R., Le Perchec S., Savini I., Réchauchère O. (2019) Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ?, Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 114 p.

Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoit M., Butault J-P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Faverdin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M-H., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I., Pardon L., Chemineau P. (2017) Identifying cost-competitive greenhouse gas mitigation potential of French agriculture, *Environmental Science and Policy*, 77, p. 130-139

Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoît M., Butault J.P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Faverdin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M.H., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I., Pardon L. (2013) 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 d'étude, INRA (France), 92 p.

Quinet A., Bueb J., Le Hir B., Mesqui B., Pommeret A., Combaud M. (2019) La valeur de l'action pour le climat : Une valeur tutélaire du carbone pour évaluer les investissements et les politiques publiques, rapport, France stratégie, 185 p.

Quinet A., Baumstark L., Célestin-Urbain J., Pouliquen H., Auverlot D., Raynard C. (2009) La valeur tutélaire du carbone, rapports et documents, Centre d'analyse stratégique, N°16, 2009, 421 p.

RAC (Réseau Action Climat France) (2014) Réduire les émissions liées à la consommation, Mai 2014, 51 p.

RAC (2013) Atténuer les émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole en France : Recueil d'expériences territoriales, 60 p.

Schirpke U., Marino D., Marucci A., Palmieri M., Scolozzi R. (2007) Operationalising ecosystem services for effective management of protected areas: Experiences and challenges, *Ecosystem Services*, 28, p.105-114

Seyni N., Dupraz P., Coisnon T., Thareau B. (2019) Towards the establishment of a voluntary carbon compensation market: the contributions of a choice experiment method, 13emes journées de recherche en sciences sociales INRA SFER CIRAD Bordeaux, 12 et 13 décembre 2019

Thareau, B., Seyni, N., Coisnon, T., Dupraz, P. (2020) Conception of local carbon markets connecting farmers and companies : socio-economic outlines of innovative, 14th European IFSA Symposium Farming systems: Facing uncertainties and enhancing opportunities, University of Évora, Portugal, hosted by the Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development (MED), from 20 to 26 March 2020

WBCSD education (2015) Emerging Practices in Internal Carbon Pricing: A Practical Guide, WBCSD Leadership program 2015, 28 p.

Web

ADEME (s.d.) Fonds chaleur [en ligne], <https://www.ADEME.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/passer-a-laction/produire-chaleur/fonds-chaleur-bref> (consulté le 2 juin 2020)

AFAC-Agroforesteries, <https://afac-agroforesteries.fr/une-labellisation-nationale/> (consulté le 13 mars 2020)

Alice Valiergue (2014) Qu'est-ce qui pousse des entreprises à payer pour leurs émissions de carbone ?, Huffingtonpost [en ligne], publié le 14/01/2014, https://www.huffingtonpost.fr/alice-valiergue/entreprises-payer-emissions-carbone_b_4588630.html (consulté le 2 juin 2020)

Alli'Homme, Crédit Mutuelle Arkéa (2020) Développement durable Arkéa, première entreprise à recourir aux services environnementaux de l'association Alli'Homme, Communiqué de presse [en ligne], publié le 9 juin 2020, Disponible à l'adresse : https://www.arkea.com/banque/assurance/credit/upload/docs/application/pdf/2020-06/20200609_services_environmentaux_allihomme_arkea.pdf (consulté le 12 juin 2020)

Carbone Pricing Leadership Coalition, <https://www.carbonpricingleadership.org/partners> (consulté le 07 juillet 2020)

César D., Renaud B. (2019) Ne dites plus « compensation » La série de Carbone 4 sur la nouvelle neutralité carbone - Episode 2 : De la compensation à la contribution [en ligne], publié le 4 juillet 2019, Disponible à l'adresse : <http://www.carbone4.com/neditespluscompensation-de-compensation-a-contribution/> (consulté le 13 mars 2020)

CompteCO2 (s.d.) Des normes, taxes et marché carbone pour le climat [en ligne], Disponible à l'adresse : <https://www.compteco2.com/article/point-sur-les-normes-les-taxes-et-le-marche-carbone/> (consulté le 2 juin 2020)

Décideurs magazine (2016) Les entreprises française mettent 170 milliards d'€ pour le climat [en ligne], publié le 27 novembre 2016, Disponible à l'adresse : <https://www.magazine-decideurs.com/news/les-entreprises-francaises-mettent-170-milliards-d-e-pour-le-climat> (consulté le 4 mai 2020)

InfoCC, <http://www.info-compensation-carbone.com/supports-pedagogiques/> (consulté le 13 mars 2020)

La France Agricole (2020) Le premier contrat de vente de carbone est signé [en ligne], publié le 26 mai 2020, Disponible à l'adresse : <https://www.lafranceagricole.fr/actualites/elevage/elevages-bovins-le-premier-contrat-de-vente-de-carbone-est-signé-1,13,3252382285.html> (consulté le 11 juin 2020)

Le Monde (2019) Le gouvernement met en place une écotaxe sur les billets d'avion [en ligne], publié le 9 juillet 2019, Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/planete/article/2019/07/09/le-gouvernement-met-en-place-une-ecotaxe-sur-les-billets-d-avion_5487336_3244.html (consulté le 2 juin 2020)

Le Monde (2018) Comprendre la taxe carbone en huit questions [en ligne], publié le 7 décembre 2018, Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2018/12/07/comprendre-la-taxe-carbone-en-huit-questions_5394292_4355770.html (consulté le 20 avril 2020)

Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES), <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/> (consulté le 3 juillet 2020)

MTES (2020c) Fiscalité des énergies [en ligne], mise à jours le 28 janvier 2020, Disponible à l'adresse : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/fiscalite-des-energies> (consulté le 2 juin 2020)

MTES (2018) Prix du carbone [en ligne], mise à jours le 26 janvier 2018, Disponible à l'adresse : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/prix-du-carbone> (consulté le 2020)

Préfet du Finistère (2019) Les haies dans la PAC [en ligne], mise à jour le 16 avril 2019, Disponible à l'adresse : <http://www.finistere.gouv.fr/Politiques-publiques/Agriculture-foret-et-developpement-rural/Coordination-des-contrôles/La-conditionnalite-des-aides/Les-haies-dans-la-PAC> (consulté le 08 juillet 2020)

Projet Interreg CPES, <https://www.cpes-interreg.eu/fr/projet-cpes/nos-sites-pilotes/lac-au-duc-et-bassin-versant-de-l-yvel-hyvet> (consulté le 31 mars 2020)

RAC (2019) En 2019, le France offre 11 milliards € de subventions pour les énergies fossiles [en ligne], publié le 28 mars 2019, Disponible à l'adresse : <https://reseauactionclimat.org/stop-subventions-fossiles-2019/> (consulté le 20 avril 2020)

République française (2020) Projet de Loi de Finances pour 2020 [en ligne], Disponible à l'adresse : http://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/textes/115b2820_projet-loi# (consulté le 2 juillet 2020)

République française (2015) La loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance vert (TEPCV) [en ligne], mise à jour le 29 décembre 2015, Disponible à l'adresse : https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexteArticle.do;jsessionid=BBFB8B106DACFF301078A2135B9FE DD0.tplgfr27s_1?cidTexte=JORFTEXT000031044385&idArticle=LEGIARTI000031814876&dateTexte=20200704&categorieLien=id#LEGIARTI000031814876 (consulté le 2 juillet 2020)

Sandbag (2020) Carbon price viewer [en ligne], mise à jour tous les jours Disponible à l'adresse : <https://sandbag.be/index.php/carbon-price-viewer/> (consulté le 8 avril 2020)

Syndicat de la Vallée du Blavet, De Bretagne Eau Pure au Grand projet 5 [en ligne], mis à jour le 1 mai 2014, Disponible à l'adresse : <https://www.blavet.bzh/de-bretagne-eau-pure-au-grand-projet-5-gp5> (consulté le 1 avril 2020)

Vattenfall (2019) Contribution Climat Energie : une trajectoire stoppée nette [en ligne], publié le 14 janvier 2019, Disponible à l'adresse : <https://www.vattenfall.fr/professionnels/le-mag-energie-pro/contribution-climat-energie-trajectoire-stoppee-nette> (consulté le 26 mai 2020)

Xandry V. (2015) Tout comprendre sur le prix carbone en cinq questions [en ligne], Challenges, Economie, mis à jour le 16 décembre 2015, Disponible à l'adresse : https://www.challenges.fr/entreprise/energie/tout-comprendre-sur-le-prix-carbone-en-cinq-questions_46369 (consulté le 8 avril 2020)

Annexe I. Valorisation monétaires à l'ha des quantités de carbone additionnel stockées par les attributs testés en comparaison du CAR demandé par les agriculteurs

Tableau i. Montant annuel potentiellement valorisable à l'hectare selon la pratique agricole et le prix carbone de référence utilisé

Prix du carbone	VTC à horizon 2030			Prix du Carbocage			Coût d'abattement			1er contrat de l'AFCA		
	Attribut \ Source	INRA	Chenu	Carbocage	INRA	Chenu	Carbocage	INRA	Chenu	Carbocage	INRA	Chenu
Haies linaires (100m/ha) culture	9,36	82,58		3,74	33,03		5,99	52,85		1,12	9,91	
Haies linaires (100m/ha) prairies		137,63	25,32		55,05	10,13		88,08	16,21		16,52	3,04
Agroforesterie intra parcellaire	113,95	165,15		45,58	66,06		72,93	105,70		13,67	19,82	
Couverts végétaux permanents	27,53	132,12		11,01	52,85		17,62	84,56		3,30	15,85	

Tableau ii. Taux de couverture des CAR minimum demandé par les agriculteurs du bassin versant du Lac au Duc (368€) selon la pratique agricole et le prix carbone de référence

Prix du carbone	VTC à horizon 2030			Prix du Carbocage			Coût d'abattement			1er contrat de l'AFCA		
	Attribut \ Source	INRA	Chenu	Carbocage	INRA	Chenu	Carbocage	INRA	Chenu	Carbocage	INRA	Chenu
Haies linaires (100m/ha) culture	2,54%	22,44%		1,02%	8,98%		1,63%	14,36%		0,31%	2,69%	
Haies linaires (100m/ha) prairies		37,40%	6,88%		14,96%	2,75%		23,93%	4,40%		4,49%	0,83%
Agroforesterie intra parcellaire	30,97%	44,88%		12,39%	17,95%		19,82%	28,72%		3,72%	5,39%	
Couverts végétaux permanents	7,48%	35,90%		2,99%	14,36%		4,79%	22,98%		0,90%	4,31%	

Tableau iii. Taux de couverture des CAR maximum demandé par les agriculteurs du bassin versant du Lac au Duc (604€) selon la pratique agricole et le prix carbone de référence

Prix du carbone	VTC à horizon 2030			Prix du Carbocage			Coût d'abattement			1er contrat de l'AFCA		
	Attribut \ Source	INRA	Chenu	Carbocage	INRA	Chenu	Carbocage	INRA	Chenu	Carbocage	INRA	Chenu
Haies linaires (100m/ha) culture	1,55%	13,67%		0,62%	5,47%		0,99%	8,75%		0,19%	1,64%	
Haies linaires (100m/ha) prairies		22,79%	4,19%		9,11%	1,68%		14,58%	2,68%		2,73%	0,50%
Agroforesterie intra parcellaire	18,87%	27,34%		7,55%	10,94%		12,07%	17,50%		2,26%	3,28%	
Couverts végétaux permanents	4,56%	21,87%		1,82%	8,75%		2,92%	14,00%		0,55%	2,62%	

Annexe II. Questions posées à Clothilde d'Argentré, chef de projets, Association Bretonne des Entreprises Agroalimentaires (ABEA)

Questions relatives à la possibilité de créer un marché breton du carbone associant entreprises et agriculteurs

- 1- Combien d'entreprises sont adhérentes à l'ABEA? Quelles sont-leurs typologies par rapport à l'ensemble des entreprises agro-alimentaire à l'échelle régionale ou nationale ?

- 2- Y a-t-il un travail de groupe en cours au sein de l'ABEA pour une réduction des émissions de GES des entreprises adhérentes, dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique ? Si oui, quel(s) dispositifs accompagnent ces actions ? Quelles sont les motivations des entreprises à y participer ?

- 3- Avez-vous un état des lieux des démarches de développement durable initiées/suivies par les entreprises de l'ABEA ?

- 4- Pensez-vous que les entreprises adhérentes de l'ABEA, dans le cadre de ces démarches, puissent être intéressées par des actions volontaires de compensation « carbone », c'est-à-dire acheter des crédits « carbone » à des tiers procédant à du stockage de carbone, par exemple des agriculteurs impliqués dans des opérations de restauration du bocage, de sauvegarde ou de ré-implantation de prairie ?

- 5- Pensez-vous que la RSE puisse être un levier incitatif pour que les entreprises de l'ABEA s'engagent dans l'achat de contrat carbone à l'agriculture, ou finance des opérations de stockage de carbone initiées par l'agriculture ? D'autres leviers (fiscaux par exemple) pourraient-ils être activés ?

- 6- On voit apparaître une logique dans laquelle la puissance publique nationale ou régionale va peut-être conditionner ses aides aux entreprises au respect par ces mêmes entreprises de normes environnementales voire au lancement de politique volontaire de réduction de leurs impacts environnementaux. Ce sont aussi des attentes qui montent chez les consommateurs, et les jeunes en formation qui dans l'avenir pourraient favoriser les entreprises éco-responsables. Ces questions sont-elles des préoccupations pour les entreprises affiliées à l'ABEA ?

- 7- Quelle seraient, d'après-vous, les attentes/demandes des entreprises vis-à-vis d'agriculteurs jouant le rôle de vendeurs de crédits carbone, en particulier du point de vue du contenu et de la forme juridique des contrats à mettre en place ?

- 8- A quels attributs « stockage de carbone » les entreprises membres de l'ABEA pourraient-elles être les plus sensibles. La plantation d'arbre ? La reconstitution du bocage ? La préservation ou la ré-implantation de prairie ?

Questions relatives à la politique « carbone » des entreprises de Bretagne et à la possibilité de créer un marché breton du carbone associant entreprises et agriculteurs

- 1- Vous dites dans votre mail vous être penché au dernier trimestre 2019 sur un dispositif d'incitation des entreprises à compenser le CO₂ par du reboisement. Pouvez-vous nous en dire plus sur ce dispositif (s'agit-il notamment de reboisement forestier ou de la ré-implantation de haies bocagères ?) et sur les entreprises concernées (taille, domaine d'activité, etc...) ?

- 2- Vous évoquez dans votre mail l'entreprise « ecotree.green » comme un intermédiaire/acteur possible d'un tel projet. En quoi cette entreprise est-elle intéressante ?

- 3- Vos réflexions sur la mise en place d'un dispositif d'incitation des entreprises à compenser le CO₂ par du reboisement s'inscrivent-elles dans l'idée plus vaste de créer un marché « breton » de la compensation carbone ? En tant que Chambre de Commerce et d'Industrie de Bretagne, avez-vous conduit des études dans cette voie ? Avez-vous connaissance d'études (de projets) conduites ailleurs en France dans ce même domaine ?

- 4- D'après vos connaissances, quels sont les leviers susceptibles d'inciter les entreprises implantées en Bretagne à participer à un marché volontaire et local de la compensation carbone? Existe-t-il par exemple des incitations financières spécifiques, nationales ou régionales? Si oui, quelles sont-elles et quelles sont les conditions pour en bénéficier?

- 5- Quelles sont les typologies d'entreprises (taille, secteurs d'activité) à priori les plus capables de participer à un tel marché ? La Bretagne a une forte concentration de sociétés de transport qui sont sans doute concernées. Oui ? Non? Quid des entreprises du domaine de l'agro-alimentaire ?

- 6- La Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) paraît être un des leviers activables pour inciter les entreprises à participer à un marché local de la compensation carbone. Vrai ? Faux ? Y a-t-il un calendrier précis et contraignant pour la mise en place des RSE par les entreprises?

- 7- Devons-nous penser à un effet de compétition entre une réduction interne des émissions de CO₂ par les entreprises et l'achat par ces mêmes entreprises de crédits carbone aux agriculteurs ? Autrement dit, les entreprises, notamment dans des secteurs comme l'agro-alimentaire ont-elles des marges de manœuvre importantes de réduction de leurs émissions actuelles de CO₂, ou ces émissions constituent-elles une sorte de niveau plancher incompressible, rendant l'achat de crédit « carbone » en externe la seule solution activable pour permettre à ces entreprises de réduire leur empreinte carbone ? Quelles sont les modalités des incitations financières de l'ADEME pour la réduction en interne des émissions de CO₂ par les entreprises bretonnes ? Ces incitations sont-elles attractives ?

- 8- Quelle seraient, d'après-vous, les attentes/demandes des entreprises vis-à-vis d'agriculteurs jouant le rôle de vendeurs de crédits carbone, en particulier du point de vue du contenu et de la forme juridique des contrats à mettre en place? Avez-vous des moyens à la Chambre de Commerce et d'Industrie de Bretagne de travailler à l'établissement de contrats types, juridiquement adaptés au contexte (contrats de personnes

privées à personnes privées, basés sur des attributs non-marchands n'impliquant pas d'échanges de droits de propriété) ?

-
- 9- L'association d'agriculteurs All'i'Homme a lancé des projets dans le Finistère visant à restaurer/préserver des zones humides avec l'objectif de réduire le risque inondation, avec des financeurs privés (compagnies d'assurances). Etes-vous au courant de ce projet ? Y avez-vous participé ?
-
- 10- Avez-vous des directives de votre ministère de tutelle pour inciter les entreprises bretonnes à nouer des contrats avec les agriculteurs basés sur de la compensation carbone, ou autre ? Avez-vous une veille au niveau européen voire internationale sur ce qui se fait ailleurs dans ce domaine?

 agriculture · alimentation · environnement 	Diplôme : Master Spécialité : E2AME Spécialisation / option : Enseignant référent : Carole ROPARS-COLLET
Auteur(s) : Rino IIDA Date de naissance* : le 03 / 12 / 1991	Organisme d'accueil : INRAE Adresse : 65 Rue de Saint Briec 35000 Rennes
Nb pages : 38 Annexe(s) : 3	Maître de stage : Philippe LEGOFFE, Gérard GRUAU
Année de soutenance : 2020	
<p>Titre français : Synthèse bibliographique : comment articuler un mécanisme de compensation carbone par l'agriculture avec les paiements pour services environnementaux imaginés pour réduire l'impact négatif des pratiques agricoles sur la qualité de l'eau. Application aux travaux en cours sur le bassin-versant du Lac au Duc.</p> <p>Titre anglais : Bibliographic review on how to articulate a carbon offsetting mechanism through agriculture with payments for environmental services designed to reduce the negative impact of agricultural practices on water quality. Application to work in progress on the Lac au Duc catchment.</p>	
<p>Résumé : Au sein du bassin versant du Lac au Duc, la dégradation de la qualité de l'eau par l'érosion des sols agricoles contenant du phosphore est un enjeu crucial. La mise en place d'un Paiement pour Services Environnementaux (PSE) de type privé-privé est envisagée pour inciter les agriculteurs à adopter des pratiques antiérosives. Ces pratiques ayant la capacité de stocker du carbone dans les sols, nous avons évalué les conditions permettant d'agréger un service climat (qui est recherché par les entreprises) au mécanisme PSE. Pour ce faire, nous avons quantifié par une démarche bibliographique couplée à des entretiens la valorisation financière potentielle du carbone stocké par les attributs sélectionnés pour améliorer la qualité de l'eau et le potentiel des entreprises et agriculteurs à s'engager dans un marché local du carbone.</p> <p>Les résultats montrent que la valorisation associée au stockage additionnel du carbone des attributs envisagés est de nature à couvrir entre 0,2 et 37 % du consentement à recevoir des agriculteurs, dépendant des différents prix du carbone et des incertitudes sur les quantités de carbone additionnel stockable. Pour faire converger l'offre et la demande, il faudra que les agriculteurs modifient leur offre soit en prenant à leur charge une partie de la compensation carbone en tant qu'émetteurs eux-mêmes de CO₂ et bénéficiaires d'un bouquet de services environnementaux. Du côté des entreprises, la sensibilité environnementale des dirigeants est le levier principal identifié pour les inciter à s'engager dans une démarche de compensation carbone volontaire.</p>	
<p>Abstract : In the Lac au Duc catchment, the degradation of water quality by the erosion of agricultural soils containing phosphorus is a crucial issue. The establishment of a private-private type Payment for Environmental Services (PES) mechanism is envisaged to encourage farmers to adopt anti-erosion practices having the capacity to store carbon in soils. This study aims to assess the conditions allowing this carbon offset service to be combined with the PES mechanism designed to improve the water quality, knowing that this service is more privileged than the "water quality" service by companies. To do this, the valuation of carbon and the potential of engagement of companies and farmers are analyzed through a bibliographic summary and interviews with the Regional Chamber of Commerce and Industry and the Brittany Association of Agri-Food Companies.</p> <p>The results show that the valuation associated with the additional carbon storage capacity of the attributes is likely to cover between 0.2 and 37 % of farmers' consent to receive. To converge supply and demand, farmers will need to modify their supply either by paying part of the carbon offsetting as emitters themselves and beneficiaries of environmental services, or by proposing the establishment of anti-erosion attributes that store more carbon, and therefore could be better valued financially.</p> <p>On the private companies side, the environmental sensitivity of managers is the main lever identified to encourage them to engage in a voluntary carbon offset market.</p>	
<p>Mots-clés : PSE, pratique agricole, compensation carbone volontaire, qualité de l'eau, Lac au Duc</p> <p>Key Words: PES, agricultural practices, voluntary carbon offsetting, water quality, Lac au Duc</p>	

* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires