

NOV.
2020

ABC'TERRE-2A :

APPLICATION PARTICIPATIVE ET APPROPRIATION PAR LES ACTEURS LOCAUX DE LA DEMARCHE ABC'TERRE* (2017-2020)

*ABC'Terre : Atténuation du Bilan gaz à effet de serre incluant le stockage Carbone dans les sols agricoles à l'échelle du Territoire.

RAPPORT FINAL

ADEMEAgence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

Un projet coordonné par



avec comme partenaires :



REMERCIEMENTS

Marion Delesalle, pilote du projet, et Annie Duparque, chargée de mission, d'Agro-Transfert Ressources et Territoires, remercient l'ensemble des partenaires du projet ABC'Terre-2A pour leur participation active à sa bonne conduite pendant les 42 mois de son déroulement.

Merci en particulier aux animateurs des quatre territoires pilotes, **Florent Abiven** (Chambre d'Agriculture des Deux-Sèvres), **Coralie Di Bartoloméo** (Chambre d'Agriculture de l'Aisne), **Fabien Dutertre** (Chambre d'Agriculture Nord-Pas de Calais), **Paul van Dijk** (Chambre d'Agriculture Grand-Est) pour le compagnonnage fructueux sans lequel le projet n'aurait pas pu aboutir.

Merci également à l'ensemble des autres membres des comités du projet (Comité Scientifique et Technique et Comité de Pilotage) qui, par leurs actions et leurs conseils, ont permis de poursuivre l'amélioration de la méthode ABC'Terre, d'orienter les applications de la méthode aux territoires pilotes, de prendre le recul nécessaire sur les résultats obtenus, de faciliter la communication et la valorisation de ces résultats et de préparer efficacement le futur déploiement de la démarche ABC'Terre au-delà du projet :

Iman Bahmani, Thomas Eglin et Audrey Trévisol (ADEME) ; **Philippe Martin et Nicolas Piskiewicz** (AgroParisTech) ; **Rémi Koller** (ARAA) ; **Laurent Poinot et Guillaume Rautureau** (Chambre d'Agriculture de l'Aisne) ; **Alain Baudouin, Lionel Grandemange, Clément Baron et Alexandre Moine** (Chambre d'Agriculture des Deux-Sèvres) ; **Anne Schaub, Caroline Flisiak, Fanny Le Gloux et Tristan Muller** (Chambre d'Agriculture Grand Est) ; **Valérie Bielawski** (Chambre d'Agriculture Nord-Pas de Calais) ; **Jean-Luc Fort** (Chambre d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine) ; **Gaëlle Leruse** (Conseil Régional des Hauts de France) ; **Antonio Bispo, Sylvain Pellerin, Nicolas Saby et Sylvie Recous** (INRAE) ; **Caroline Leroux, Fiona Obriot, Stéphanie Sagot et François Servain** (LDAR) ; **Isabelle Pion et Marie-Françoise Slak** (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation) ; **Yosra Ellili, Christine Leclercq, Elisa Marraccini et Olivier Scheurer** (UniLaSalle).

Merci aux membres de l'équipe d'Agro-Transfert-Ressources et Territoires participant au projet, pour leurs réalisations, leurs conseils, leur accompagnement précieux aux différentes étapes du projet :

Joachim Boissy, Carine Czeryba, Cédric Delame, Marie Delattre, Guillaume Foulon, Jean-Pascal Hopquin, Justine Lamerre, Mylène Liné et Sylvie Recous.

Merci enfin à l'ensemble des agriculteurs et acteurs mobilisés sur les territoires pilotes pour leur implication, leur motivation et leurs retours qui ont été précieux pour améliorer la démarche ABC'Terre.

CITATION DE CE RAPPORT

M. Delesalle (coordination), J. Lamerre, O. Scheurer, P. Martin, F. Dutertre, P. van Dijk, F. Abiven, C. Di Bartoloméo, A. Duparque, T. Eglin. 2020. Application participative et appropriation par les acteurs locaux de la démarche ABC'Terre. Rapport final d'étude ADEME GRAINE. 68 pages + Annexes

Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr/mediatheque

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

Ce document est diffusé par l'ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 1703C0007

Étude réalisée par **M. Delesalle (coordination), J. Lamerre, O. Scheurer, P. Martin, F. Dutertre, P. van Dijk, F. Abiven, C. Di Bartoloméo, A. Duparque, T. Eglin.**
pour ce projet cofinancé par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par : Agro-Transfert Ressources et Territoires
Appel à projet de recherche : GRAINE 2016

Coordination technique - ADEME : Eglin Thomas
Service Forêts, Alimentation, Bio-économie
Direction Productions en Energies Durables

TABLE DES MATIERES

Résumé.....	6
1. Cadre du projet.....	8
1.1. Un contexte propice au développement de la démarche ABC'Terre.....	8
1.2. Le projet ABC'Terre-2A (2017-2020).....	8
1.2.1. La structure du projet.....	8
1.2.2. Le partenariat.....	9
2. Amélioration des étapes structurant la méthode ABC'Terre.....	10
2.1. Améliorations de l'outil RPG-Explorer et adaptations à ABC'Terre.....	10
2.1.1. Adaptation au nouveau format du RPG.....	11
2.1.1.1. Les changements de format et de mode de distribution.....	11
2.1.1.2. Les changements effectués sur RPG Explorer.....	11
2.1.2. Evaluation et finalisation de l'affectation des rotations de cultures aux types de sols.....	13
2.1.2.1. Matériel et méthodes pour l'évaluation.....	13
2.1.2.2. Résultats.....	17
2.1.2.3. Conclusions et perspectives.....	18
2.1.3. Perspectives envisagées pour RPG Explorer.....	19
2.2. Amélioration de la prise en compte du carbone organique des sols.....	20
2.2.1. La méthode et ses étapes.....	20
2.2.2. Matériel et méthodes d'évaluation.....	21
2.2.3. Résultats.....	22
2.2.4. Perspectives.....	23
2.3. Formalisation d'une méthode de reconstitution des pratiques culturales.....	24
2.4. Mise au point d'une méthode de détermination de la dose d'azote minéral apportée sur les cultures implantées sur un territoire.....	26
2.4.1. Choix de la méthode.....	26
2.4.2. L'équation finale.....	26
2.4.1. Différentes options de paramétrage de la dose Nmin.....	27
2.5. Améliorations et automatisation de la méthode de calcul du bilan GES.....	28
2.5.1. Périmètre du calcul.....	28
2.5.2. Améliorations de la méthode de calcul.....	29
2.5.3. Automatisation du calcul du bilan GES.....	32
2.6. Couplage des étapes et agilité de la méthode.....	33
2.6.1. Le fichier de collecte au centre du chaînage.....	33
2.6.2. Couplage carbone – azote – GES.....	34
2.6.3. Méthode ABC'Terre « simplifiée ».....	35
3. Résultats des déploiements tests sur les territoires pilotes.....	36
3.1. Déploiement-test de la démarche ABC'Terre.....	36
3.1.1. Les phases de la démarche participative ABC'Terre.....	36

3.1.2.	Le déroulement temporel des déploiements-tests	37
3.1.3.	Les territoires pilotes de la démarche dans le cadre du projet	37
3.2	Mise en œuvre de la démarche et interprétation des résultats sur les territoires pilotes	39
3.2.1.	Diagnostic initial.....	39
3.2.1.1.	Les variations de stocks de Corg des sols cultivés	39
3.2.1.2.	Les émissions GES des SdC du territoire	40
3.2.2.	Scénarios proposés à l'issue des ateliers de concertation	43
3.2.3.	Interprétation des scénarios alternatifs	44
3.2.4.	Enseignements tirés de ces résultats.....	47
3.3	Bilan de l'appropriation	48
3.3.1.	Retour sur l'appropriation de la démarche par les référents	48
3.3.2.	Des améliorations en continu permises par les retours d'expérience des référents	49
3.6.2.1.	1 ^{er} retour d'expérience : freins et leviers à la mise en œuvre de la méthode	49
3.6.2.2.	2 ^{ème} retour d'expérience : freins et leviers à la mise en œuvre de la démarche	51
3.6.2.3.	3 ^{ème} retour d'expérience : difficultés rencontrées dans l'interprétation des résultats et l'animation des ateliers	52
3.6.2.4.	4 ^{ème} retour d'expérience : bilan de l'expérience ABC'Terre-2A.....	52
3.3.3.	Clés de réussite pour garantir l'appropriation de la démarche ABC'Terre par des acteurs locaux	52
4.	Diffusion de la démarche ABC'Terre à la suite du projet.....	54
4.1.	Valorisations des résultats du projet.....	54
4.2.	Diffusion de la démarche après 2020	56
4.2.1.	Porteurs de la méthode.....	56
4.2.2.	Etude du marché	57
4.2.2.1.	Analyse de la demande	57
4.2.2.2.	Taille du marché	57
4.2.2.3.	Evolution du marché	58
4.2.3.	Modalités de déploiement de la démarche ABC'Terre	59
4.2.3.1.	Fonctionnement général.....	59
4.2.3.2.	Rôles de chaque partie prenante	59
4.2.4.	Conditions d'accès aux outils.....	59
4.2.4.1.	Les formations	59
4.2.4.2.	La licence ABC'Terre.....	60
4.2.4.3.	Les packages formation-licence	60
4.2.4.4.	Politique de prix	61
4.2.5.	Les différentes stratégies de déploiement	61
4.2.5.1.	Description des stratégies	61
4.2.5.2.	Coût de chaque stratégie	62
4.2.6.	Programme de mise en œuvre	62
4.2.6.1.	Evaluation de la faisabilité du déploiement d'ABC'Terre.....	62
4.2.6.2.	Règles régissant les déploiements.....	62

4.2.6.3.	Accès aux données	63
4.2.6.3.1.	RPG	63
4.2.6.3.2.	RRP.....	63
4.2.6.3.3.	BDAT.....	63
4.2.6.3.4.	Agribalyse ©.....	63
4.2.6.4.	Délais de mise en œuvre.....	63
5.	Perspectives et conclusion	64
5.1.	Les perspectives d'évolution de la méthode.....	64
5.2.	Prospection et perspectives de déploiements	64
5.3.	Conclusion	65
	Références bibliographiques	66
	Index des tableaux et figures	66
	Sigles et acronymes.....	68
	Liste des annexes.....	69
	Annexe 1 : Guide méthodologique pour l'affectation des rotations aux types de sol avec RPG Explorer	69
	Annexe 2 : Guide méthodologique pour l'affectation d'une teneur en carbone organique aux types de sol d'un territoire à partir de la BDAT.....	69
	Annexe 3 : Une méthode pour caractériser les teneurs en carbone organique des types de sol d'un Référentiel Régional Pédologique sur un territoire agricole à partir de la Base de Données des Analyses de Terre. Scheurer, Bousselin et Saby, 2020.	69
	Annexe 4 : Synthèse des règles de reconstitution des pratiques culturales de la méthode ABC'Terre.....	69
	Annexe 5 : Guide méthodologique de calcul du bilan GES des systèmes de culture, intégrant le calcul de la dose d'azote minéral apportée, propre à la méthode ABC'Terre	69
	Annexe 6 : Rapport final du déploiement de la démarche ABC'Terre sur le territoire pilote du Ternois.....	69
	Annexe 7 : Rapport final du déploiement de la démarche ABC'Terre sur le territoire pilote du Saint-Quentinois – Vermandois	69
	Annexe 8 : Rapport final du déploiement de la démarche ABC'Terre sur le territoire pilote du Rhin-Vignoble-Grand Ballon	69
	Annexe 9 : Rapport final du déploiement de la démarche ABC'Terre sur le territoire pilote du Thouarsais	69
	Annexe 10 : Abstract « Potential of C storage and GHG emissions of cover crops optimisation strategies designed with stakeholders in three French agricultural regions ». Lamerre et al., 2020.....	69
	Annexe 11 : Business plan de la démarche ABC'Terre.....	69
	Annexe 12 « Perspectives d'améliorations de la méthode ABC'Terre »	69
	Annexe 13 : Brochures « Retours d'expérience ABC'Terre » sur les territoires pilotes	69

Résumé

Le secteur agricole contribue à hauteur de 20 % aux émissions globales de Gaz à Effet de Serre (GES) mais il est aussi capable de stocker du carbone dans les sols et ainsi de compenser en partie ces émissions. Dans ce contexte, les Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET), auxquels sont soumises les collectivités territoriales, doivent intégrer une évaluation territoriale des émissions de GES et du stockage de carbone (C) pour mettre en place des plans d'actions permettant d'atténuer le changement climatique. Les plans d'actions proposés seront d'autant plus pertinents et efficaces qu'ils seront établis de manière concertée avec les acteurs du territoire et qu'ils intégreront les systèmes de culture et les types de sols du territoire pour lesquels seront identifiés des leviers d'atténuation des émissions de GES.

Le projet ABC'Terre-2A avait comme premier objectif d'améliorer les étapes de la méthode ABC'Terre, développée au cours d'un précédent projet (ABC'Terre ; 2013-2016 ; Appel à Projet REACTIF ADEME). ABC'Terre est une méthode spatialisée, quantifiant, à l'échelle territoriale, les impacts des pratiques agricoles sur les variations à long terme des stocks de carbone organique (C org) de la couche superficielle des sols, et, incluant ces variations de stocks de C org dans le bilan de GES du territoire. Les principales améliorations attendues portaient sur le calcul du bilan de GES et sur l'automatisation du chaînage des différentes étapes de la méthode.

Le deuxième objectif du projet consistait à appliquer la démarche participative, reposant sur la méthode ABC'Terre, sur quatre territoires pilotes en France, pour la tester en mobilisant les acteurs agricoles locaux. La démarche ABC'Terre prévoit d'utiliser les résultats du diagnostic réalisé à partir de la méthode ABC'Terre comme base d'échange avec les acteurs agricoles locaux, mobilisés en ateliers de concertation : ceux-ci mettent en évidence les pratiques culturales qui pourraient être modifiées pour stocker plus de Corg dans leurs sols et émettre moins de GES. Puis, les scénarios de modification de pratiques, ainsi co-construits et simulés avec ABC'Terre, sont discutés au cours de nouveaux ateliers participatifs : ils permettent finalement de concevoir un plan d'action et d'alimenter par là même le PCAET du territoire, en cohérence avec les problématiques rencontrées par les acteurs agricoles locaux.

Le projet visait aussi à formaliser la démarche ABC'Terre et à encadrer sa future diffusion.

L'ensemble de ces objectifs ont été atteints : la méthode ABC'Terre en 5 étapes a été améliorée, automatisée et rendue opérationnelle en France métropolitaine ; la démarche participative a été testée et validée par l'ensemble des acteurs mobilisés sur les territoires pilotes. La démarche ABC'Terre est aujourd'hui formalisée et le cadre technique, financier et juridique de sa diffusion est établi, pour un déploiement rendu possible à grande échelle en France métropolitaine, dès 2021.

Abstract

The agricultural sector contributes up to 20 % to the global greenhouse gases (GHG) emissions in France. Nevertheless, this sector is also able to store carbon in soils, counterbalancing a part of these GHG emissions. In addition, an evaluation of GHG emissions and carbon sequestration in soils has to be included, since 2016, in territorial climate plans in order to design an actions plan allowing to mitigate global warming. Those actions plans would be more efficient if it were co-designed with local actors and if cropping systems and soil types were included in the thought leading to the improvement levers.

The first objective of ABC'Terre-2A project was to improve the steps structuring the ABC'Terre method (developped during a first project named ABC'Terre, 2013-2016). ABC'Terre is a spatially explicit method designed to quantify, at a territorial scale, the impacts of agricultural practices on the long-term variation of soil organic carbon (SOC) stocks and to include this variation in a GHG balance. The main expected improvement was about the calculation of the GHG balance and the automation of the chainage of each steps structuring the ABC'Terre method.

The second objective consisted in applying the participative approach, based on the ABC'Terre method, on four territorial case studies in order to continue to improve the method and to evaluate its appropriation by the local actors. The participative approach foresees to use the initial diagnostic, realised thanks to the ABC'Terre method, to discuss with the agricultural actors. These meetings aim to understand the explicative factors of C and GHG flows on the territory and to highlight the possible modifications of cultural practices to store more carbon in topsoils and mitigate GHG emissions. Through participative workshops, alternative scenarios are established and simulated with ABC'Terre. Then, the comparison between the different scenarios allows to determine which ones will be retained to design

an actions plan and participate to territory climate policies, in coherence with the main territorial and actors issues.

The ABC'Terre-2A project also aimed to formalize the ABC'Terre approach and to frame its future diffusion.

All those objectives were achieved : the ABC'Terre method has been improved, automated and is now operational in metropolitan France ; the participative approach has been experimented and validated by all the local actors mobilized on the territorial case studies. The ABC'Terre approach is now formalized and the technical, financial and legal frame has been established for the future implementations in France from 2021.

1. Cadre du projet

Le projet ABC'Terre-2A a fait suite au projet ABC'Terre (2013-2016 ; appel à projet REACTIF ADEME 2012)¹, qui a démontré qu'il était possible d'estimer l'évolution du stock de carbone des sols cultivés à l'échelle d'un territoire et de l'intégrer dans un bilan de Gaz à Effet de Serre (GES). Le prototype de la méthode ABC'Terre a ainsi été créé dans le cadre de ce projet.

La méthode ABC'Terre se structure en 5 étapes. Elle consiste à quantifier, de manière spatialisée à l'échelle du territoire, les impacts des pratiques culturales sur les variations de stocks de carbone à long terme des sols agricoles, et d'intégrer ces variations de stocks dans un bilan de GES des systèmes de culture (SdC) d'un territoire.

Une démarche participative, construite autour de cette méthode ABC'Terre, vise à mobiliser les acteurs agricoles locaux et faire émerger des actions pour stocker plus de carbone dans les sols et émettre moins de GES. Le plan d'action, ainsi établi en concertation avec ces acteurs agricoles locaux, peut alors alimenter le Plan Climat Air Énergie Territorial du territoire (PCAET).

Le projet ABC'Terre-2A (appel à projet GRAINE 2016) visait à rendre opérationnelle la méthode ABC'Terre, à structurer la démarche participative mobilisant les acteurs territoriaux, à tester leur appropriation de la démarche en la déployant sur des territoires pilotes, et à construire les modalités de diffusion de la démarche.

1.1. Un contexte propice au développement de la démarche ABC'Terre

De nombreux programmes et initiatives ont émergé ces dernières années pour favoriser les démarches visant à stocker plus de carbone et émettre moins de GES, et ce, à différentes échelles. L'initiative 4 pour 1000² en est un exemple. Initiée par la France lors de la COP 21, elle vise à communiquer sur le rôle majeur que peuvent jouer les sols agricoles dans la lutte contre le changement climatique et pour la sécurité alimentaire mondiale.

En France, la Stratégie Nationale Bas-Carbone³, introduite par la Loi sur la Transition Énergétique pour la Croissance Verte, fixe notamment comme objectif d'atteindre une neutralité carbone d'ici 2050 (Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2020). En cohérence avec cette Stratégie Nationale Bas-Carbone, le gouvernement a lancé en 2018 le Label Bas-Carbone⁴ visant à fournir un cadre de certification au marché volontaire et compensatoire de crédits carbone (Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2018).

À un échelon plus local, la Loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte impose également aux collectivités de plus de 20 000 habitants de réaliser un PCAET. Ce plan est un outil de planification territoriale visant à agir en faveur de la lutte contre le changement climatique, le développement des énergies renouvelables et la maîtrise de la consommation énergétique. Il comporte différentes parties dont le diagnostic et le programme d'actions par exemple. Pour la partie diagnostic, il est demandé au territoire de réaliser « une évaluation territoriale des émissions de GES [...] », ainsi qu'une « évaluation de la séquestration nette de CO₂ et de son potentiel de développement » (Ministère de l'Environnement de l'Énergie et de la Mer, 2016).

Or, au démarrage du projet ABC'Terre (2013-2016), il n'existait pas de méthode d'évaluation permettant de prendre en compte l'impact des pratiques culturales sur le stockage de carbone organique (Corg) à long terme et d'intégrer la variation des stocks de Corg au bilan de GES des SdC, pour répondre aux objectifs du PCAET et gagner en cohérence. La méthode ABC'Terre répond à ce besoin.

1.2. Le projet ABC'Terre-2A (2017-2020)

1.2.1. La structure du projet

¹ <http://www.agro-transfert-rt.org/projets/bilan-gaz-effet-serre-abcterre/>

² <https://www.4p1000.org/fr>

³ <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

⁴ <https://agriculture.gouv.fr/quest-ce-que-le-label-bas-carbone>

Le projet ABC'Terre-2A avait trois objectifs majeurs :

- 1) simplifier, améliorer et automatiser les méthodes de calcul du bilan GES, et d'autres étapes composant la méthode ABC'Terre, pour la rendre opérationnelle et transposable à tous les territoires agricoles de France métropolitaine,
- 2) tester la mise en œuvre de la démarche ABC'Terre sur des territoires diversifiés et évaluer son appropriation par les acteurs de ces territoires,
- 3) formaliser de façon pratique la démarche et l'encadrer sur des plans techniques et juridiques.

Comme l'illustre le schéma suivant, le projet était structuré autour de ces 3 objectifs :

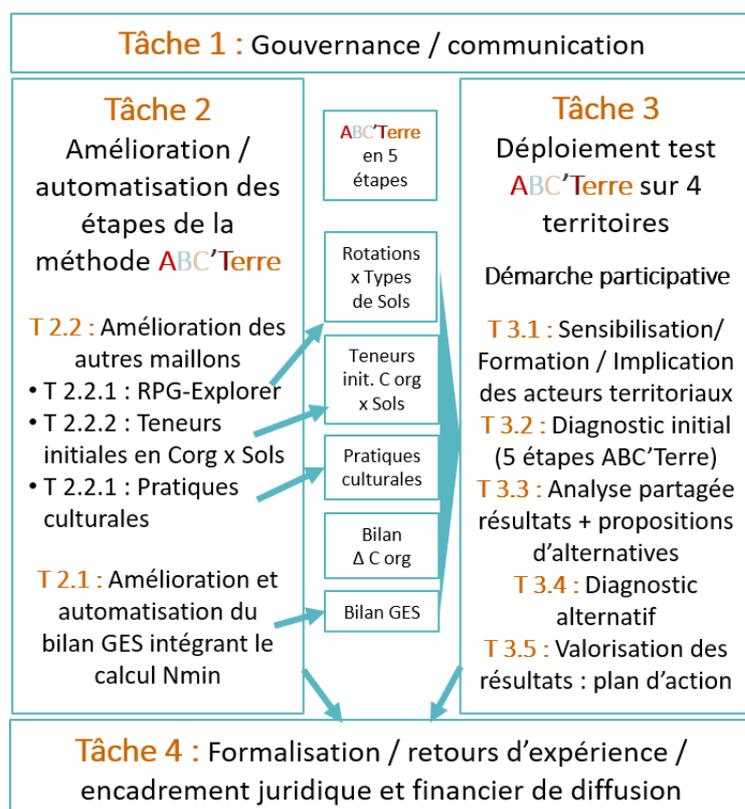


Figure 1 : Schéma illustrant la structuration du projet ABC'Terre-2A

La tâche 2 fait écho aux actions d'amélioration et d'automatisation des étapes de la méthode ABC'Terre. Elle consistait également à créer une cohérence d'ensemble.

La tâche 3 avait pour vocation à tester la méthode, ainsi améliorée ou en cours d'amélioration, sur des territoires pilotes. Les retours d'expérience de ces tests ont permis d'améliorer en continue la méthode et de formuler plusieurs pistes d'améliorations (qui seront développées plus loin dans ce rapport). Ces déploiements-tests avaient également pour objectifs de structurer une démarche participative et d'étudier les conditions d'appropriation de la démarche par les acteurs locaux.

La tâche 4 était destinée à organiser la diffusion de la démarche ABC'Terre après le projet.

La tâche 1, transversale, était consacrée à la gestion partenariale, administrative et financière ainsi qu'à la bonne conduite du projet.

1.2.2. Le partenariat

Bénéficiant de la très bonne synergie qui s'était établie entre les partenaires du projet ABC'Terre (2013-2016), ce projet ABC'Terre-2A a été construit sur la base du même partenariat, enrichi des chambres d'agriculture référentes des territoires pilotes. Le projet a ainsi été piloté par Agro-Transfert Ressources et Territoires (AGT) en partenariat avec :



2. Amélioration des étapes structurant la méthode ABC'Terre

Cette partie consiste à décrire l'ensemble des évolutions qu'a connu la méthode ABC'Terre à partir du prototype établi dans le projet ABC'Terre (2013-2016). Pour rappel, la méthode est structurée en 5 étapes (Figure 2).



Figure 2 : Schéma illustrant les 5 étapes de la méthode ABC'Terre

La première étape consiste à reconstituer l'ensemble des rotations par types de sol et par type d'exploitation sur le territoire, à partir des données du Registre Parcellaire Graphique (RPG) et du Référentiel Régional Pédologique (RRP)⁵ et à l'aide de l'outil RPG-Explorer⁶. Les améliorations de cet outil, développées dans le cadre du projet, sont décrites ci-après en 2.1.

La deuxième étape consiste à affecter les teneurs en Corg, issues de la Base de Données Analyse de Terres (BDAT)⁷, aux types de sol du RRP, à l'aide d'une méthode développée et améliorée dans le cadre du projet. Les améliorations relatives à cette étape sont décrites en 2.2.

La troisième étape permet de reconstituer les pratiques culturales associées à chaque culture implantée sur le territoire, en fonction de règles de décision précises et propres à la nature de chaque pratique. Ces règles de décision ainsi que la méthode de reconstitution des pratiques, construites dans le cadre du projet, sont exposées en 2.3.

Les trois premières étapes de la méthode, reconstituant les systèmes de culture croisés à des types de sols et des teneurs de Corg du territoire, permettent d'alimenter le calcul des variations des stocks de Corg à long terme, permis par l'outil Simeos-AMG⁸ et correspondant à la 4^{ème} étape de la méthode, ainsi que le calcul du bilan de GES des systèmes de culture, correspondant à la 5^{ème} étape de la méthode.

Le bilan GES, tel que calculé dans la méthode ABC'Terre, intègre une méthode de détermination de la dose d'azote minéral apportée à chaque culture implantée sur le territoire. Cette méthode, développée dans le cadre du projet ABC'Terre-2A, est décrite en 2.4.

Les améliorations et l'automatisation de la méthode de calcul du bilan GES des systèmes de culture sont développées en partie 2.5.

Enfin, une ouverture sur le couplage entre les étapes de la méthode ainsi que sur l'agilité de cette dernière, à travers l'option de simplification de paramétrage des données d'entrée, sont décrites en 2.6.

2.1. Améliorations de l'outil RPG-Explorer et adaptations à ABC'Terre

⁵ RRP : Référentiel Régional Pédologique, constitué par une base de données géographiques et sémantiques caractérisant les sols d'un département ou d'une région, associée à une carte pédologique à l'échelle du 1/250000ème. Les RRP sont harmonisés au niveau national sous un format commun (DONESOL).

⁶ RPG-Explorer : Logiciel permettant d'analyser les dynamiques des paysages agricoles à partir des RPG, dont les assolements de rotation sur un territoire. <https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/courses/RPGEXPLORER/>

⁷ BDAT : Base de données des analyses de terre, capitalisant la majorité des analyses générées par l'activité agricole sur le territoire métropolitain (Saby *et al.*, 2014)

⁸ SIMEOS-AMG : Outils de simulation de l'évolution de l'Etat Organique des Sols agricoles en fonction des pratiques culturales, fondé sur le modèle de bilan humique à long terme AMG de l'INRAE. <http://www.simeos-amg.org/>

Depuis 2015, les données RPG sont distribuées dans un nouveau format qui a nécessité une phase d'adaptation de l'outil qui sera décrite en 2.1.1. Par ailleurs, le dernier module du logiciel RPG-Explorer, permettant de reconstituer les assolements de rotations par type de sol du territoire à la base de la méthode ABC'Terre, a été évalué et finalisé. Cette évaluation ainsi que des recommandations de paramétrage sont détaillées en 2.1.2. Enfin, les perspectives envisagées pour RPG-Explorer sont proposées en 2.1.3.

2.1.1. Adaptation au nouveau format du RPG

2.1.1.1. Les changements de format et de mode de distribution

Sur le temps du projet ABC'Terre-2A nous avons pu bénéficier des données 2015 à 2018 distribuées dans le nouveau format. Ce nouveau format intègre trois évolutions majeures. Tout d'abord, les cultures sont décrites plus précisément avec près de 320 cultures alors qu'on n'avait que 28 groupes cultures avant 2015. Par ailleurs ces cultures sont informées à la parcelle culturale et non plus à l'îlot. La troisième différence concerne le format des données. Jusqu'à 2014, les données d'un département étaient livrées en 3 parties. On disposait tout d'abord d'un fichier de forme représentant les îlots avec leurs numéros en données attributaires. On avait ensuite un premier fichier .csv donnant les différentes occupations du sol par numéro d'îlot (potentiellement plusieurs cultures par îlot). On avait enfin un deuxième fichier .csv qui reprenait chaque numéro d'îlot associé cette fois au numéro d'exploitation anonyme et à la Surface Agricole Utile (SAU) totale de l'exploitation. Le numéro était anonyme et changeait chaque année même si les limites de l'exploitation restaient inchangées. A partir de 2015, les données d'un département sont livrées sous forme d'un seul fichier de forme représentant les parcelles avec pour données attributaires l'ensemble des données utilisées à savoir le numéro de parcelle, la culture sur la parcelle et le numéro d'exploitation. Le numéro d'exploitation n'est plus un numéro anonyme mais l'identifiant unique de l'exploitation utilisé pour la déclaration PAC (numéro PACAGE). L'information sur la SAU totale d'exploitation n'est plus transmise.

Au-delà du format, ce sont aussi les modes de distribution de ces données qui ont évolué. Jusqu'au cru 2014, les données RPG informées ou non des numéros d'exploitation étaient accessibles, contre paiement, auprès de l'Agence de Service et de Paiement (ASP). Une instruction de 2018 a modifié cela en précisant à la fois les ayant droits et les modalités d'accès. Les données sont maintenant gratuites mais les conditions d'accès sont plus restrictives notamment pour respecter le Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD). Les données non informées des numéros d'exploitations sont maintenant en accès libre et intégral sur le site de l'IGN⁹. Les données informées des numéros d'exploitation sont reconnues comme ayant un caractère personnel et sont maintenant disponibles auprès des DRAAF des territoires d'étude. Les ayant droits de ces données sont des organisations ayant dans leur statut des missions d'intérêt général et ces données doivent être utilisées uniquement dans ce cadre.

2.1.1.2. Les changements effectués sur RPG Explorer

Le changement de format des données a impliqué une série de modifications dans l'outil :

- Ré-intégration de la SAU totale des exploitations : le travail au niveau des exploitations nécessite de savoir si les données dont on dispose sur un territoire intègrent ou pas l'ensemble des parcelles des exploitations concernées. La difficulté était qu'avec les nouvelles données l'information sur les SAU totale n'était plus disponible. Nous avons donc recalculé ces SAU en faisant les sommes de surfaces déclarées par numéro PACAGE. Cette information a ensuite été intégrée dans une table de l'outil. Dans la mesure où cette table contient des données à caractère personnel (numéro PACAGE) elle est présente sous format crypté ce qui interdit la lecture par les utilisateurs. Seul l'outil peut y accéder lors du traitement des données.
- Intégration d'une information plus riche sur les cultures : l'enjeu était à la fois que l'outil puisse fonctionner avec des données plus précises mais aussi que cela reste compatible avec les données en 28 groupes des années antérieures. Par ailleurs le travail avec plus de 300 cultures peut complexifier inutilement le travail quand le détail sur les cultures n'est pas nécessaire. Sur ce dernier point, la solution mise en œuvre a été de proposer un regroupement des 300 cultures en 49 groupes intermédiaires proposés à l'utilisateur sur la base des expériences antérieures d'utilisation de RPG Explorer. Ces 49 groupes sont modifiables par l'utilisateur en fonction de

⁹ <https://geoservices.ign.fr/documentation/diffusion/telechargement-donnees-libres.html>

ses besoins. Pour gérer la continuité temporelle entre 2014 et 2015 le système recode les données récentes (300 cultures) selon les 28 groupes. C'est cette information homogénéisée qui sera ensuite utilisée pour calculer les assolements de rotations tel que cela a été construit lors de la première phase du projet ABC'Terre-2A. Notons que l'information initiale en 300 cultures reste présente dans la table pour d'autres usages souhaités par l'utilisateur.

- Prise en compte de la résolution parcellaire : le fait de passer d'un découpage en îlots à un découpage en parcelle est un progrès majeur dans la reconnaissance des séquences puisque au moins sur la période récente on n'a plus que des situations simples avec une seule culture au sein de chaque parcelle d'intersection (résultante des découpages parcellaires interannuels sur la période d'étude). Toutefois la résolution parcellaire a nécessité de résoudre un problème qui est rapidement apparu. En effet un nombre important de surfaces de séquences apparaissait étrangement non reconnus. Ceci était lié au fait que les limites de parcelles changent beaucoup plus que les limites d'îlots. Cette situation est illustrée sur la Figure 3 qui présente une parcelle d'intersection résultant d'un redécoupage de l'espace cultivé sur 3 ans.
- La première année la parcelle d'intersection est dans C1 (2ha, en bleu), la deuxième année elle est dans C2 (3ha, limites rouges) et la 3^{ème} année elle est dans C3 (4 ha limites vertes). Les règles établies jusqu'alors sur les îlots consistaient quand on avait une seule culture chaque année d'une succession à ne retenir que la plus petite surface des deux îlots. Un contrôle final faisait que si la surface géométrique de l'îlot d'intersection était trop différente des surfaces des successions ainsi établies alors on considérait que la succession n'était pas reconnue car sa surface n'était pas fiable. Si on applique ces règles sur l'exemple retenu on a une première séquence année 1 -> année 2 de 2 ha (minimum entre 2 et 3 ha) puis une deuxième séquence de l'année 2->année 3 de 3 ha (minimum entre 3 et 4 ha). Ce qui fait une séquence finale sur l'ensemble de la période année 1-> année 2-> année 3 de 2 ha (minimum entre 2 et 3 ha). Or cette surface de séquence ainsi établie est le double de la surface géométrique d'intersection. Sur la base de cet algorithme (établi pour des îlots pour lesquels ce cas de figure était rarissime) on est donc conduit à ne pas reconnaître la séquence de culture. Une fois identifié, ce problème a été corrigé en modifiant la règle qui retient donc pour la séquence le minimum entre la surface géométrique d'intersection et la surface établie par l'algorithme. Avec cette nouvelle règle on récupère donc une séquence de 1 ha.

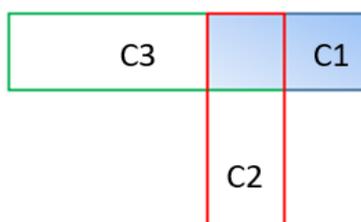


Figure 3 : Cas d'une parcelle d'intersection résultante d'une modification de limites de parcelles sur 3 ans C1, C2 et C3

Le nouveau mode d'accès aux données facilite et pénalise leur traitement

- Des données accessibles : la réglementation oblige à la diffusion gratuite des données de l'administration qui n'ont pas de caractère personnel (niveau 1). Il en résulte qu'il est maintenant possible d'accéder aux données France entière du RPG sans information exploitation agricole. Cela vaut pour les données récentes diffusées par l'IGN à partir du cru 2015. C'est aussi vrai pour les données anciennes qui sont diffusées par l'UMR SADAPT après information de l'ASP et du ministère de l'agriculture¹⁰. Dans la procédure ABC'Terre ces données sont toutefois insuffisantes car le niveau 2 (avec l'information « exploitation ») reste nécessaire.
- Des données tronquées : jusqu'au cru 2014 les données étaient distribuées par département entier. A partir de 2015 la distribution des données se fait sur la base du territoire d'action des ayant droits. Si un Pays demande des données, elles lui seront fournies uniquement pour la couverture de son territoire administratif. La difficulté est que ce territoire administratif ne correspond pas toujours à la totalité de l'emprise des parcellaires d'exploitations agricoles

¹⁰ <https://seafiler.agroparistech.fr/d/e2908e3b01084b6f93b5/>

concernées. Certains raisonnements sur les pratiques agricoles déduits des assolements complets s'en trouvent donc pénalisés. Une solution possible est que la demande des données se fasse par une structure départementale (ex : chambre d'agriculture) qui pourra alors récupérer l'ensemble de l'emprise départemental pour les différents sous-territoires concernés. Il faut toutefois s'assurer que cette approche soit acceptée par les DRAAF concernées.

2.1.2. Evaluation et finalisation de l'affectation des rotations de cultures aux types de sols

L'outil RPG Explorer reconstitue des rotations de cultures sur un territoire en les associant à des types de sols. La source de données disponibles sur les sols est le plus souvent un RRP (carte à 1/250000). L'affectation des rotations aux différents sols contenus dans chaque Unité Cartographique de Sol (UCS) du RRP se base sur un module d'optimisation linéaire sous contraintes ; celui-ci nécessite le paramétrage d'une matrice de compatibilité agronomique entre propriétés des sols et sensibilité des cultures.

Ce module de RPG-Explorer, créé par les travaux du projet ABC'Terre (2013-2016) nécessitait une phase évaluation non accomplie à l'issue de ce projet. Ainsi, l'étude synthétisée ici a été réalisée dans le cadre d'ABC'Terre-2A pour évaluer la méthode d'affectation des rotations aux types de sol en empruntant deux voies : la validation et l'analyse de sensibilité.

La validation consiste à évaluer la qualité de l'affectation des rotations aux types de sol. Théoriquement, il s'agit de comparer les parts surfaciques des couples « rotation, type de sol » générées en sortie du module avec celles de ces mêmes couples observés sur le territoire. Les écarts constatés traduisent ainsi la performance de l'algorithme utilisé en interaction avec deux éléments de son contexte d'application : le paramétrage choisi (notes de compatibilité agronomique « culture, classe de contrainte agronomique ») et les caractéristiques du territoire utilisées en données d'entrée. La validation donnera un aperçu de l'incertitude sur les sorties du module.

L'analyse de sensibilité vise à estimer l'influence des données d'entrée du module sur la qualité des sorties. Elle portera principalement sur l'effet des notes de comptabilité agronomique, mais en examinant aussi l'effet de l'unité spatiale d'optimisation choisie (UCS ou type d'exploitation dans l'UCS) et de ses caractéristiques pédologiques (degré d'hétérogénéité de l'UCS). Elle fournira des éléments d'aide au choix des modalités d'utilisation du module.

Pour plus de détails sur cette étude et sur les acquis méthodologiques qui en découlent pour l'utilisation de RPG Explorer on se reportera à l'Annexe 1 « Guide méthodologique pour l'affectation des rotations aux types de sol avec RPG Explorer », plus particulièrement dans sa partie 3 (Validation du module et sensibilité au paramétrage).

2.1.2.1. Matériel et méthodes pour l'évaluation

Territoires tests

L'évaluation a été mise en œuvre sur les territoires tests du Tardenois (02) et du Thouarsais (79), choisis selon deux critères :

- être pourvus d'une carte des sols suffisamment détaillée (1/25000) pour permettre une identification des sols au niveau parcellaire
- présenter des physionomies contrastées du point de vue des sols et des systèmes de culture (

Tableau 1)

Tableau 1 : Principales caractéristiques des territoires tests pour l'évaluation

	Surface étudiée	Sols	Cultures
--	-----------------	------	----------

Tardenois (02)	13089 ha	Dominante de sols limoneux à RUm ¹¹ élevé, sans contraintes agronomiques ; sols argileux caillouteux à RUm faible, sols sablo-limoneux à limono-sableux à RUm moyen	Betterave, blé, colza, protéagineux
Thouarsais (79)	4849 ha	Diversité des sols : dominante de sols caillouteux à RUm faible ou moyen ; sols limono-sableux ou argileux à RUm moyen, sols argileux et sableux hydromorphes, à RUm moyen ou élevé	Blé, colza, tournesol, maïs grain, protéagineux

Validation de la procédure d'affectation

Comme l'illustre Figure 4, la démarche adoptée pour la validation est la suivante :

- un **jeu de données de référence « observées »** est constitué par les couples « succession de cultures reconnue sur 6 ans, type de sol » associés à leur part surfacique réelle. Celui-ci a été obtenu par croisement géographique à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG) entre les parcelles du RPG (sur lesquelles les successions de cultures ont été reconnues à l'aide de RPG Explorer) et les unités cartographiques de la carte au 1/25000ème. Pour simplification, les types de sol sont regroupés en types de contraintes agronomiques (TCA)¹² pour générer des couples « succession reconnue sur 6 ans, TCA ».
- les successions de cultures reconnues sur 6 ans et leurs parts surfaciques sont traitées comme des rotations et introduites dans RPG Explorer comme données d'entrée du module d'affectation aux types de sol. Les données d'entrée « Sol » sont constituées par les TCA et leurs parts surfaciques observées sur le territoire de validation. On génère ainsi une affectation des successions dans les TCA par RPG Explorer à partir des mêmes données d'entrée que dans la référence « observée » **il s'agit du jeu de données « modélisées »**.

¹¹ RUm : Réservoir Utilisable maximal (anciennement appelé RU) estimant (en mm) la capacité de stockage du sol en eau utilisable par les cultures.

¹² Type de contraintes agronomiques (TCA) : regroupement des types de sol présentant la même combinaison de contraintes pour la localisation des cultures (teneurs en argile, calcaire et cailloux, Réservoir utilisable maximal, excès d'eau)

On compare ensuite les deux distributions des fréquences des couples « succession reconnue sur 6 ans, TCA », l'une générée par RPG Explorer, l'autre « observée » après croisement géographique. Pour faciliter l'analyse, le nombre de couples est réduit en regroupant les séquences par types, selon la sensibilité de leurs cultures aux TCA.

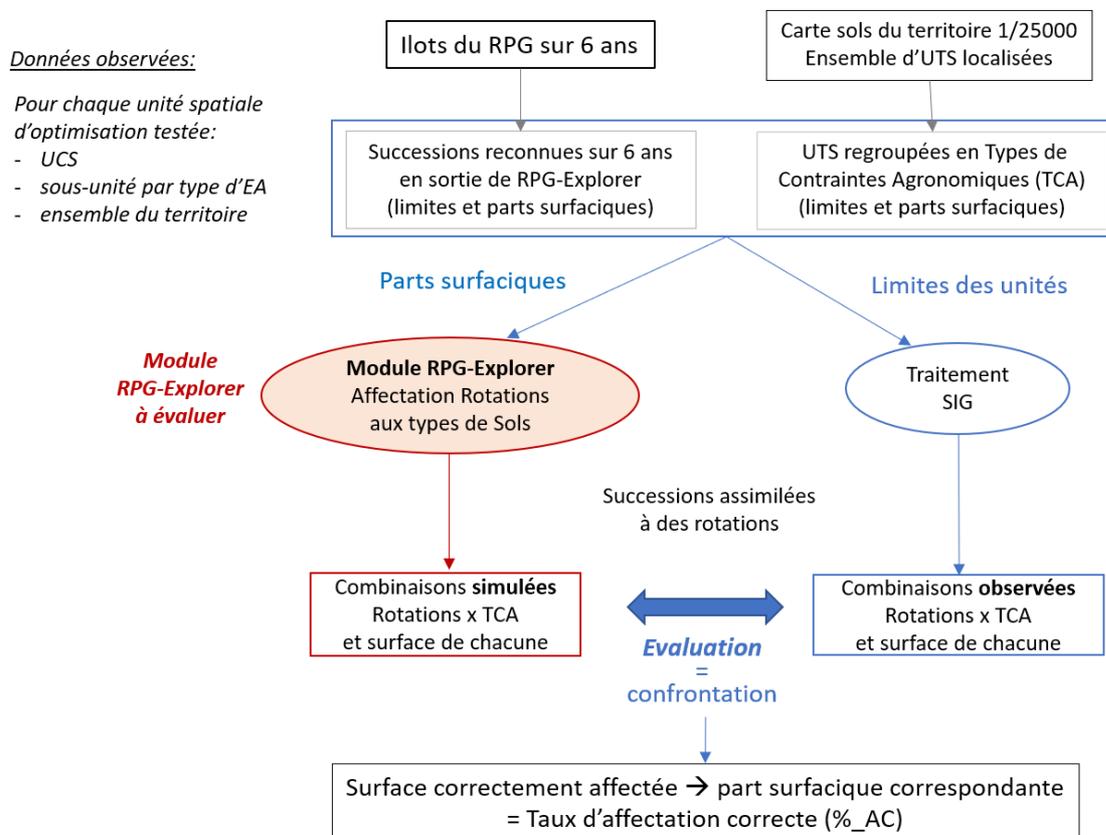


Figure 4 : Méthode d'évaluation du module d'affectation des rotations aux types de sols de RPG-Explorer

Pour un couple donné, la comparaison entre les surfaces « observée » et générée par RPG Explorer permet de calculer la surface correctement affectée et la part surfacique correspondante (en %) dans une unité spatiale donnée. Ce taux d'affectation correcte (%_AC) est utilisé comme indicateur pour qualifier les performances du module d'affectation des rotations aux types de sol dans RPG Explorer (validation proprement dite) et pour comparer différentes stratégies d'utilisation de ce module, notamment à travers des études de sensibilité.

Etudes de sensibilité et stratégies d'utilisation du module :

Une stratégie d'utilisation du module est définie par deux composantes :

- le paramétrage de la matrice de compatibilité agronomique entre propriétés des sols et sensibilité des cultures (attribution d'une note de - 0 à 1- à chaque combinaison propriété x culture). Cette matrice est la base de calcul d'une note de « valeur agronomique » attribuée à chaque combinaison potentielle rotation x type de sol. Pour affecter les rotations aux sols le module d'optimisation linéaire sous contraintes cherche ensuite à maximiser la valeur agronomique globale de ces combinaisons tout en respectant les parts surfaciques respectives des types de sol et des rotations dans l'unité spatiale d'optimisation.

- le choix des unités spatiales sur lesquelles on réalise l'optimisation. Cette dernière est normalement mise en œuvre au niveau des unités cartographiques de sol délimitées par le RRP sur le territoire d'étude. En recherchant une plus grande cohérence avec les systèmes d'exploitation, l'optimisation peut se faire en segmentant les UCS par grand type d'exploitation. A l'opposé, une option très simplificatrice donc moins couteuse en temps pourrait consister à réaliser l'optimisation globalement sur l'ensemble du territoire.

L'effet du paramétrage de la matrice de compatibilité agronomique a été étudié en comparant 4 modalités différenciées par des niveaux décroissants d'influence des sols sur l'affectation des cultures (Tableau 2). La modalité *Base* est celle qui donne le plus de poids aux propriétés des sols. A l'opposé,

la modalité 1 ne prend pas en compte les contraintes liées aux propriétés des sols dans l'optimisation (la note 1 est attribuée à toutes les combinaisons) ; l'affectation proposée dans ce cas est celle qui respecte le mieux les parts surfaciques respectives des types de sol et des rotations observées dans l'unité spatiale de travail. Les modalités 09_1_1 et 1RUM ont des caractéristiques intermédiaires : elles intègrent des contraintes d'exclusion de certaines cultures dans les sols trop argileux, caillouteux ou affectés par l'excès d'eau (la note 0 est attribuée dans ces cas), mais l'influence du Réservoir Utile maximal (RUM) des sols dans la localisation des cultures de printemps n'est pas ou peu prise en compte, respectivement dans les modalités 1RUM et 09_1_1.

Dans la modalité Base, une étude de sensibilité aux notes attribuées aux cultures de printemps en fonction du niveau du RUM (faible, moyen, élevé) a été réalisée dans le Tardenois. Neuf combinaisons de notes ont été comparées en attribuant toujours 3 notes croissantes avec le niveau du RUM.

Tableau 2 : Caractéristiques des modalités de paramétrage comparées pour la matrice de compatibilité « propriétés des sols x sensibilité des cultures » (RUM : Réservoir utile maximal)

Sigle Modalité de paramétrage	Contraintes d'exclusion (argile, cailloux, excès d'eau)	Contraintes relatives au RUM Notes des cultures selon le RUM			
			RUM faible	RUM moyen	RUM élevé
Base Cultures de printemps pénalisées si RUM moyen ou faible	oui	Cultures de printemps	0.01	0.6 ou 0.8	1
		Cultures d'automne	1	1	1
09_1_1 Cultures de printemps favorisées si RUM moyen ou élevé	oui	Cultures de printemps	0.9	1	1
		Cultures d'automne	0.9	0.9	0.9
1RUM Pas de contrainte RUM	oui	Toutes cultures	1	1	1
1 Pas de contrainte RUM	non	Toutes cultures	1	1	1

L'influence de l'unité spatiale d'optimisation a été étudiée pour les 4 modalités de paramétrage en comparant 3 options (Tableau 3)

Tableau 3 : Options comparées pour le choix de l'unité spatiale d'optimisation

Sigle	Unité spatiale d'optimisation
<i>Territoire</i>	une seule optimisation sur tout le territoire
<i>UCS</i>	une optimisation sur chaque UCS du territoire
<i>Type EA x UCS</i>	une optimisation pour chaque type d'exploitation agricole (EA) dans chaque UCS

On a enfin étudié la sensibilité de l'affectation à l'hétérogénéité pédologique des unités spatiales d'optimisation. On cherche ainsi à tester l'hypothèse d'une meilleure qualité d'affectation dans les unités les plus homogènes du point de vue des contraintes agronomiques (donc avec un facteur « sol » jouant peu sur la variabilité des séquences de culture observées). Cette hypothèse est testée de 2 manières :

- globalement au niveau du territoire, on compare la qualité des affectations obtenues respectivement avec les options *UCS* et *Territoire* (a priori, l'affectation avec l'option *UCS* doit produire les meilleurs résultats, les UCS étant plus homogènes que le territoire dans son ensemble).

- avec l'option *UCS*, on compare la qualité des affectations entre UCS contrastées en ce qui concerne l'homogénéité/hétérogénéité de leurs contraintes agronomiques. Les comparaisons sont réalisées pour les 4 modalités de paramétrage.

2.1.2.2. Résultats

La procédure d'affectation des rotations aux types de sol produit des résultats globalement satisfaisants. Le taux d'Affectation Correcte, %_AC, calculé pour un territoire¹³ atteint 75 à 90 % avec la majorité des stratégies. Calculé au niveau des UCS, ce taux reste en général supérieur à 70 %. Au niveau infra-UCS¹⁴, les %_AC les plus faibles (< 60 %) ne s'observent que pour des types de rotation peu représentés.

Concernant le choix de l'unité spatiale d'optimisation (Figure 5), l'option typeEAxUCS n'améliore pas ou peu le %_AC du territoire par comparaison avec l'option UCS. En revanche, l'option Territoire est à éviter car elle dégrade nettement la qualité de l'affectation. Ces résultats sont très peu sensibles au paramétrage de la matrice de compatibilité agronomique.

Le classement des 4 modalités de paramétrage selon les %_AC obtenus varie très peu. La modalité Base est presque toujours la moins performante : %_AC de 60% à 80 % dans les UCS alors que les 3 autres modalités -moins contraignantes- montrent des %_AC variant entre 70 et 90 entre UCS. Le classement le plus fréquent est le suivant : 1 > 1RUM ≥ 09_1_1 > Base. Ce résultat semble indépendant de l'échelle de notation appliquée aux cultures de printemps par classe de RUM dans la modalité Base car l'optimisation apparaît très peu sensible à cette notation.

Ces performances médiocres de la modalité Base s'expliquent par le caractère trop restrictif imposé par les contraintes agronomiques. En effet, pour maximiser la note de valeur agronomique, les rotations sensibles aux contraintes agronomiques sont affectées prioritairement aux sols à faibles contraintes (ex : rotations betteravières ou à base de maïs grain dans les sols à RUM élevé) alors qu'elles sont susceptibles d'être partiellement localisées dans d'autres types de sols (sols à RUM plus faible). Il en résulte une surestimation de leur fréquence dans les sols non contraignants. Corrélativement, les rotations peu ou pas sensibles à ces contraintes (ex : prairies, colza-céréales) tendent à être sous-représentées dans ces sols et surreprésentées dans les sols à fortes contraintes. Ces effets négatifs sur le %_AC sont d'autant plus marqués que ces rotations sensibles occupent une part surfacique élevée dans l'UCS par rapport à celle des TCA vers lesquels elles sont prioritairement affectées. Cet effet

¹³ Calcul du taux d'Affectation Correcte, (%_AC) moyen, pondéré par les surfaces des unités spatiales, après optimisation selon l'option *UCS* ou *TypeEAxUCS*

¹⁴ Calcul du %_AC pour chaque type de rotation présent dans l'UCS

semble plus net pour la contrainte RUM -souvent très relative- que pour les contraintes dues à la pierrosité ou à l'excès d'eau.

Les variations du %_AC entre UCS pour une même modalité de paramétrage résultent d'interactions complexes et ne sont pas faciles à analyser. L'effet de l'hétérogénéité de l'UCS en termes de TCA n'est pas uniforme ; il dépend fortement de la diversité des rotations présentes et de leurs compatibilités avec

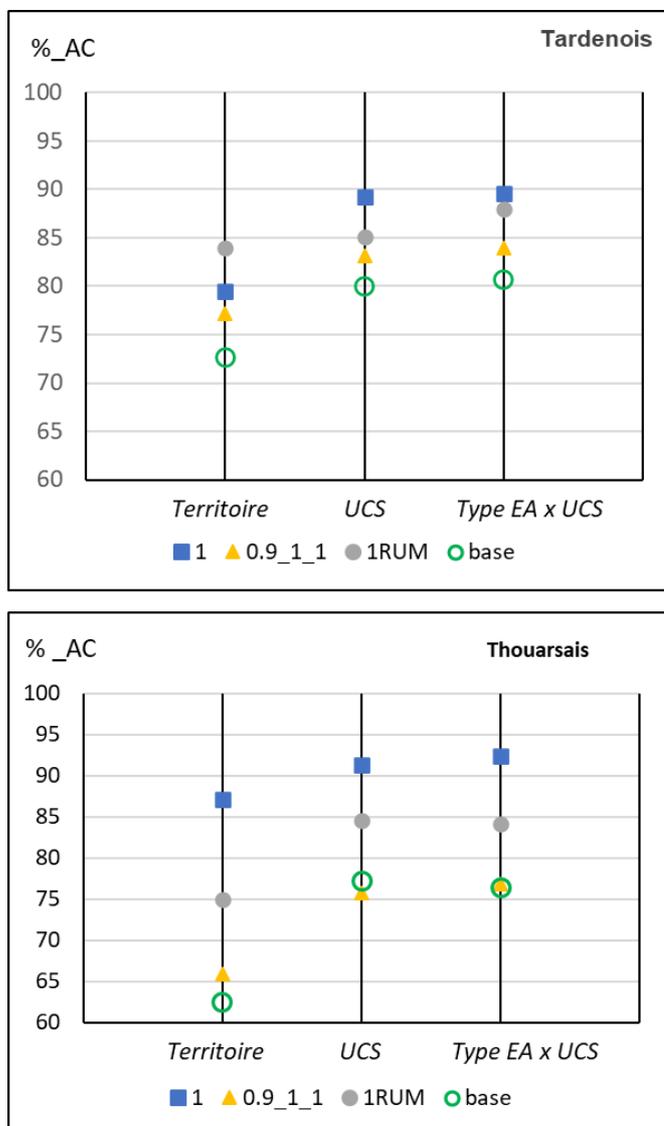


Figure 5 : Taux de d'affectation correcte (%_AC) dans le Tardenois et le Thouarsais suivant l'unité spatiale d'optimisation et le paramétrage de la matrice de compatibilité agronomique.

les TCA. Ainsi, la modalité 1 – bien que donnant le plus souvent les meilleurs résultats- peut parfois être mise en défaut dans une UCS contenant une part relativement élevée de rotations sensibles à un ou plusieurs TCA (argile, cailloux ou excès d'eau) présents mais non prédominants. Dans ce cas particulier, les modalités 1RUM et 09_1_1 donnent de meilleurs résultats.

2.1.2.3. Conclusions et perspectives

L'évaluation réalisée va finalement dans le sens d'une relative simplification de la procédure d'affectation pour les utilisateurs : l'option d'optimisation la plus couteuse en temps de simulation (TypeEAxUCS) s'avère inutile pour améliorer le taux d'affectation ; le système de notation de la compatibilité « niveau de RUM x culture de printemps » semble pouvoir être supprimé, diminuant ainsi une part de la complexité et de la subjectivité du paramétrage, réalisé à dire d'expert.

Dans une logique simplificatrice, il semblerait possible de recommander le paramétrage selon la modalité 1 (notes de compatibilité agronomique égales à 1), a priori peu risquée quant à la représentativité des sorties*.

***Ce qui a été testé sur les territoires pilotes du projet**

L'unité spatiale d'optimisation « Type EA x UCS » est nécessaire dans ABC'Terre pour bénéficier en sortie de ce dernier module de RPG-Explorer de l'assolement de rotations par type de sol et par type d'exploitation. En effet, l'information « type d'exploitation » est ensuite nécessaire pour reconstituer certaines pratiques culturales (en plus des informations sur le type de sol et sur les successions de cultures en sortie de l'outil, cf 2.3. de ce rapport).

Par ailleurs, suite à la présentation de ces résultats en comité scientifique et technique, 3 des 4 territoires pilotes, ont testé le paramétrage de la matrice avec une note de « valeur agronomique » égale à 1 (correspondant à la modalité « 1 » de paramétrage dans le test). Cette simplification de paramétrage a été bienvenue face aux difficultés de paramétrage de la matrice de comptabilité agronomique (entre propriétés des sols et sensibilité des cultures), rencontrées par les référents, permettant ainsi une meilleure appropriation de l'outil RPG-Explorer.

Sur l'ensemble des territoires pilotes, les assolements de rotations par type de sol et par type d'exploitation ont été validés par les experts locaux, validant ainsi également le paramétrage réalisé.

Pour maximiser la qualité des affectations, il serait néanmoins préférable d'adapter la modalité de paramétrage aux caractéristiques de chaque UCS en termes de TCA et de types de rotation définis d'après leur sensibilité aux TCA. Après une première optimisation paramétrée selon la modalité 1 dans toutes les UCS, le réalisme des affectations obtenues devrait être évalué par des agronomes locaux. Les UCS présentant des résultats jugés peu satisfaisants feraient alors l'objet d'une nouvelle optimisation paramétrée selon la modalité 1RUm ou 09_1_1. La capitalisation des expériences d'application de cette stratégie dans différents territoires serait souhaitable. Elle permettrait à terme de formaliser des règles pour choisir d'emblée la meilleure modalité de paramétrage d'une UCS (a priori 1 ou 1RUm) après examen de sa physionomie en termes de TCA et de types de rotations présentes.

Le recours à l'expertise agronomique locale restera donc toujours nécessaire dans cette procédure d'affectation, non seulement pour valider les sorties de l'optimisation et/ou pour choisir la meilleure modalité de paramétrage de chaque UCS, mais aussi en amont pour le choix des classes de contraintes agronomiques et l'attribution des notes de compatibilité avec les cultures (relativement aux teneurs en argile et en cailloux et à l'excès d'eau).

2.1.3. Perspectives envisagées pour RPG Explorer

Des constats qui freinent l'usage de RPG Explorer : RPG Explorer est un produit en constante évolution car chaque nouveau cru de données RPG (dernier en date 2019) apporte son lot de modifications de formats des données qu'il faut intégrer à l'outil pour que les utilisateurs puissent correctement traiter les données les plus récentes. Il s'ensuit une difficulté du suivi des mises à jour pour les utilisateurs. Par ailleurs, selon les situations et notamment l'étendue des territoires étudiés, les traitements peuvent nécessiter une puissance de calcul dont ne disposent pas tous les ordinateurs des utilisateurs, notamment pour l'établissement des séquences de cultures. Cela a notamment été le cas pour 2 des 4 référents du projet pour lesquels nous avons dû faire le calcul des séquences et donc sortir du cadre d'une mise en œuvre directe de la méthodologie par les acteurs du terrain.

Une gamme de solutions proposées : face à ces problèmes, plusieurs solutions sont à l'étude dans le cadre d'un projet financé par l'Office Français de la Biodiversité (OFB). La première piste consiste à produire en routine les séquences de culture pour toutes les parcelles de l'hexagone. Ces données pourront alors être chargées dans RPG Explorer pour l'établissement des assolements de rotation. L'autre piste, qui pourrait s'appuyer sur la première consiste à transformer le fonctionnement de RPG Explorer en le faisant passer d'un mode client lourd (installation sur chaque poste où il est utilisé) à un mode client léger dans lequel les utilisateurs auront accès à l'outil via une interface web. Pour le client léger l'outil est de fait installé sur un serveur distant calibré par rapport à la puissance de calcul nécessaire. En octobre 2020 la production en routine des séquences de culture est presque opérationnelle. Le développement en mode client léger est encore en cours. Il est prévu un premier prototype pour fin 2021

Les développements présentés dans cette partie n'ont pas été financés par ABC'Terre-2A mais il nous semble important de les mentionner dans ce rapport car ils pourront avoir des retombées positives pour la démarche ABC'Terre d'ici un ou deux ans.

2.2. Amélioration de la prise en compte du carbone organique des sols

La teneur en Corg initiale des sols, utilisée pour paramétrer les simulations avec Simeos-AMG, est issue de l'exploitation de la BDAT. Une méthode a ainsi été développée dans le projet ABC'Terre (2013-2016) pour affecter les analyses de la BDAT aux types de sols de chaque unité cartographique de sol (UCS) d'un RRP¹⁵, mais elle n'a initialement été testée que sur un seul territoire.

Les résultats présentés ici rendent compte de l'évaluation de cette méthode, à partir de son application à des contextes agro-pédologiques contrastés, et des acquis méthodologiques qui en découlent : amélioration et formalisation générique de la méthode. Pour plus de détails, on se reportera à l'Annexe 2 « Guide méthodologique pour l'affectation d'une teneur en carbone organique aux types de sol d'un territoire à partir de la BDAT » et à l'article paru dans la revue EGS (Scheurer, Bousselin and Saby, 2020) en Annexe 3.

2.2.1 La méthode et ses étapes

L'affectation d'une analyse de la BDAT à un type de sol dans une UCS est réalisée à l'aide d'une classification des analyses disponibles fondée sur deux critères : i) un critère analytique de similitude des teneurs en argile et en calcaire entre l'analyse de la BDAT et le type de sol, ii) un critère géographique d'intersection entre le territoire de la commune de l'analyse et celui de l'UCS concernée. La méthode se décompose en 3 étapes schématisées dans la Figure 6.

La première étape (a) effectue le croisement spatial entre les limites des communes et des UCS pour sélectionner les analyses de chaque UCS. Pour des raisons de confidentialité des données, elle ne peut être réalisée que par INRAE InfoSol, gestionnaire de la BDAT.

Dans un deuxième temps (étape b), les analyses sont triées en classes de teneur en calcaire total et en argile. Les types de sol ou Unités Typologiques de Sols (UTS) sont regroupés de la même manière, afin de permettre leur rattachement aux analyses de terre sélectionnées ; les groupes ainsi constitués sont dénommés meta-UTS.

Enfin (étape c), toutes les analyses rattachées à une meta-UTS sont affectées à chacun des types de sol qui la composent, au niveau de chaque UCS. Chaque couple [UTS, UCS] se voit attribuer la médiane de la distribution des teneurs en carbone organique ainsi obtenue. Cette médiane n'est jugée représentative que si l'effectif des analyses affectées à une meta-UTS est supérieur ou égal à 10. Lorsque cet effectif n'est pas atteint, on constitue des groupes d'UCS présentant des caractéristiques similaires afin de mutualiser les analyses disponibles.

¹⁵ RRP : Référentiel Régional Pédologique, constitué par une base de données géographiques et sémantiques caractérisant les sols d'un département ou d'une région, associé à une carte pédologique à l'échelle du 1/250000ème.

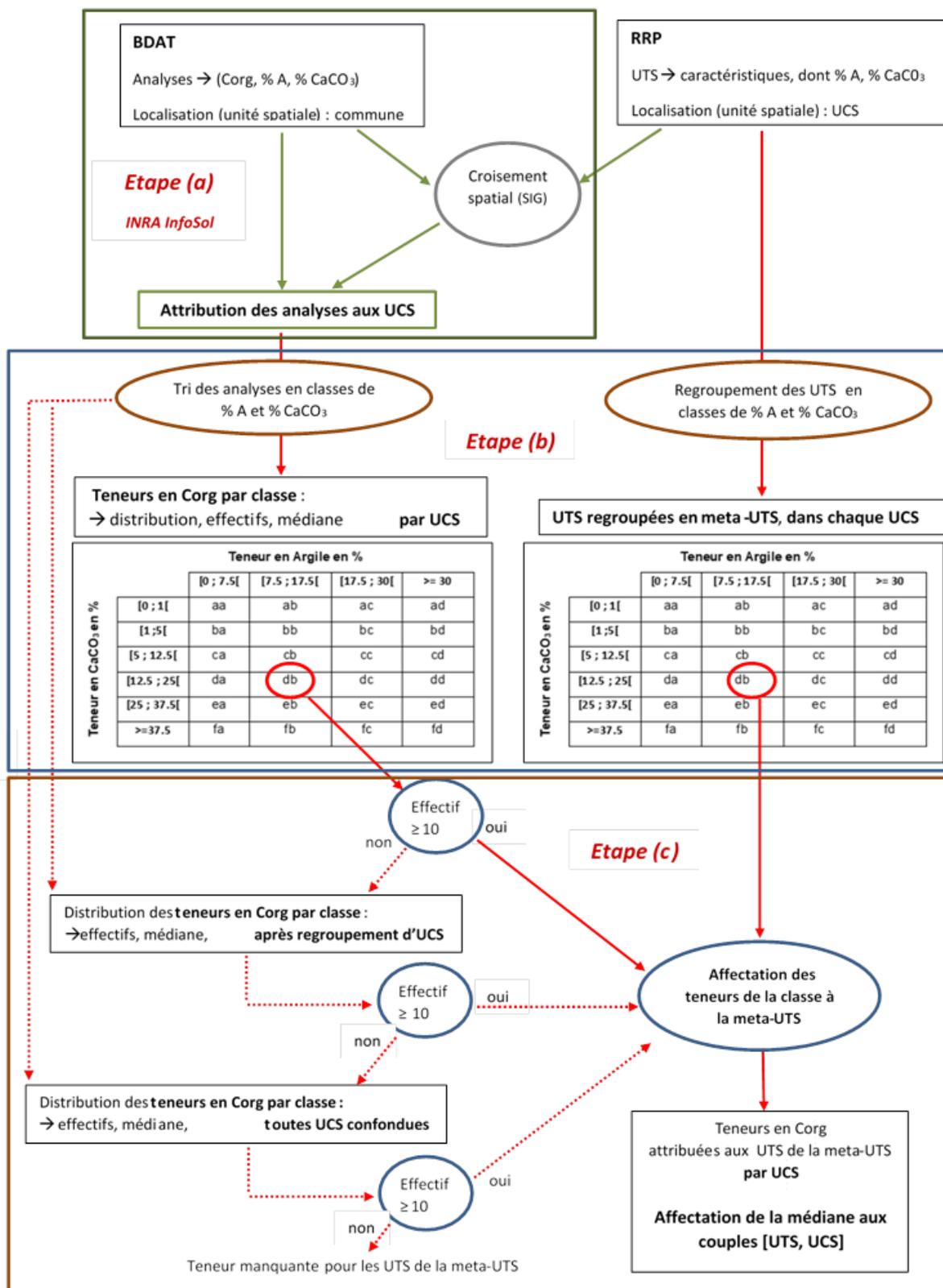


Figure 6 : Schéma de la méthode d'affectation des teneurs en Corg (BDAT) aux types de sol (RRP) en 3 étapes

2.2.2 Matériel et méthodes d'évaluation

Trois territoires-tests ont été choisis pour couvrir une diversité de paysages pédologiques et de systèmes de production agricoles : la petite région naturelle du Tardenois dans l'Aisne (déjà mobilisé lors des travaux initiaux sur la méthode, dans le cadre d'ABC'Terre 2013-2016), le Pays Rhin-Vignoble-Grand Ballon (RVGB) dans le Haut-Rhin et la Communauté de Communes du Thouarsais dans les

Deux-Sèvres. Leur surface est comprise entre 30000 et 45000 hectares, soit l'ordre de grandeur d'un territoire d'application de la démarche ABC'Terre pour un PCAET. Le Tableau 4 en donne les principales caractéristiques pédologiques et agricoles.

Tableau 4 : Caractéristiques des trois territoires-tests

Territoire	Caractéristiques pédologiques	Nombre d'UCS	Nombre de types de sol	Assolement
Tardenois (02)	Plateaux ondulés à dominante de sols limoneux profonds ; sols argileux calcaires caillouteux et sols sablo-limoneux à limono-sableux.	28	77	Betterave, blé, colza, protéagineux
Pays RVGB (68)	Plaines du Rhin et de l'Ill et Piedmont vosgien; sols alluviaux très variés, calcaires ou non, sableux ou limoneux, plus ou moins caillouteux, parfois hydromorphes, limons calcaires loessiques	19	58	Maïs grain prédominant, Blé
CdC Thouarsais (79)	Diversité des sols sur 2 ensembles de matériaux parentaux (socle ancien et formations sédimentaires): limono- sableux, argilo-calcaires caillouteux, argileux et sableux, en partie hydromorphes,	33	26	Blé, colza, protéagineux, tournesol, maïs grain

La méthode a été appliquée dans les 3 territoires-tests.

Deux procédures nouvelles ont été testées pour maximiser le nombre d'analyses de la BDAT exploitables sur un territoire :

- utilisation d'une fonction de pédotransfert paramétrée localement pour estimer le taux d'argile manquant dans de nombreuses analyses
- classification statistique des UCS, sur la base des propriétés de leurs sols et/ou de leur occupation du sol, pour pouvoir exploiter les analyses issues d'UCS semblables en cas d'effectifs insuffisants dans une UCS.

La qualité de l'affectation des teneurs en carbone organique aux types de sol a été évaluée principalement de deux manières :

- calcul d'un indicateur statistique estimant la part de la variabilité (en %) expliquée par la classification des analyses (rapport de corrélation entre les classes constituées et les teneurs en Corg)
- examen de la cohérence agronomique des variations de teneurs en Corg obtenues entre types de sols et entre UCS.

2.2.3. Résultats

La classification mise en œuvre pour l'affectation des analyses rend compte d'une part faible mais non négligeable de la variabilité des teneurs en carbone organique dans les territoires-tests. De plus, les variations obtenues entre classes s'expliquent assez bien par les caractéristiques dominantes des sols et/ou des systèmes de culture correspondants. Ces résultats confortent ainsi la pertinence de la méthode.

Le regroupement des UCS en classes -pour pallier les cas où le nombre d'analyses est insuffisant- ne dégrade pas trop le rapport de corrélation. Cet indicateur apparait par ailleurs peu sensible à la méthode utilisée pour classer les UCS : une classification à dire d'expert donne des résultats équivalents à ceux des classifications statistiques, plus complexes et longues à mettre en œuvre.

L'usage de fonctions de pédotransfert pour estimer le taux d'argile des analyses (à partir de la CEC et de la teneur en carbone organique) permet d'augmenter très significativement le nombre d'analyses exploitables sur un territoire. De ce fait, le domaine géographique de valorisation de la BDAT est maximisé. La construction de ces fonctions nécessite toutefois de combiner expertise pédologique et traitement statistique de données de la BDAT.

Les rapports de corrélation relativement faibles (34 %, 13 % et 24.5 % respectivement dans les 3 territoires) s'expliquent par la multiplicité des déterminants de la teneur en carbone organique des sols et notamment par la forte variabilité des histoires culturales entre parcelles pour un même type de sol au niveau intra-UCS.

L'étude du cas alsacien pour lequel le rapport est le plus faible met en évidence plusieurs facteurs susceptibles de réduire la qualité de l'affectation des analyses ; ces derniers sont liés à la méthode, à la source de données (BDAT) et/ou aux spécificités pédologiques du territoire :

- imprécision de la fonction de pédotransfert utilisée pour estimer le taux d'argile (défaut de paramétrage local ou forte variabilité minéralogique des argiles dans les sols du territoire)
- incertitude sur la localisation réelle des analyses de la BDAT dans certaines communes du territoire (analyses commanditées par des coopératives agricoles).
- incertitude sur la signification de la teneur en argile donnée par la BDAT, dans les sols riches en calcaire actif.

Des stratégies sont proposées pour limiter ces défauts.

Globalement, la méthode proposée paraît néanmoins robuste et opérationnelle pour attribuer une teneur en Corg réaliste aux types de sol présents dans les UCS d'un territoire. L'affectation des analyses au niveau de l'UCS présente plusieurs atouts ; elle permet : (i) de caractériser assez précisément les types de sol à associer aux analyses de terre, ce qui facilite l'interprétation des résultats, (ii) de prendre en compte –dans une certaine mesure- l'effet des variables autres que A et CaCO₃ sur la teneur en Corg estimée, en fonction des caractéristiques dominantes des sols dans l'UCS (hydromorphie, charge en éléments grossiers de la strate de surface), (iii) de prendre en compte –partiellement et indirectement- l'effet de l'histoire culturelle de chaque UCS. L'UCS est utilisée ici comme une unité spatiale au sein de laquelle la dynamique des systèmes de culture est relativement homogène, et a pu générer une évolution spécifique de la distribution des teneurs en carbone dans les sols, notamment à travers le niveau des restitutions humiques des successions culturales ou les pratiques d'amendements organiques passés. De ce fait, un même type de sol, présent dans deux UCS différentes par leur histoire culturelle peut se trouver associé à des teneurs en Corg différentes.

2.2.4. Perspectives

La formalisation de la méthode et de ses limites, réalisée en 2020 (Scheurer *et al.*) sera suivie en 2020-2021 par son application généralisée au niveau de 10 RRP (départements 36, 67,68,79, 85, 86 et Bretagne), dans le cadre d'un projet conduit par INRAE InfoSol avec un co-financement GiSSOL-ADEME. Cette application intègrera l'usage de fonctions de pédotransfert pour maximiser le nombre d'analyses utilisables. Ce projet vise à donner un accès direct aux variables décrivant la distribution des teneurs en carbone organique pour chaque classe d'affectation des analyses de la BDAT (combinaison « classe de teneurs en argile et CaCO₃, UCS ») : médiane, moyenne et écart-interquartile et écart-type. Ces variables seront disponibles dans la base de données DONESOL pour les utilisateurs de la démarche ABC'Terre. Leur affectation aux combinaisons « type de sol, UCS » du territoire d'étude sera donc immédiate.

A terme, le projet devrait pouvoir s'étendre à tous les RRP dans les territoires pour lesquels la BDAT fournit une densité d'analyses suffisante.

Le transfert de ces résultats dans les typologies agronomiques Typterres, plus facilement accessibles aux utilisateurs futurs d'ABC'Terre, sera pris en charge dans le projet IDtypterres (CASDAR RT 2020) déposé par l'ACTA et accepté. L'action 1 de ce projet prévoit en effet l'enrichissement des données des Typterres par l'estimation des variables nécessaires aux OAD¹⁶, dont la teneur en Corg. Elle bénéficiera donc directement des résultats du projet précédent qui a ciblé prioritairement les RRP disposant déjà de Typterres.

Dans les autres territoires, à défaut de données suffisantes dans la BDAT, une alternative simple serait l'utilisation des teneurs en carbone modales de la strate de surface renseignées dans Donesol pour chaque unité typologique de sol (UTS) ; leur représentativité sera toutefois incertaine car elles proviennent souvent d'une expertise basée sur des lots d'analyses anciennes et/ou peu nombreuses pour chaque UTS. De plus, une UTS sera associée à une teneur en Corg unique, quelle que soit l'UCS à laquelle elle appartient.

¹⁶ OAD : outil d'aide à la décision, pour le conseil en agronomie ou l'évaluation agri-environnementale des pratiques agricoles

2.3. Formalisation d'une méthode de reconstitution des pratiques culturales

Pour alimenter les deux dernières étapes de la méthode (variations de stocks de Corg avec Simeos-AMG et bilan GES des systèmes de culture) et en complément des deux premières étapes (reconstitution des rotations par type de sol et par type d'exploitation avec RPG-Explorer et affectation des teneurs en Corg aux types de sol), il est nécessaire de reconstituer les pratiques culturales associées à chaque culture implantée sur le territoire. Pour cela, il est important de représenter à la fois la diversité des systèmes de productions et des types de sols (Soizic, Guichard and Reau, 2016).

Des règles de décision ont ainsi été établies pour chaque pratique, en fonction de critères les caractérisant, de sorte à être :

- simples d'appropriation par les futurs utilisateurs,
- claires, pour garantir la qualité des données d'entrées,
- précises, pour prendre en compte dans la mesure du possible le type de sol,
- duplicables partout en France, donc adaptées à tous les contextes pédoclimatiques.

La difficulté résidait dans la quantité et la diversité des données à collecter, par l'utilisateur, pour alimenter : (1) le calcul des variations de stocks Corg avec Simeos-AMG, (2) le calcul de la dose d'azote minéral (Nmin) apportée sur les cultures, et, (3) le calcul du bilan de GES.

La Figure 7 schématise l'ensemble des pratiques culturales à reconstituer lors de la troisième étape et illustre dans quels calculs les données sont nécessaires.

Un livrable synthétisant l'ensemble des règles de reconstitution des pratiques culturales inerrantes à la méthode ABC'Terre a été rédigé et se trouve en Annexe 4 : « Synthèse des règles de reconstitution des pratiques culturales de la méthode ABC'Terre ». Il résume l'ensemble des éléments à collecter et les facteurs de paramétrage pour l'ensemble des pratiques nécessaires aux calculs de la méthode ABC'Terre à savoir : les rendements, la gestion des résidus de culture, le travail du sol (labour), la gestion des cultures intermédiaires (ou dérobées), la gestion des apports de PRO, l'irrigation, les reliquats sortie hiver, l'azote absorbé pendant l'hiver, les doses d'azote minéral pour certaines cultures et l'itinéraire technique de chaque culture implantée sur le territoire.

Les rotations par type de sol, en sortie du dernier module de RPG-Explorer, sont reconstituées par type d'exploitation de façon à associer plus finement certaines pratiques culturales. Ces rotations par type de sol et par type d'exploitation sont détaillées par culture. Chaque culture est associée à la culture qui la précède. **L'échelle élémentaire pour reconstituer les pratiques est ainsi le couple « précédent – suivant » où le « suivant » correspond à la culture pour laquelle les informations sont collectées.** Ceci s'explique par la dépendance de certaines informations à la culture précédant celle pour laquelle on reconstitue les pratiques (ex : si la culture précédente a été récoltée tardivement, il ne sera pas envisagé d'implanter un couvert d'interculture avant la culture en place, même s'il s'agit d'une culture de printemps).

Les règles de paramétrage varient selon la nature de la pratique culturale à reconstituer. Certaines pratiques sont à paramétrer en fonction du précédent cultural et de la culture en place, c'est le cas de la gestion des couverts d'interculture ou du labour ; certaines pratiques sont établies en fonction de la culture en place et du type d'exploitation dans laquelle elle est cultivée, c'est le cas de la gestion des résidus et des Produits Résiduels Organiques (PRO) ; d'autres pratiques encore sont reconstituées par culture et par type de sol en considérant des classes de Réserve Utile (RU), comme le rendement ou l'irrigation par exemple.

L'ensemble de ces règles structurent un fichier Excel®, appelé « Fichier de collecte ». C'est à partir de ce « Fichier de collecte » que l'ensemble des calculs composant ABC'Terre sont permis.

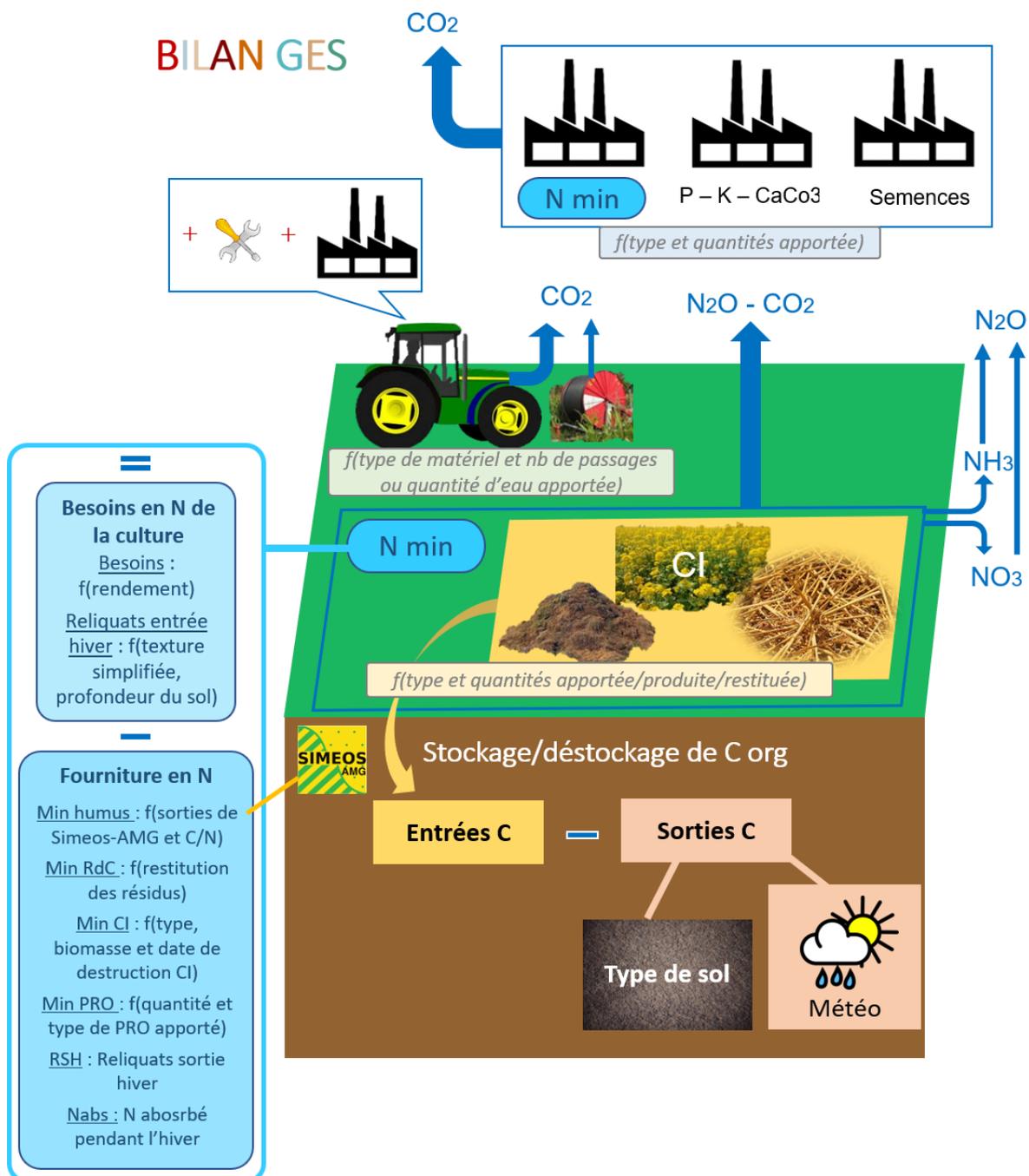


Figure 7 : Schéma illustrant l'ensemble des pratiques culturales à reconstituer pour alimenter les calculs structurant la méthode ABC'Terre

Pratiques culturales nécessaires à l'évaluation de l'évolution des stocks de C org avec Simeos-AMG : éléments représentés sur fond jaune ; Données de pratiques culturales nécessaires au calcul des émissions GES : partie haute du schéma, éléments compris dans l'encadré jaune, communs à Simeos-AMG, et vert, schématisant le champ, ainsi que les intrants mentionnés dans l'encadré bleu en haut du schéma ; Données à collecter pour le calcul de la dose d'azote minéral : dans la bulle bleue à gauche du schéma.

2.4. Mise au point d'une méthode de détermination de la dose d'azote minéral apportée sur les cultures implantées sur un territoire

Dans le calcul du bilan de GES d'un système de culture, la fertilisation minérale est l'un des facteurs à l'origine des plus fortes émissions (Pellerin et al., 2013). Les doses d'azote minéral (Nmin) paramétrées pour le calcul du bilan de GES ont une grande influence sur les résultats finaux d'émissions de GES du territoire, c'est pourquoi, il est nécessaire de les déterminer finement.

2.4.1. Choix de la méthode

Une méthode de calcul de la dose Nmin apportée sur les cultures implantées sur le territoire a été mise au point. Elle devait répondre aux objectifs suivants :

- être simple et transposable sur tout le territoire de France métropolitaine,
- ne pas nécessiter l'acquisition d'un trop grand nombre de données (pour ne pas complexifier davantage la mise en œuvre de la méthode ABC'Terre),
- être automatisable et intégrable à l'outil de calcul ABC'Terre couplant Simeos-AMG et le bilan GES des SdC,
- prendre en compte les effets des pratiques agronomiques qui visent à réduire les émissions de GES et/ou favoriser le stockage de C du sol (en particulier gestion de l'interculture, des résidus de culture, des apports organiques...),
- prendre en compte conjointement l'évolution du C et du N sur la durée d'un système de culture.

La réflexion autour de cette méthode de calcul a débuté par la comparaison des équations préconisées pour calculer la dose Nmin dans chaque Groupe Régional Experts Nitrates (GREN). Cette comparaison a été menée pour étudier la possibilité d'en retenir une qui recouvrirait l'ensemble des spécificités régionales. Ce travail a mis en évidence les grandes disparités entre régions, rendant complexe une éventuelle adaptation de l'outil prévu à chaque spécificité régionale (facteurs de calculs différents et donc données d'entrées bien distinctes). Il s'est donc avéré impossible de définir des règles d'utilisation générales et homogènes au niveau national à partir de 21 méthodes différentes issues des GREN.

Les nombreux échanges avec les partenaires qui ont suivis ont abouti à une équation simplifiée, qui reprend une majeure partie des préconisations du COMIFER pour la méthode du bilan et certaines sorties intermédiaires de Simeos-AMG. Un travail de test (à partir des données collectées sur les territoires pilotes du projet), d'amélioration et de validation a ensuite été mené avec l'aide du LDAR pour aboutir à une équation finale.

L'ensemble des étapes qui ont conduit à l'élaboration de cette équation se trouve en annexe 2 du Guide méthodologique de calcul du bilan GES des systèmes de culture, intégrant le calcul de la dose d'azote minéral apportée, propre à la méthode, lui-même en Annexe 5 de ce rapport.

2.4.2. L'équation finale

Pour chaque culture étudiée, on calcule la différence entre ses besoins et ce qui lui est fourni pour combler la totalité de ses besoins. Le calcul se base : (i) sur les données collectées par les utilisateurs dans le fichier de collecte décrit précédemment, ; (ii) sur les sorties et calculs intermédiaires de l'outil Simeos-AMG, (assurant ainsi la cohérence du calcul fait sur l'azote avec la comptabilisation des flux de carbone impliqués dans le bilan du Corg du sol d'AMG) ; (iii) sur des références issues d'abaques reconnus notamment par le COMIFER.

Le détail de la méthode de détermination de la dose d'azote minéral apportée sur les cultures implantées sur un territoire se trouve dans le guide méthodologique en Annexe 5.

Le Tableau 5 synthétise cette méthode de calcul retenue.

Tableau 5 : Synthèse de la méthode de calcul de la dose d'azote minéral apportée propre à ABC'Terre

Besoins totaux		
Besoins	Soit : Besoins par ha	
	Soit : Rendement x Besoins par q ou par T	
Reliquat post récolte	Rf : abaques en f (texture simplifiée et profondeur du sol)	
Fournitures		
Minéralisation de l'humus	Stock initial de C	
	Part du C actif dans le C total = 35 %	
	Rapport C/N	
	Km : Coefficient de minéralisation	
	Coefficient de temps de présence // période du bilan	
	Coefficient "période de minéralisation" // période du bilan	
	TOTAL	Min h = ((Stock initial C / 3) / (C/N)) x Km x Coef Tps présence x Coef période min x1000
Minéralisation des Résidus de Culture (RdC)	Min RdC : abaques en f (la culture)	% restitution pour les céréales à paille
Minéralisation des cultures intermédiaires si CI	Min CI : abaques en f (la CI, sa biomasse et sa période de destruction)	
N minéral apporté par les apports organiques si apport de PRO	Type	
	Quantité apportée	
	KeqN	
	%N PRO	
	TOTAL	N PRO = Q PRO x KeqN x % N PRO
Reliquat sortie hiver	RSH : en f (RU, précédent et/ou culture en place)	
Azote absorbé pendant l'hiver si culture = colza ou céréales à paille	Nabs : en f (l'estimation du développement de la biomasse pendant l'hiver)	
N apporté par les engrais minéraux	Besoins totaux - fournitures =	N min = [(Rdmt x Besoins) + Rf] – [(Min h + N PRO + Min RdC + Min CI) + RSH + Nabs]

Sources
Références
Fichier de collecte
Données acquises via Simeos-AMG

2.4.1. Différentes options de paramétrage de la dose Nmin

Les doses Nmin peuvent être déterminées de différentes façons dans l'outil. Elles peuvent être calculées automatiquement par l'outil en fonction de la reconstitution des pratiques culturales ou être saisies manuellement par l'utilisateur.

Pour les données saisies manuellement dans le fichier de collecte des données d'entrée, le paramétrage peut se faire en fonction : (i) de la culture simplement, c'est le cas des cultures

pluriannuelles et de quelques cultures assez atypiques pour lesquelles la méthode du bilan azoté n'est pas applicable (correspondant à la branche « Nmin_1 » de la Figure 8), ou (ii) des données locales sur la gestion de la fertilisation par culture en fonction du type de sol, à partir d'enquêtes par exemple (correspondant à la branche « Nmin_2 » de la Figure 8).

Si ces données n'existent pas ou ne sont pas suffisamment précises, le calcul par l'outil de la dose Nmin apportée est alors réalisé (correspondant au « Nmin_calculée » de la Figure 8).

Il est par ailleurs conseillé d'utiliser cette option de calcul développée dans l'outil pour l'établissement des scénarios alternatifs. En effet, les modifications de pratiques liées à la gestion des couverts d'interculture, des PRO ou des résidus de culture par exemple auront un impact sur la fourniture d'azote par le sol. Le calcul de la dose Nmin prendra alors automatiquement en compte les effets indirects de ces modifications sur les émissions liées aux apports d'azote minéral (en plus de l'impact sur les catégories d'émissions concernant ces pratiques et sur le stockage C).

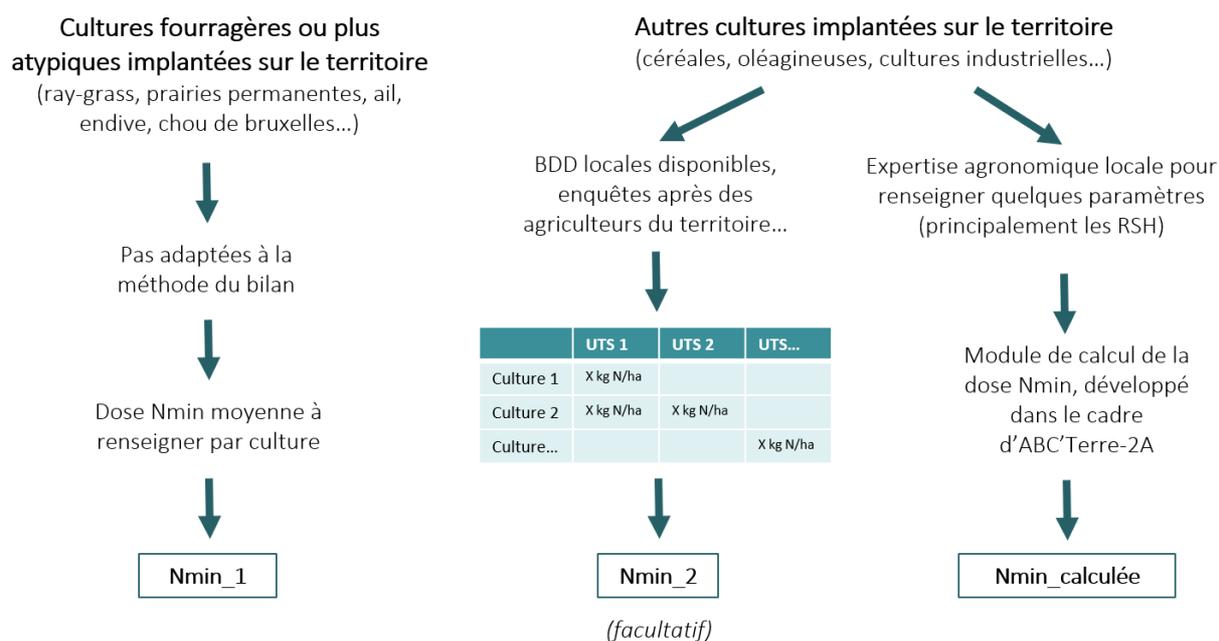


Figure 8 : Schéma illustrant les différents modes de détermination de la dose Nmin

2.5. Améliorations et automatisation de la méthode de calcul du bilan GES

2.5.1. Périmètre du calcul

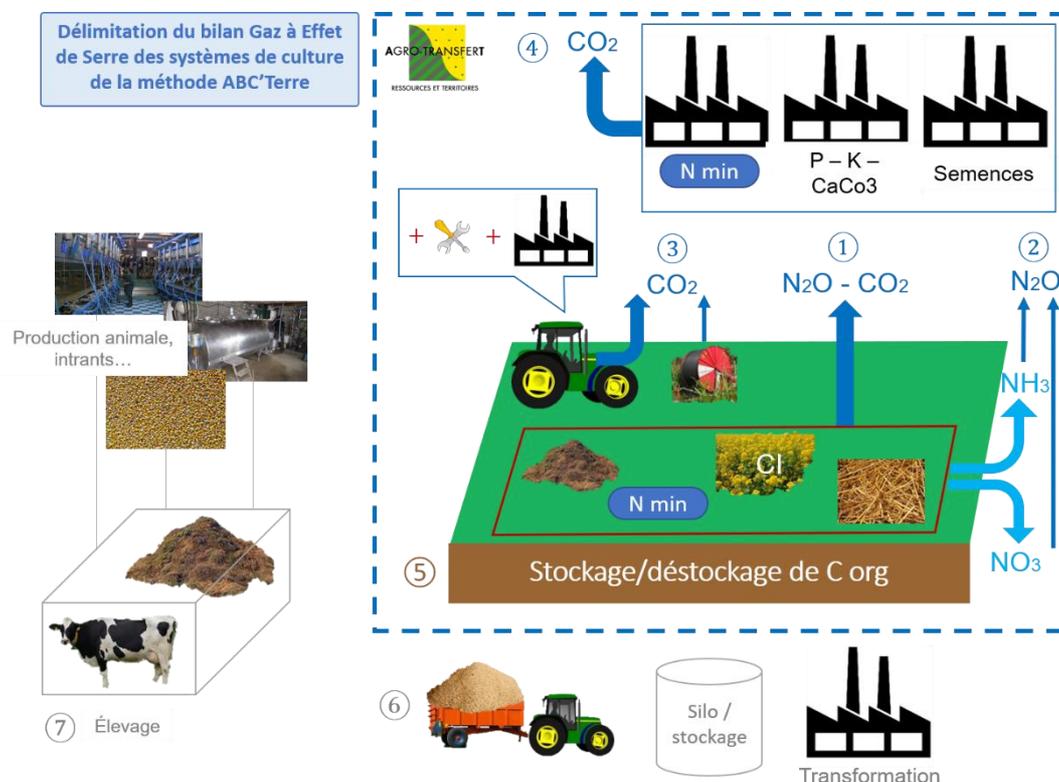
Comme dans toute évaluation, il est nécessaire de commencer par la définition du périmètre de calcul. Les postes d'émissions pris en compte dans le calcul du bilan de GES « ABC'Terre » ont tout d'abord été définis. La méthode ABC'Terre se concentre sur l'échelle du SdC (en cohérence avec les outils RPG-Explorer et Simeos-AMG). Le calcul des émissions de GES des systèmes de culture dans le cadre de la méthode ABC'Terre se réalise de ce fait de l'entrée à la sortie du champ.

Comme l'illustre la Figure 9 ci-dessous, on considère dans le périmètre de calcul des émissions de GES de la méthode ABC'Terre l'ensemble des pratiques nécessaires à la production des cultures :

- les émissions en amont dues à la fabrication, le transport et l'utilisation des intrants (engrais, amendements, semences),
- les émissions directes et indirectes au champ dues aux apports des différentes formes d'azote (engrais minéral, organique, résidus de culture, cultures intermédiaires),
- les émissions liées à la combustion du carburant lors des différents passages de machine (se terminant par celles liées à la récolte),
- les émissions compensées par le stockage carbone ou induites par le déstockage de carbone (pertes de carbone sous forme de dioxyde de carbone (CO₂) et d'azote sous forme de protoxyde d'azote (N₂O)) (caractéristiques de la méthode ABC'Terre).

En revanche, ne sont pas considérées dans le périmètre de calcul :

- les émissions liées à l'élevage (à la production et au stockage d'effluents, à la fabrication des antibiotiques, la construction et l'entretien des bâtiments d'élevage, etc.),
- les émissions liées au stockage en silo ou la transformation de la récolte (puisqu'en dehors du périmètre du champ).



Limites du système étudié dans ABC'Terre : systèmes de culture

- ① Emissions directes au champ dues à la gestion par les sols des entrées d'azote :
Engrais minéral, PRO, Cultures intermédiaires, Résidus de Culture
+ dégagement de CO₂ lors de la transformation de la chaux et l'urée
- ② Emissions indirectes au champ dues à la gestion par les sols des entrées d'azote :
Liées au lessivage et la volatilisation
- ③ Emissions dues à l'usage du matériel agricole
Combustion de carburant, transport, maintenance, fabrication
- ④ Emissions indirectes en amont dues aux intrants à destination des cultures
Fabrication, traitement, transport (hors produits phytosanitaires)
- ⑤ Stockage ou déstockage de carbone des sols cultivés

Hors système étudié :

- ⑥ Emissions liées à l'élevage : production animale, bâtiment, intrants (alimentation, antibiotique...)
Affectées également à l'élevage, les émissions liées à la production et au stockage des effluents d'élevage
- ⑦ Emissions liées à la récolte : transport jusqu'au silo, stockage, transformation de la production...

Figure 9 : Périmètre de calcul du bilan des GES des systèmes de culture défini dans la méthode ABC'Terre

2.5.2. Améliorations de la méthode de calcul

La méthode, initialement établie par le prototype en sortie du projet ABC'Terre (2013-2016), a connu de nombreuses améliorations.

Un couplage entre les calculs intermédiaires et résultats de l'outil Simeos-AMG et certains postes d'émissions a été construit de sorte à mieux représenter les interactions « carbone – azote » au cœur des processus d'émissions de GES et de stockage C. Par exemple, l'outil récupère les quantités de biomasse de résidus de cultures principales ou intermédiaires calculées par Simeos-AMG (permettant d'établir la quantité de C humifié par la restitution de ces résidus) pour calculer les émissions directes de N₂O induites par la restitution de ces résidus. Ce couplage est détaillé en 2.6.2.

Le poste d'émissions directes de CO₂ par décarbonatation lors des apports de chaux et d'urée a été intégré au bilan.

De nombreux facteurs d'émissions ont été ajoutés, permettant de paramétrer des itinéraires techniques variés et de s'adapter aux caractéristiques culturales de l'ensemble des territoires de France métropolitaine.

Un travail, en collaboration avec les pilotes du projet PROTERR, a été mené pour prendre en compte les émissions liées aux traitements, transport et épandage des PRO, dans la limite de ce qui incombe au système de culture.

La méthode permettant de calculer les émissions GES des systèmes de culture, développée dans le projet ABC'Terre-2A, est détaillée dans le guide en Annexe 5. La synthèse de cette méthode se trouve dans le Tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6 : Synthèse de la méthode de calcul des émissions de GES des systèmes de culture propre à ABC'Terre

Émissions directes de N ₂ O dues à la gestion par les sols des entrées d'azote (en kg N-N ₂ O/ha)		Facteurs d'émissions	N en N ₂ O (en kg N ₂ O/ha) <i>Rapport de poids molaire</i>	N ₂ O en CO ₂ (en kg eq CO ₂ /ha) <i>PRG</i>
Émissions générées par l'apport d'azote minéral (N min)	N min	x 1 %	x 44/28	x 298
Émissions générées par l'apport d'azote organique (N PRO)	N tot PRO = quantité de PRO épandu x % N PRO	x 1 %	x 44/28	x 298
Émissions générées par la restitution des résidus de culture (N RdC)	N tot RdC= ((Biomasse x Teneur en Corg x facteur de conversion des unités)) / (rapport C/N des RdC)	x 1 %	x 44/28	x 298
Émissions générées par la restitution des cultures intermédiaires ou dérobées (N CI)	N tot CI= ((Biomasse CI x Teneur en Corg x facteur de conversion des unités)) / (rapport C/N des CI)	x 1 %	x 44/28	x 298
Émissions directes de CO ₂ dues aux apports de chaux et d'urée (en kg eq CO ₂ /ha)		Émissions par kg de chaux ou d'urée apporté (en kg eq CO ₂ /kg)	C en CO ₂ (en kg eq CO ₂ /ha) <i>PRG</i>	
Émissions de CO ₂ générées par la chaux	Quantité de chaux épandue/ha	x 0.125	x 44/12	
Émissions de CO ₂ générées par l'urée	Quantité d'urée épandue/ha	x 0.20	x 44/12	

Emissions indirectes dues aux apports d'azote (en kg N- N ₂ O/ha)		Facteurs d'émissions	N en N ₂ O (en kg N ₂ O /ha) <i>Rapport de poids molaire</i>	N ₂ O en CO ₂ (en kg eq CO ₂ /ha) <i>PRG</i>
Emissions indirectes par lessivage	[N min + N tot PRO + N tot RdC + N tot CI] x <i>Fraction lixiviée (30 %)</i>	x 0.75 %	x 44/28	x 298
Emissions indirectes par volatilisation des apports d'azote minéral	N min x (<i>Fraction volatilisée NH₃</i> + <i>Fraction volatilisée NOx</i>)	x 1 %	x 44/28	x 298
Emissions indirectes par volatilisation des apports organiques	N tot PRO x ((<i>Fraction volatilisée x Teneur TAN</i>) + <i>Fraction volatilisée NOx</i>)	x 1 %	x 44/28	x 298
Emissions directes et indirectes de CO ₂ dues à l'usage des machines agricoles (en kg eq CO ₂ /ha)		Émissions par passage (en kg eq CO ₂ /ha)		
Émissions dues aux passages des machines et outils agricoles	Nombre de passages et type d'outils nécessaires pour	<i>Labour (si labour il y a)</i>		x kg CO ₂ eq/passage
		<i>Travail du sol ou désherbage</i>		
		<i>Semis</i>		
		<i>Traitements phytosanitaires</i>		
		<i>Apports d'engrais minéral</i>		
		<i>Apports de PRO (distance + traitement)</i>		
		<i>Récolte</i>		
		<i>Production de cultures intermédiaire ou dérochées</i>		
		<i>Pressage de la paille (si exportation de paille il y a)</i>		
<i>Irrigation (si irrigation il y a)</i>				
Emissions indirectes de CO ₂ en amont dues aux intrants (en kg eq CO ₂ /ha)		Émissions par kg d'intrants apporté (en kg eq CO ₂ /kg)		
Émissions dues aux semences des cultures (principales et intermédiaires)	Quantité de semences (en kg de semences/ha)	x kg eq CO ₂ / kg de semence		
Émissions dues aux amendements	Quantité de nutriment (P, K, CaCO ₃) apporté (en kg de nutriments /ha)	x kg eq CO ₂ / kg de nutriments apporté		
Émissions dues aux engrais minéraux	Quantité d'engrais azotés minéraux apportés (en kg d'engrais N min/ha)	x kg eq CO ₂ / kg d'engrais N min apporté		
Émissions dues au transport des engrais organiques	Quantité de PRO épandu (t) x distance (km) x2	x kg eq CO ₂ / tkm		
Émissions dues au traitement des engrais organiques (compostage, digestion anaérobie, déshydratation...)	Quantité de PRO épandu (t)	x kg eq CO ₂ / t		

Variation du stock de carbone (en kg C/ha)		C en CO ₂ (en kg eq CO ₂ /ha) PRG		
Variation du stock de C	$((\text{Stock à 30 ans} - \text{Stock initial}) / 30) \times \text{facteur de conversion des unités}$	x 44/12		
Emissions dues à l'azote déstocké lorsque la variation du stock de carbone est négative (en kg N- N ₂ O/ha)		Facteurs d'émissions	N en N ₂ O (en kg N ₂ O/ha) <i>Rapport de poids molaire</i>	N ₂ O en CO ₂ (en kg eq CO ₂ /ha) <i>PRG</i>
Emissions directes dues au déstockage de N	Variation du stock de C / rapport C/N du sol	x 1 %	x 44/28	x 298
Emissions indirectes par lessivage dues au déstockage de N	Variation du stock de C / rapport C/N du sol x Fraction lixiviée (30%)	x 0.75 %	x 44/28	x 298

Légende

Méthode de calcul Nmin développée dans ABC'Terre-2A
Fichier de collecte des données reconstituant les pratiques culturales
Tables de références (sources diverses)
GIEC (2006)
EMEP EEA (2013)
Procédés AGRIBALYSE® (1.3) ou ECOINVENT®
Sorties de Simeos-AMG
(ou variables transitoires en ce qui concerne la biomasse restituée)

2.5.3. Automatisation du calcul du bilan GES

Les calculs réalisés dans le cadre du projet ABC'Terre (2013-2016) se faisaient par l'intermédiaire de classeurs Excel®. Il n'était alors pas possible de simuler des scénarios alternatifs sur le bilan GES car cette dernière étape n'était pas automatisée. Les fichiers de calcul Excel® utilisés intégraient des macros qui alourdisaient le fichier, déjà très lourd avec l'ensemble des systèmes de culture par type de sol des territoires reconstitués qu'ils comprenaient (de l'ordre de 10 000 combinaisons différentes), limitant les capacités de calcul et de stockages de ces fichiers. Le choix a été fait de créer un outil informatique pour réaliser les calculs, afin de les optimiser et améliorer le chaînage entre les étapes.

Un premier cahier des charges informatique a été rédigé en 2018 pour automatiser le calcul du bilan GES amélioré, et plus largement automatiser une partie du couplage entre les étapes structurant ABC'Terre. Comme l'illustre la Figure 10 ci-dessous, l'outil ABC'Terre se structure autour du fichier de collecte des données d'entrées. Pour rappel, ce fichier est le résultat des trois premières étapes de la méthode et synthétise l'ensemble des données alimentant : (i) le calcul des variations de stocks (via Simeos-AMG), (ii) le calcul de la dose Nmin, et (iii) le calcul du bilan des GES. Une fois ce fichier de collecte (sous format Excel®) constitué, il est importé dans l'outil informatique ABC'Terre. Celui-ci intègre Simeos-AMG version « Grands Nombres »¹⁷, les équations permettant le calcul la dose Nmin (Tableau 5), les équations permettant le calcul du bilan de GES (Tableau 6) ainsi qu'une base de données de références (facteurs d'émissions et autres abaques permettant de renseigner les postes des équations à partir de ce qui est paramétré dans le fichier de collecte). Puis une fois les calculs effectués, l'outil exportent les résultats, sous formats csv.

¹⁷ Simeos-AMG « Grands Nombres » est une version du logiciel Simeos-AMG développée initialement par Agro-Transfert-RT pour les besoins du projet ABC'Terre (2013-2016) pour traiter des lots importants de scénarios de systèmes de culture à simuler. Le moteur de calculs de Simeos-AMG est alors alimenté par la lecture de fichiers .csv et génère en sortie des fichiers .csv.

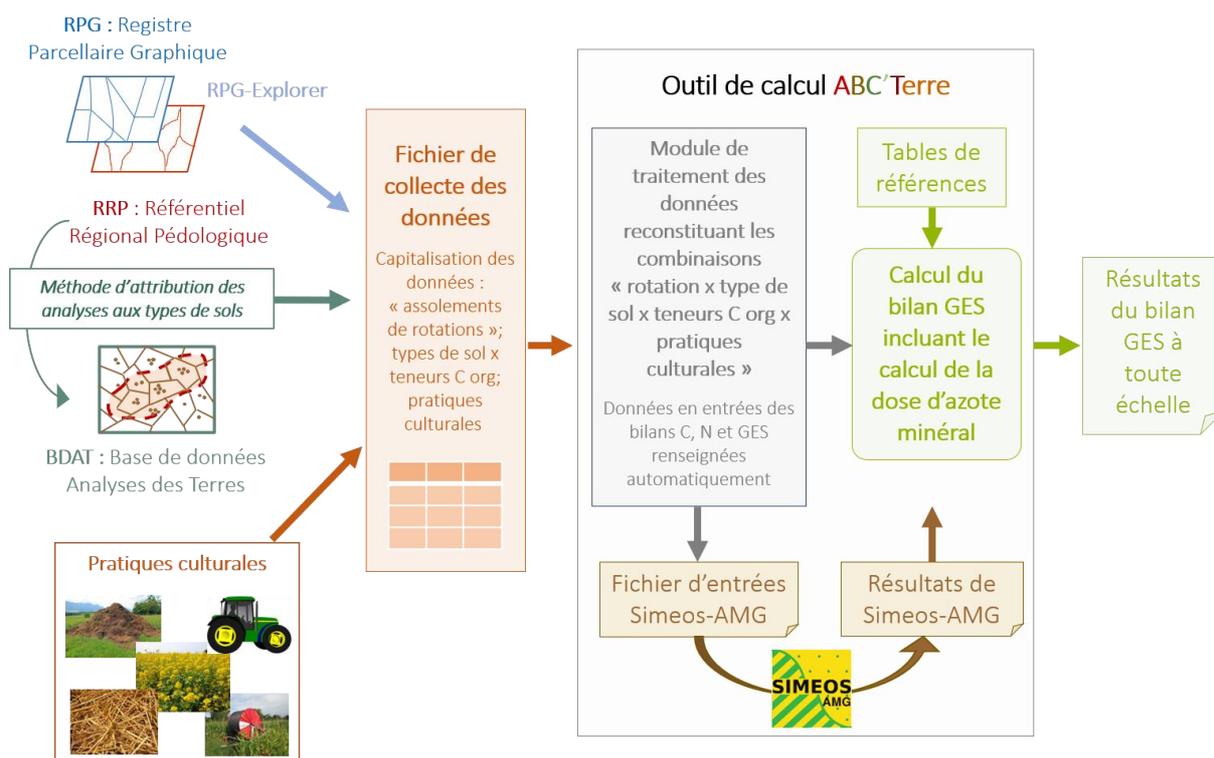


Figure 10 : Schéma illustrant le fonctionnement de l'outil ABC'Terre

Cette première phase d'automatisation s'est faite en trois temps. Le premier temps a permis l'importation et la lecture de l'ensemble des informations contenues dans le fichier de collecte (pour reconstituer chaque combinaison « rotation x pratiques culturales x types de sol x teneurs en Corg»). Le deuxième temps a été consacré au couplage avec l'outil Simeos-AMG (version grands nombres). Cet outil a été intégré à part entière dans l'outil ABC'Terre. Enfin, cette première phase d'automatisation s'est conclue par le codage des équations de chaque calcul composant la méthode de détermination de la dose Nmin et le bilan GES.

Suite au test de cette première automatisation de la méthode sur les territoires pilotes, un deuxième cahier des charges informatique a été rédigé en 2019. Il se base sur les retours d'expérience des référents ABC'Terre pour améliorer le fichier de reconstitution des données d'entrée et mieux prendre en compte certaines pratiques (implantation de cultures dérobées, apport de PRO sur couverts d'interculture, etc.).

Les éléments constituant les cahiers des charges sont repris et synthétisés dans le guide méthodologique en Annexe 5.

L'outil a été informatisé à partir des langages PHP (sous le framework symfony), Javascript, CSS et HTML. La base de données (ou tableau de références) est en PostgreSQL.

2.6. Couplage des étapes et agilité de la méthode

2.6.1. Le fichier de collecte au centre du chaînage

Le fichier de collecte des données, en capitalisant (i) les assolements de rotation aux types de sols et aux types d'exploitation en sorties de RPG Explorer (étape 1), (ii) les teneurs en Corg par combinaison d'UTS-UCS (étape 2) et (iii) les pratiques culturales pour chaque précédents-suivants reconstitués (étape 3), est au centre du couplage entre les étapes de la méthode ABC'Terre.

Un travail d'adaptation des sorties du dernier module de RPG Explorer (affectation des assolements de rotation par type de sol et par type d'exploitation) au formalisme précis du fichier de collecte des données (ordre et format de données attendus pour chaque information) a été mené en collaboration avec l'informaticien en charge du développement de RPG Explorer et la chargée de projet à AGT, facilitant pour les futurs utilisateurs le couplage entre la première étape de la méthode ABC'Terre et les suivantes.

L'ergonomie de ce fichier de collecte a été travaillé en fonction des retours des référents sur les territoires pilotes ainsi que les conseils et le recul du LDAR, pour le rendre plus attractif et plus simple d'utilisation en fournissant notamment des conseils de paramétrage. Un guide, sous forme de support de formation, a été construit pour aider les utilisateurs à le renseigner. Il sera fourni aux futurs détenteurs de la licence ABC'Terre (voir partie 4.2. de ce rapport).

2.6.2. Couplage carbone – azote – GES

L'originalité et la plus-value d'ABC'Terre, par rapport aux autres méthodes d'évaluation de bilan GES territoriales, résident dans le couplage étroit entre l'outil Simeos-AMG et le bilan de GES des systèmes de culture (intégrant la méthode de calcul de la dose Nmin qui bénéficie également du couplage avec Simeos-AMG). Ce couplage s'exprime de plusieurs façons.

Il se caractérise dans un premier temps par la recherche, la création et la déclinaison des références, permettant le calcul de la dose Nmin et des émissions GES, pour l'ensemble des cultures principales, intermédiaires et dérobées, ainsi que pour les PRO, paramétrés dans Simeos-AMG. Le Tableau 7 ci-dessous illustre ce travail de référencement :

Tableau 7 : Adaptation des références nécessaires au calcul de la dose Nmin et au bilan GES pour l'ensemble des cultures (principales, intermédiaires et dérobées) et les PRO paramétrés dans Simeos-AMG

	Références à décliner pour le calcul de la dose Nmin	Références à décliner pour les émissions indirectes en amont du bilan GES
Liste cultures (58)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Besoins N ✓ Coef. Temps de présence ✓ Minéralisation des RdC ✓ Rendements par défaut 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Facteur d'ém. / kg semence
Liste CI (51)/ CD (20)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Minéralisation des CI/CD 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Facteur d'ém. / kg semence
Liste de PRO (37)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ KeqN ✓ % N 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Facteur d'em volatilisation ✓ Facteur d'ém / T PRO traité

Certaines références, manquantes à Simeos-AMG, ont été ajoutées à la version intégrée dans ABC'Terre.

C'est le cas de certains mélanges de couverts d'interculture par exemple. La composition des mélanges de couverts impacte peu le stockage C (le simple « Mélange » paramétré dans Simeos-AMG suffit) alors qu'elle induit assez fortement la gestion de l'azote à l'échelle du SdC et donc pour les émissions de GES. La proportion de légumineuses dans le mélange impactera la dose Nmin à apporter sur la culture suivante et donc le bilan de GES global du SdC. L'intégration de différents types de mélanges a donc été nécessaire. En concertation avec les référents pilotes du projet et plusieurs experts sur le sujet, les mélanges graminées-légumineuses, graminées-crucifères, riche en légumineuses et multi-espèces ont été ajoutés dans la base de données de références d'ABC'Terre.

Aussi, à défaut de pouvoir simuler les variations de stocks de Corg sous prairies permanentes avec Simeos-AMG, une option de paramétrage a été ajoutée dans ABC'Terre permettant d'estimer, de manière forfaitaire, les variations de stocks des prairies permanentes du territoire. Ainsi, le bilan GES global des prairies permanentes peut être simulé avec ABC'Terre, incluant les émissions liées à l'itinéraire technique de la prairie ainsi que son potentiel de stockage.

Par ailleurs, certains résultats en sorties de Simeos-AMG sont automatiquement importés en entrées des calculs de la dose Nmin ou du bilan GES.

C'est le cas par exemple des stocks initiaux de Corg (calculés par Simeos-AMG) et des coefficients de minéralisation (intégrés dans le paramétrage de l'outil) qui permettent de calculer la minéralisation de l'humus, l'un des postes de calcul de la méthode de détermination de la dose Nmin.

Des modules de calculs ont également été développés et greffés dans la version de Simeos-AMG

intégrée dans ABC'Terre pour récupérer certains résultats de calculs « intermédiaires » (calculés par Simeos-AMG mais pas diffusés en sortie). C'est le cas par exemple du calcul de la biomasse des résidus de culture qui, couplée aux teneurs en C et aux C/N des cultures, permettent de calculer l'azote total restitués par ces résidus et donc les émissions par dénitrification induites par ces restitutions d'azote.

Enfin, une autre adaptation de Simeos-AMG aux besoins d'ABC'Terre a été réalisée. Il s'agit de la localisation des cultures intermédiaires, cultures dérobées ou des apports de PRO dans la rotation. L'information est nécessaire pour estimer la dose Nmin à apporter à la culture suivante ou pour déterminer à quelle culture principale affecter les émissions de GES des couverts implantés ou des PRO apportés. Or, cette information n'est pas fournie par Simeos-AMG puisqu'elle n'est pas nécessaire pour calculer le bilan humique à l'échelle du SdC (le stockage Corg permis par une CI ou un PRO est affecté à l'ensemble du SdC indépendamment de sa localisation dans la rotation). Cette adaptation localisant temporellement certaines pratiques dans la rotation permet notamment de décliner les résultats par culture composant la rotation et analyser finement les résultats.

2.6.3. Méthode ABC'Terre « simplifiée »

La deuxième phase d'automatisation de l'outil de calcul a également permis de constituer un outil de simulation du bilan GES intégrant le stockage de C à l'échelle d'un système de culture, à partir des deux derniers modules de calcul de la méthode ABC'Terre (Simeos-AMG + Bilan GES). Dans ce cas, le calcul de ce bilan est réalisé à partir de données sur le système de culture à simuler (rotation et pratiques culturales), le sol et le climat collectées directement auprès des agriculteurs ou de leur conseiller (donc sans faire appel aux bases de données RPG, RRP et BDAT, nécessaires à la méthode territoriale ABC'Terre, en 5 étapes) (figure 11). Un fichier de collecte simplifié a été créé pour faciliter la reconstitution et la saisie des données d'entrée utiles au calcul à cette échelle du système de culture.

Plusieurs combinaisons « systèmes de culture x types de sols x climat » peuvent être saisies dans ce fichier en entrée du calcul, et ainsi, simulées en série. Une série peut par exemple être constituée par différents systèmes de culture pratiqués par un des agriculteurs participant aux ateliers de concertation de la démarche ABC'Terre et par les modifications de pratiques de ces systèmes dont il souhaite tester les effets en termes de bilan GES et de variations de stocks de Corg.

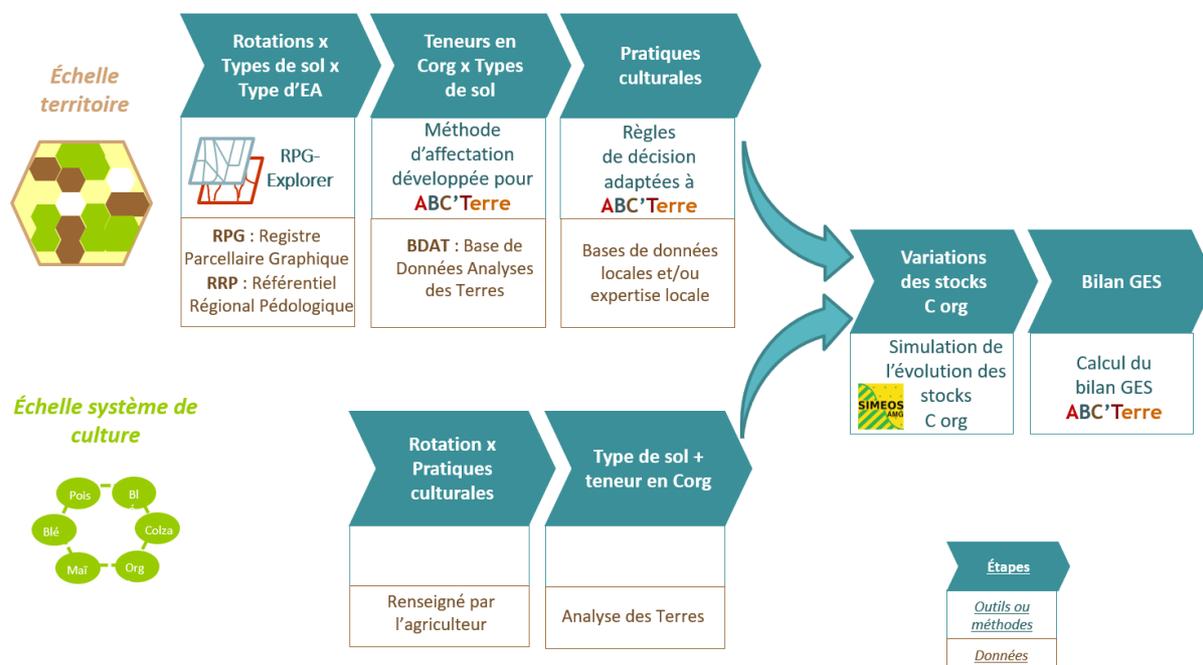


Figure 11 : Schéma illustrant les deux formes de collecte des données en entrée de l'outil de calcul ABC'Terre (couplant les calculs de Simeos-AMG à un bilan GES des SdC)

Cette « branche » du calcul, à l'échelle du système de culture (donc à l'échelle de la parcelle) est complémentaire du travail à l'échelle territoriale. Son automatisation répond au besoin manifesté par les référents ABC'Terre ayant testé la méthode sur les territoires pilotes du projet. Par ailleurs, elle

permet un certain découplage des étapes de la méthode ABC'Terre, lui conférant plus d'agilité pour s'adapter à une plus large gamme de besoins.

3. Résultats des déploiements tests sur les territoires pilotes

En plus de mettre en évidence le potentiel du territoire à stocker plus de carbone dans ses sols cultivés et à émettre moins de GES, la démarche ABC'Terre accorde beaucoup d'importance à l'intégration des acteurs agricoles locaux dans les discussions territoriales qui conduisent à la mise en place d'un programme d'actions concrètes et largement applicables pour le volet agricole du PCAET.

3.1. Déploiement-test de la démarche ABC'Terre

La méthode ABC'Terre correspond au chaînage des 5 étapes de collecte des données et de calculs (Figure 2). Sa mise en œuvre sur un territoire aboutit au diagnostic initial des variations de stocks de Corg des sols et des émissions de GES du territoire dues aux pratiques culturales actuelles.

La démarche ABC'Terre se distingue de la méthode ABC'Terre en cela qu'elle correspond plus globalement à la réalisation du diagnostic initial combinée à la mobilisation et à la participation des acteurs agricoles du territoire pour parvenir aux scénarios alternatifs de modifications de pratiques et *in fine* à un plan d'actions.

3.1.1. Les phases de la démarche participative ABC'Terre

La démarche ABC'Terre est structurée en 5 phases (Figure 12).

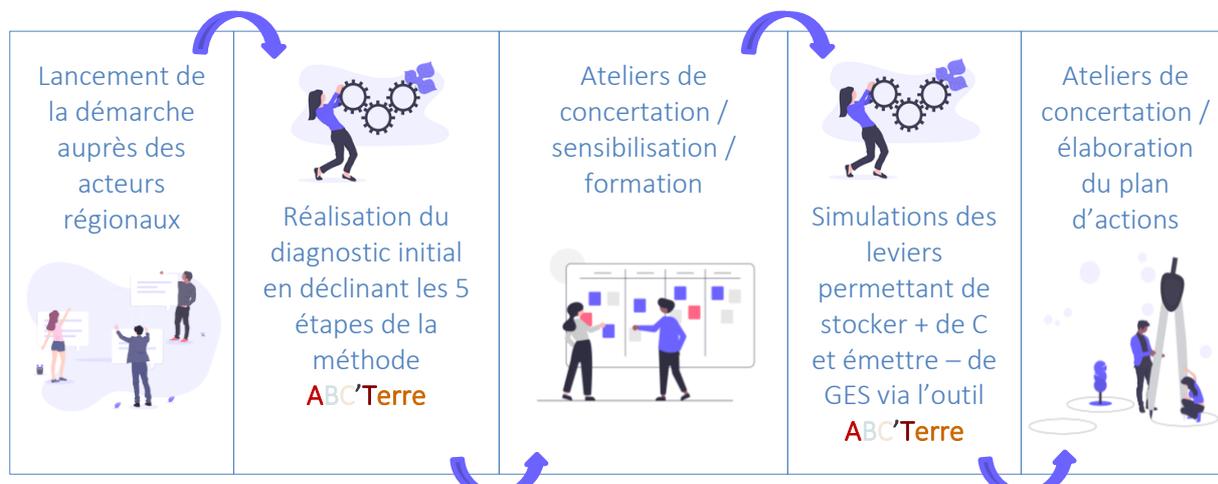


Figure 12 : Schéma illustrant les phases de la démarche participative ABC'Terre

La première consiste à lancer la démarche sur le territoire d'étude. Pour cela, plusieurs échanges sont organisés avec les acteurs locaux, à savoir, les représentants de la collectivité territoriale, les représentants du monde agricole et le référent ABC'Terre ciblé sur le territoire (ainsi qu'AGT). Cette première phase d'échanges est primordiale pour poser les fondations du déploiement de la démarche sur le territoire. Au cours de ces échanges, les besoins, enjeux et craintes de chacun sont partagés permettant de construire le fil conducteur de la démarche. La stratégie de mobilisation des acteurs agricole est également construite au cours de ces échanges. Selon les territoires, il n'y aura pas le même nombre d'échanges ou le même nombre d'acteurs autour de la table, les acteurs pourront être rencontrés séparément dans un premier temps puis tous ensemble dans un second temps. Cette première phase peut être réalisée en parallèle de la suivante.

La deuxième phase consiste à mettre en œuvre la méthode ABC'Terre en 5 étapes pour aboutir à un diagnostic initial des variations de stocks de Corg et des émissions GES des systèmes de culture du territoire à l'instant T.

La troisième phase consiste à organiser et animer les ateliers de concertation visant à mettre en évidence, avec les acteurs agricoles locaux, les leviers d'action qui pourraient être mis en place pour stocker plus de Corg dans les sols et émettre moins de GES, à partir des résultats du diagnostic initial, des enjeux du territoire et des projets des acteurs mobilisés. Pour cela, plusieurs ateliers sont organisés. Selon les acteurs mobilisés, leur sensibilité, leurs connaissances, leurs souhaits, plusieurs formations ou interventions d'experts peuvent être organisées avant les ateliers de concertation.

La quatrième phase permet de simuler avec l'outil de calcul ABC'Terre les modifications de pratiques proposées à l'issue de ateliers de concertation.

Enfin, la **cinquième phase** consiste à organiser et animer de nouveau des ateliers de concertation visant à discuter des résultats des simulations des leviers. Leur comparaison au diagnostic initial, en matière de stockage de Corg et d'émissions de GES, et les échanges sur leur possibilité ou moyens nécessaires à leur mise en œuvre, permettent de construire un plan d'actions à intégrer dans le PCAET du territoire.

3.1.2. Le déroulement temporel des déploiements-tests

Le planning initial de déploiement de la démarche sur les territoires pilotes est illustré en Figure 13.

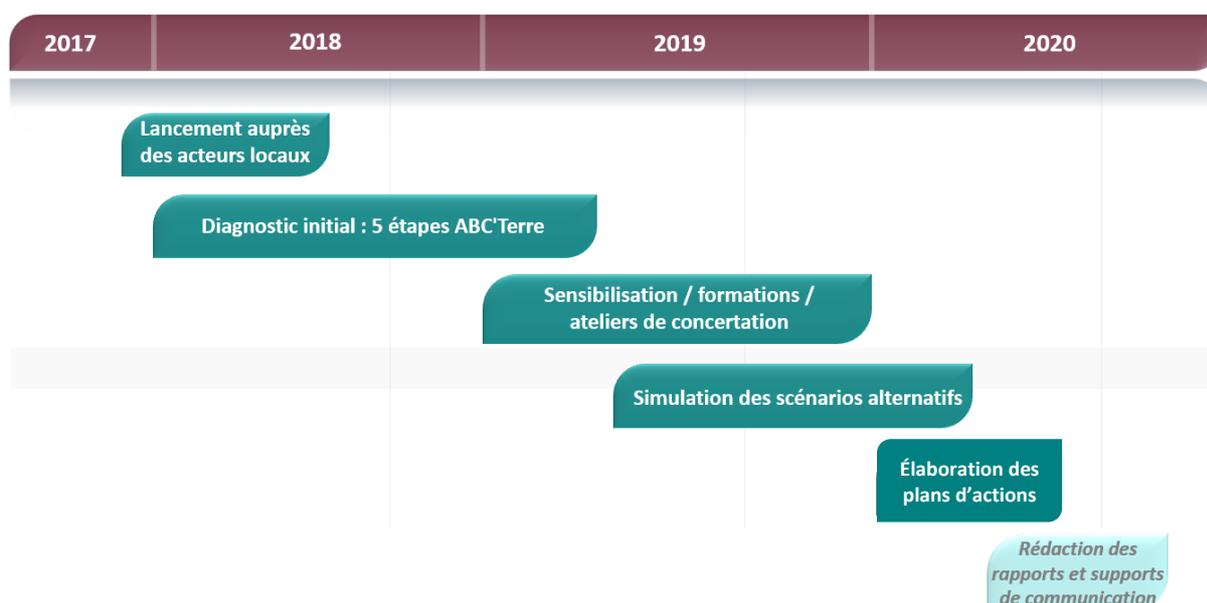


Figure 13 : Planning initial de déploiement de la démarche ABC'Terre sur les territoires pilotes

Même si ce planning a été adapté selon les territoires pilotes, toutes les phases ont pu être réalisées sur ces derniers. Le lancement de la démarche auprès des acteurs locaux a pris plus ou moins de temps selon les territoires (présence de collectifs d'agriculteurs ou non, enjeux pour la collectivité et les agriculteurs, prise de conscience environnementale plus ou moins importante, etc.). De même, la mise en œuvre de la méthode en 5 étapes pour aboutir au diagnostic initial comme les simulations de scénarios alternatifs ont pris du temps aux référents ABC'Terre dans le cadre de ce projet ABC'Terre-2A car les améliorations et l'automatisation des étapes de la méthode avaient lieu en parallèle (nécessitant de nombreuses mises à jour des résultats). De la même manière, l'animation des ateliers de concertation propre à ABC'Terre a été construite et testée dans le cadre de ce projet ABC'Terre-2A, expliquant la durée nécessaire à ces phases pour être déployées correctement (en plus du calendrier agricole qui restreint les périodes propices à la mobilisation).

3.1.3. Les territoires pilotes de la démarche dans le cadre du projet

Comme l'illustre la Figure 14, les 4 territoires pilotes ont des caractéristiques culturelles, pédologiques ou climatiques très diversifiées permettant de tester la méthode ABC'Terre dans des contextes variés. Les deux territoires des Hauts-de-France se caractérisent par la production de cultures industrielles (type betteraves, pommes de terre) et un potentiel de production important. Leurs sols sont

majoritairement limoneux et profonds, avec certaines zones de craies dans le territoire de l'Aisne. La présence d'élevages et de polycultures-élevages est importante dans le Ternois. Le territoire alsacien du Rhin-Vignoble-Grand Ballon est caractérisé par la dominance de maïs, majoritairement irrigué. Le Thouarsais se caractérise par des sols très hétérogènes et un potentiel de production limité par des épisodes de sécheresse récurrents. Les territoires du Saint-Quentinois-Vermandois et du Rhin-Vignoble-Grand Ballon sont plus urbanisés que ceux du Ternois et du Thouarsais.

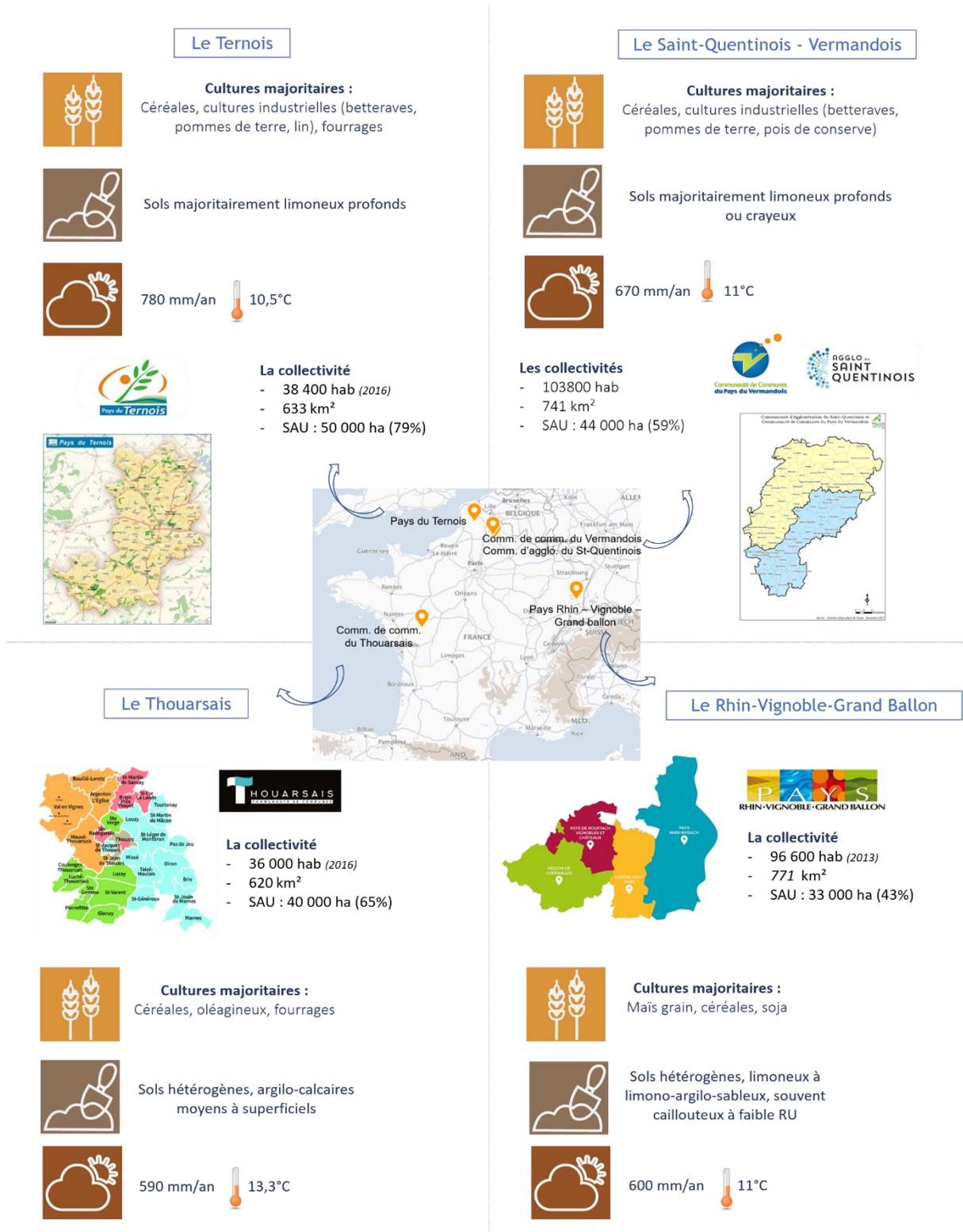


Figure 14 : Caractérisation des territoires pilotes du projet

3.2 Mise en œuvre de la démarche et interprétation des résultats sur les territoires pilotes

Le détail des déploiements de la démarche ainsi que les résultats sur les quatre territoires pilotes du projet sont décrits dans chacun des rapports rédigés par les référents ABC'Terre de ces territoires en annexes 6, 7, 8 et 9.

Ci-après, une synthèse transversale retrace les phases majeures de déploiement et d'analyse des résultats, illustrée par les sorties diffusées sur les quatre territoires pilotes. L'appropriation de la démarche par les acteurs locaux étant décrite en 3.3., l'accent dans cette synthèse transversale sera mis sur la réalisation des diagnostics initiaux, la diversité des scénarios proposés suite aux ateliers de concertation, sur l'interprétation faite des scénarios alternatifs ainsi que sur les enseignements tirés de ces résultats pour l'élaboration entre autres d'un plan d'actions.

3.2.1. Diagnostic initial

La mise en œuvre des 5 étapes de la méthode ABC'Terre aboutit à la quantification des variations de stocks de Corg à long terme (induites par les pratiques culturales) et des émissions de GES des SdC du territoire. Cette quantification réalisée à l'aide de la méthode ABC'Terre a la particularité de pouvoir être spatialisée. Les principales sorties de ce diagnostic initial sont donc sous forme cartographique, très appréciées des agriculteurs comme des représentants des collectivités territoriales, pour leur aspect visuel et concret, facilitant l'interprétation.

3.2.1.1. Les variations de stocks de Corg des sols cultivés

La première phase du diagnostic initial consiste à analyser les variations de stocks de Corg à long terme de la couche superficielle des sols. Pour cela, une projection à 30 ans, de l'impact des pratiques culturales actuelles, est réalisée, puis annualisée, pour obtenir des résultats en kg C org/ha/an (plus simples à interpréter). Ces variations ont été calculées sur les 30 premiers cm du sol par souci de cohérence avec les travaux nationaux et internationaux qui ont adopté cette profondeur (Pellerin et al., 2019). Par ailleurs, ces variations sont pondérées dans chaque UCS par la surface représentée par chaque SdC reconstitué.

Par exemple, la cartographie des variations de stocks de Corg sur le territoire du Thouarsais est illustrée en Figure 15. Cette cartographie illustre la grande hétérogénéité des variations selon les UCS du territoire. L'objectif de ce diagnostic initial sera alors d'identifier quelles sont les sources de ces variations (types de sols, systèmes de culture, historique cultural...) et de déterminer les zones à potentiel de stockage (entrées de C non optimisées face à des pertes de C faibles à moyennes) ou celle où l'enjeu sera plus de stabiliser les stocks de Corg (en essayant de maintenir ou augmenter les niveaux

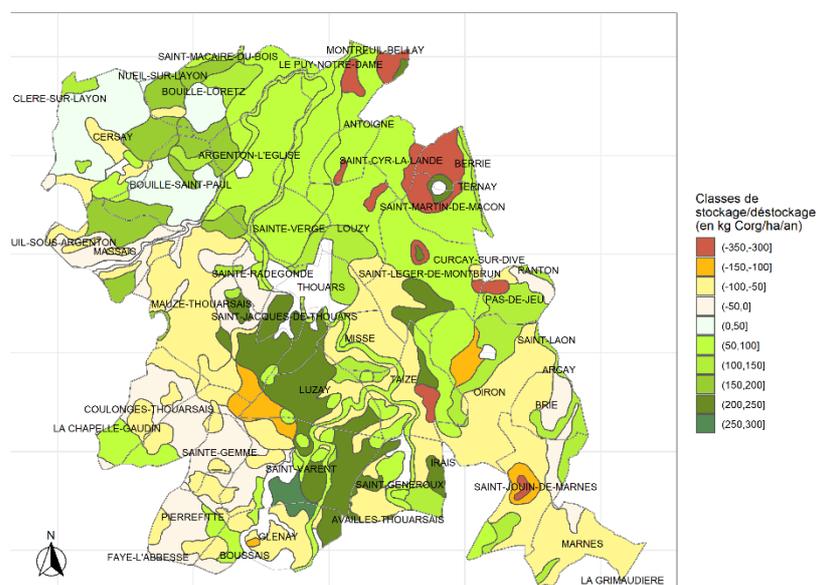


Figure 15 : Diagnostic initial des variations des stocks de Corg des sols (0-30cm) à 30 ans (kg Corg/ha/an), sur le territoire du Thouarsais

d'entrées de C pour compenser *a minima* les pertes de C). Sur ce territoire, les variations sont en moyenne légèrement positive (660 T Corg/an sur l'ensemble du territoire soit 20 kg Corg/ha/an) avec une variabilité assez élevée : 52 % des surfaces du territoire sont stockantes (> + 20 kg Corg/an/an), 5 % des surfaces sont stables ([-20 kg Corg/an/an ; + 20 kg Corg/an/an]) et 42 % des surfaces déstockent du Corg (< - 20 kg Corg/an/an).

La cartographie des variations de stocks est souvent comparée à celle des stocks initiaux de Corg, pour le lien étroit entre ces deux variables. Sur ce même territoire du Thouarsais, les stocks initiaux sont en moyenne de 53,4 T Corg/ha avec une forte hétérogénéité illustrée sur la cartographie en Figure 16.

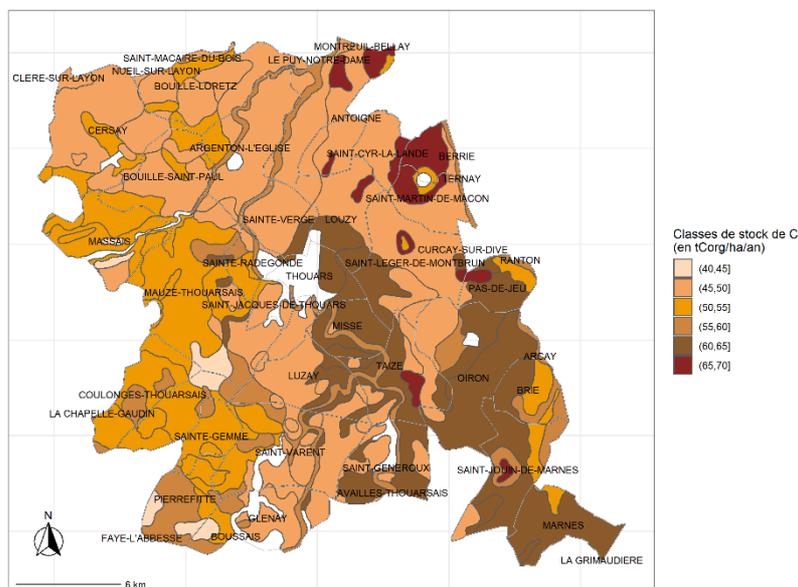


Figure 16 : Stocks initiaux de Corg des sols cultivés du Thouarsais (0-30 cm) en T Corg/ha

Certaines zones à l'est du territoire atteignent des valeurs dépassant les 60 T Corg/ha alors que d'autres à l'ouest sont inférieures à 45 T Corg/ha. Ceci s'explique notamment par les types de sols, plutôt argilo-calcaire à l'est (favorable à la préservation de la matière organique), et plus hétérogènes et limoneux à l'ouest. Par ailleurs, la forte présence de prairies permanentes au sud-ouest du territoire est associée aussi, dans la réalité, à des stocks de C organiques élevés. Cependant, la méthode ne permettant pas de calculer les stocks initiaux sous prairies permanentes, ces stocks élevés ne sont pas représentés sur cette carte des stocks initiaux.

Ces cartes peuvent également être comparées à d'autres cartes illustrant les teneurs en argile, les teneurs en calcaire, la RU du sol ou encore le pH du sol par exemple, dans un but pédagogique, pour explorer l'impact de ces paramètres pédologiques sur les variations de stocks de Corg notamment.

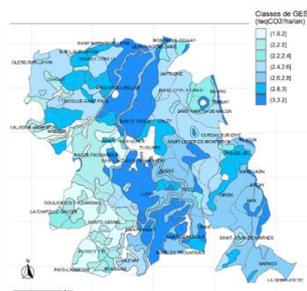
Pour mettre en évidence l'impact des systèmes de culture sur les variations de stocks, il est également possible de mettre en parallèle des variations de stocks Corg avec certains indicateurs en sortie de l'outil ABC'Terre tel que les fréquences d'apport de PRO, d'implantation de couverts d'interculture ou de restitution de paille (calculées pour chaque SdC reconstitués sur le territoire).

3.2.1.2. Les émissions GES des SdC du territoire

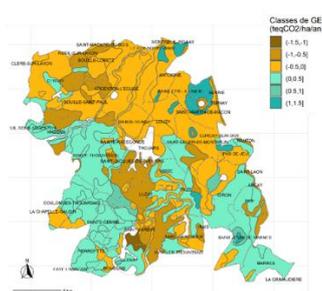
Les **émissions brutes de GES** calculées via la méthode ABC'Terre correspondent à toutes les émissions de GES liées à la production végétale hormis celles liées au stockage ou déstockage de Corg. En y retranchant les émissions compensées par le stockage de carbone qui sont donc négatives (ou générées par le déstockage de carbone, alors positives), on obtient les **émissions de GES nettes** du territoire.

La série de cartographie ci-dessous (Figure 17) illustre cette distinction entre émissions brutes et émissions nettes.

Émissions GES **brutes** des systèmes de culture du Thouarsais (en t CO₂ eq/ha/an)



Émissions GES **compensées par le stockage de C ou induites par le déstockage de C** (en t CO₂ eq/ha/an)



Émissions GES **nettes** des systèmes de culture du Thouarsais (en t CO₂ eq/ha/an)

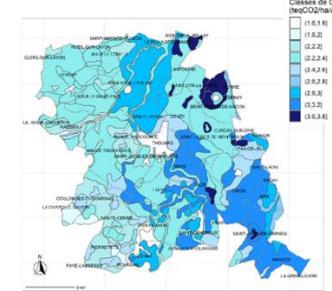


Figure 17 : Cartographies des émissions GES brutes, compensées/induites par le stockage/déstockage Corg et nettes sur le territoire du Thouarsais

Pour analyser plus finement l'origine des émissions de GES, les sorties de l'outil de calcul ABC'Terre déclinent l'ensemble des émissions par poste d'émissions. Ainsi, il est possible de mettre en évidence les étapes de l'itinéraire technique qui impactent le plus les émissions associées aux SdC du territoire. Par exemple, les graphiques réalisés sur le territoire du Saint-Quentinois – Vermandois illustrent dans un premier temps les grandes catégories d'émissions (Figure 18), puis dans un second temps, ils permettent de détailler chacune d'elles pour faire émerger les sources précises d'émissions de GES (Figure 19). Sur cet exemple, les émissions sont principalement liées aux pratiques de fertilisation minérale. 34 % des émissions sont dues à la dénitrification directe suite aux apports d'azote totaux, dont 67 % sont liées aux apports d'azote minéral. 43,3 % des émissions sont les émissions en amont dues aux intrants, dont 82 % sont liées à l'azote minéral. Ces graphiques permettent en outre de montrer que, sur ce territoire, environ 11% des émissions de GES des SdC sont compensées par le stockage de Corg.

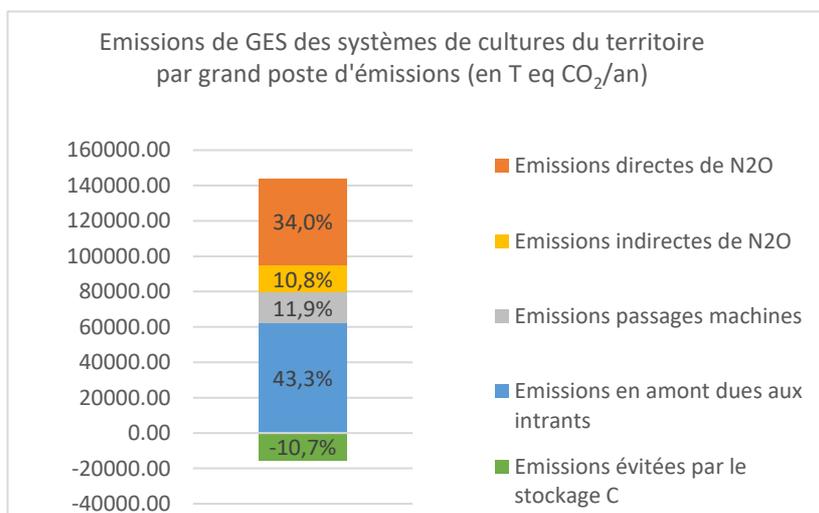


Figure 18 : Répartition des émissions de GES des SdC du Saint-Quentinois - Vermandois par grand poste d'émissions

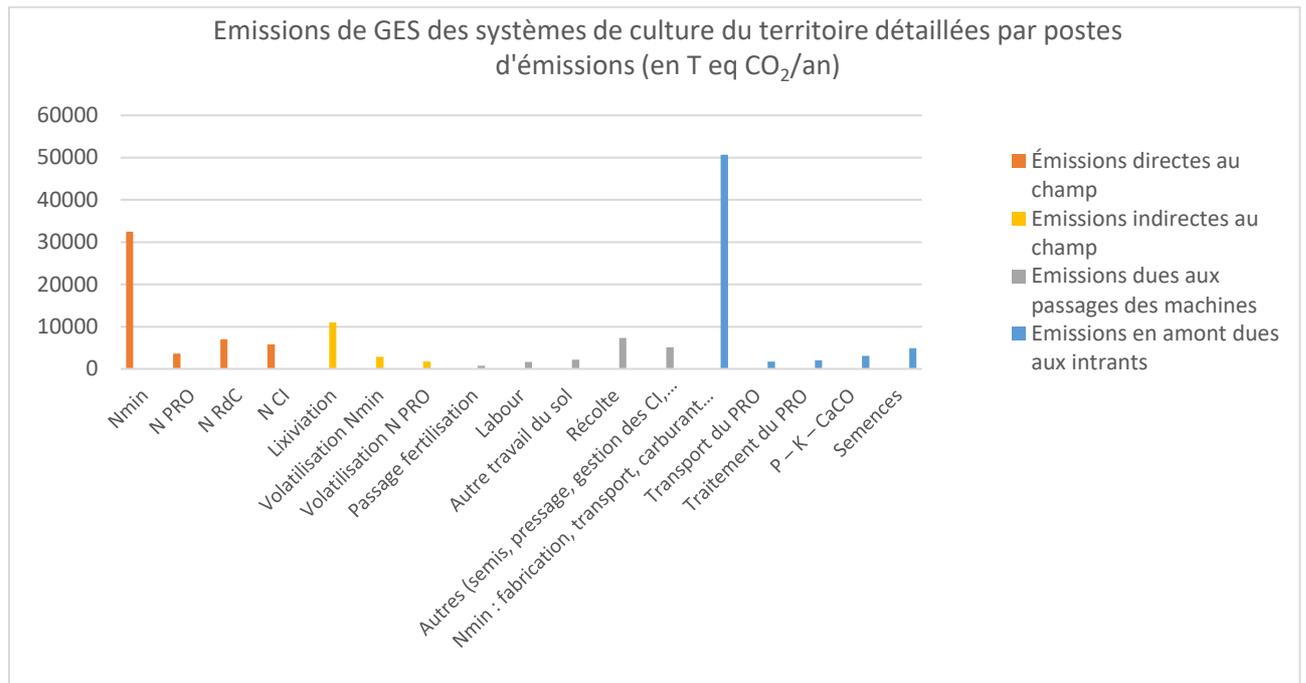


Figure 19 : Répartition des émissions de GES des SdC du Saint-Quentinois - Vermandois détaillées par poste d'émissions

Il est également possible à l'aide d'analyses statistiques, de catégoriser les SdC du territoire en fonction de leurs profils d'émissions. C'est ce qui a été réalisé sur le territoire du Rhin-Vignoble-Grand Ballon où 4 groupes de SdC distincts ont pu être identifiés (Figure 20). Ainsi, un premier groupe « Fourrage », rassemblant 115 SdC (3 % de la SAU du territoire) et dominés par les cultures fourragères, est caractérisé par des émissions brutes et nettes relativement faibles par rapport aux autres groupes et par un stockage de Corg important. Un deuxième groupe, nommé « Légumes », rassemblant 57 SdC (1 % de la SAU) et dominés par les légumes, se caractérise par la stabilisation ou le déstockage de Corg. Le troisième groupe, « Céréales », avec 184 SdC (4 % de la SAU), est caractérisé par une proportion importante de céréales d'hiver et de fortes émissions en amont dues aux intrants (liées notamment aux intrants minéraux). Enfin, le quatrième et plus grand groupe (297 SdC, 92 % de la SAU), « Maïs », regroupe des SdC comprenant une forte proportion de maïs irrigué et est caractérisé par d'importantes émissions brutes fortement atténuées par le stockage de Corg.

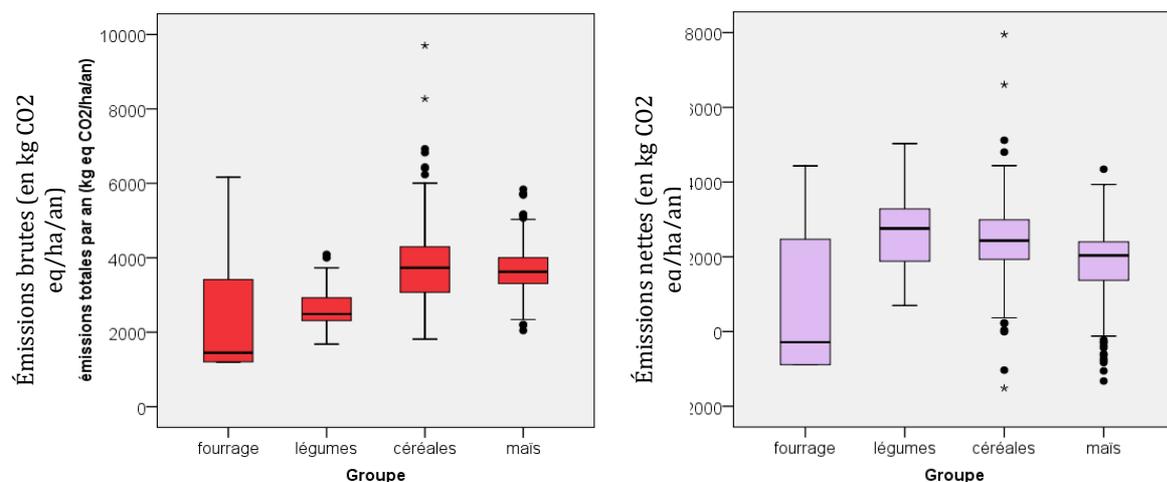


Figure 20 : Groupes de SdC isolés par clustering hiérarchique (avec le logiciel R) en fonction des émissions brutes à gauche et des émissions nettes à droite. Les boîtes à moustaches montrent la médiane (trait épais dans la boîte), le 1er et le 3ème quantile (limites de la boîte), les valeurs inférieures et supérieures (les traits moustaches) et les valeurs aberrantes (les points).

Le détail de l'interprétation de ce diagnostic initial, les variations de stocks de Corg d'une part et les émissions de GES des SdC d'autre part, ont fait l'objet de planches ou posters déclinés par grandes zones du territoire (cas sur les territoires du Saint-Quentinois-Vermandois, cf Annexe 7, et du Thouarsais, cf Annexe 9).

3.2.2. Scénarios proposés à l'issue des ateliers de concertation

Une grande diversité de scénarios a pu être testée sur les territoires pilotes via l'outil de calcul ABC'Terre. Le tableau suivant récapitule les types de scénarios de modifications de pratiques testés par les territoires :

Tableau 8 : Synthèse des types de scénarios de modifications de pratiques culturelles testés sur les territoires pilotes. x signifie qu'un scénario de ce type a été testé et retenu dans le plan d'actions, (x) signifie que le scénario a été testé mais n'a pas été retenu dans le plan d'actions (ou tout simplement abordé lors des échanges), xx signifie que ce type de scénario a été particulièrement approfondi sur le territoire

Degré de changement		St-Quentinois Vermandois	Ternois	Thouarsais	Alsace
Efficience	Optimisation des couverts d'interculture	xx	x	x	x
	Optimisation de la dose d'azote minéral	(x)	x	(x)	
Substitution	Gestion des pailles	x	x	x	
	Gestion des apports de PRO	(x)	(x)	(x)	
	Méthanisation	x	(x)	x	
Reconception	Semis direct / travail du sol			x	x
	Changement d'assolement			x	xx
	Cumulatifs	x	x	xx	

Les scénarios appelés cumulatifs correspondent à la simulation de plusieurs modifications de pratiques en parallèle, jugées possibles et plus ambitieuses par les acteurs mobilisés. Sur le territoire du Ternois, ces scénarios ont été demandés par les agriculteurs (cumul de l'optimisation des couverts d'interculture et de la réduction de la dose d'azote minéral), sur le territoire du Saint-Quentinois-Vermandois, le scénario a été proposé par la référente (cumul de l'export de paille et de l'optimisation des couverts d'interculture) et sur le territoire du Thouarsais, les scénarios ont été demandés par les représentants de la collectivité (l'un des scénarios cumulatifs associait par exemple, l'optimisation des couverts d'interculture, l'augmentation de la restitution des pailles, l'introduction d'unités de méthanisation et la généralisation du semis direct sur le territoire).

Les familles de scénarios de modifications testés peuvent être classées selon la grille d'analyse « ESR » (pour Efficience, Substitution et Reconception) évaluant le degré de changement des leviers proposés (Hill and MacRae, 1996). On observe ainsi que certains territoires ont davantage testé des scénarios améliorant l'efficience des systèmes et proposant parfois certaines substitutions (c'est le cas des territoires du Saint-Quentinois-Vermandois et du Ternois), alors que d'autres se sont plus positionnés sur des scénarios avec un plus grand degré de changement, à savoir axés sur de la reconception de systèmes (c'est le cas du Rhin-Vignoble-Grand Ballon). D'autres encore ont testé un large panel de scénarios avec des degrés variés de changement (c'est le cas du Thouarsais). Un article scientifique est en cours de rédaction par UniLaSalle et AGT et vise à analyser l'adaptation du déploiement de la démarche ABC'Terre en fonction des spécificités des quatre territoires d'étude du projet. Cette analyse y sera approfondie.

Les scénarios autour de l'optimisation des couverts d'interculture (production de plus de biomasse permise par des dates de semis plus précoces, des dates de récolte plus tardives, des mélanges plus adaptés aux besoins des systèmes ou des sols, etc.) ont été testés sur l'ensemble des territoires pilotes et ressortent comme les plus simples à mettre en œuvre pour une efficacité en matière de stockage Corg et de réduction des émissions GES très intéressante. Un article scientifique en cours de rédaction

par UniLaSalle et AGT, traite spécifiquement de l'impact de ce scénario sur les variations de stocks Corg et les émissions GES des différents territoires pilotes l'ayant testé à l'échelle du territoire. Le résumé de cet article se trouve en Annexe 10.

Le territoire du Rhin-Vignoble-Grand Ballon se distingue des autres territoires par des scénarios de modifications de pratiques non pas simulées à l'échelle du territoire, mais à l'échelle du SdC, à partir de 3 SdC fortement émissifs sur le territoire, identifiés à partir du diagnostic initial et choisis par les agriculteurs mobilisés. Pour plus de détails sur ces scénarios, se référer à l'Annexe 8.

3.2.3. Interprétation des scénarios alternatifs

Quatre indicateurs majeurs ressortent pour évaluer les scénarios de modifications de pratiques culturales : (i) le **stockage ou déstockage additionnel**, correspondant à la différence entre les variations de stocks Corg du scénario alternatif par rapport au diagnostic initial ; (ii) les **émissions brutes additionnelles ou réduites** correspondant à la différence entre les émissions brutes du scénario alternatif et du diagnostic initial ; (iii) les **émissions compensées additionnelles** (ou induites additionnelles), correspondant à la différence entre les émissions compensées (ou induites) entre le scénario alternatif et le diagnostic initial ; et (iv) les **émissions nettes additionnelles ou réduites**, correspondant de la même manière à la différence entre les émissions nettes du scénario alternatif et du diagnostic initial.

Il est alors possible de comparer simplement ces indicateurs entre différents scénarios alternatifs testés, comme l'illustre les Tableau 9, Tableau 10, Tableau 11 et Tableau 12 sur le territoire du Ternois.

Tableau 9 : Stockage ou déstockage additionnel calculé pour quelques scénarios alternatifs testés sur le territoire du Ternois. CI : Culture Intermédiaire ; RdC : Résidus de culture ; Nmin : Azote minéral

Stockage additionnel de Corg		
	À l'échelle du territoire (en T C org/an)	Ramené à l'hectare (en kg C org/ha/an)
<i>Scénario optimisation des CI+ mélanges riches en légumineuses</i>	+ 1 862	+ 39
<i>Scénario augmentation de la restitution des RdC de 50 % chez les céréaliers</i>	+ 326	+ 7
<i>Scénario réduction de la dose N min</i>	NS	NS
<i>Scénario cumulatif optimisation CI + réduction Nmin</i>	+ 1 791	+ 37

Tableau 10 : Emissions de GES compensées (ou induites) par le stockage (ou déstockage) de Corg, calculées pour quelques scénarios alternatifs testés sur le territoire du Ternois.

Emissions de GES compensées par le stockage Corg ou induites par le déstockage Corg		
	À l'échelle du territoire (en T CO ₂ eq/an)	Ramené à l'hectare (en kg CO ₂ eq/ha/an)
<i>Scénario optimisation des CI+ mélanges riches en légumineuses</i>	- 7 515	- 157
<i>Scénario augmentation de la restitution des RdC de 50 % chez les céréaliers</i>	- 1 287	- 27
<i>Scénario réduction de la dose N min</i>	NS	NS
<i>Scénario cumulatif optimisation CI + réduction Nmin</i>	- 7 223	- 151

Tableau 11 : Emissions de GES brutes additionnelles ou réduites par rapport au diagnostic initial calculées pour quelques scénarios alternatifs testés sur le territoire du Ternois.

Emissions de GES brutes		
	À l'échelle du territoire (en T CO ₂ eq/an)	Ramené à l'hectare (en kg CO ₂ eq/ha/an)
<i>Scénario optimisation des CI+ mélanges riches en légumineuses</i>	+ 4 560	+ 95

<i>Scénario augmentation de la restitution des RdC de 50 % chez les céréaliers</i>	+ 1 465	+ 30
<i>Scénario réduction de la dose N min</i>	- 9 384	- 196
<i>Scénario cumulatif optimisation CI + réduction Nmin</i>	- 3 881	- 80

Tableau 12 : Emissions de GES nettes additionnelles ou réduites par rapport au diagnostic initial calculées pour quelques scénarios alternatifs testés sur le territoire du Ternois.

Emissions de GES nettes		
	À l'échelle du territoire (en T CO ₂ eq/an)	Ramené à l'hectare (en kg CO ₂ eq/ha/an)
<i>Scénario optimisation des CI+ mélanges riches en légumineuses</i>	- 2 955	- 62
<i>Scénario augmentation de la restitution des RdC de 50 % chez les céréaliers</i>	+ 178	+ 37
<i>Scénario réduction de la dose N min</i>	- 9 458	- 197
<i>Scénario cumulatif optimisation CI + réduction Nmin</i>	- 11 103	- 231

Il est également possible d'illustrer la comparaison des scénarios en mettant en avant les cartographies du territoire. Comme l'illustre la Figure 21 comparant les impacts sur le stockage carbone et les émissions de GES des trois des scénarios alternatifs phares sur le territoire du Ternois : (i) l'optimisation des couverts d'interculture, ayant surtout un impact sur le stockage C ; (ii) la réduction de la fertilisation minérale, ayant surtout un impact sur la réduction des émissions GES ; et (iii) le scénario cumulant les 2 précédents pour avoir un double impact positif stockage C et réduction des émissions GES.

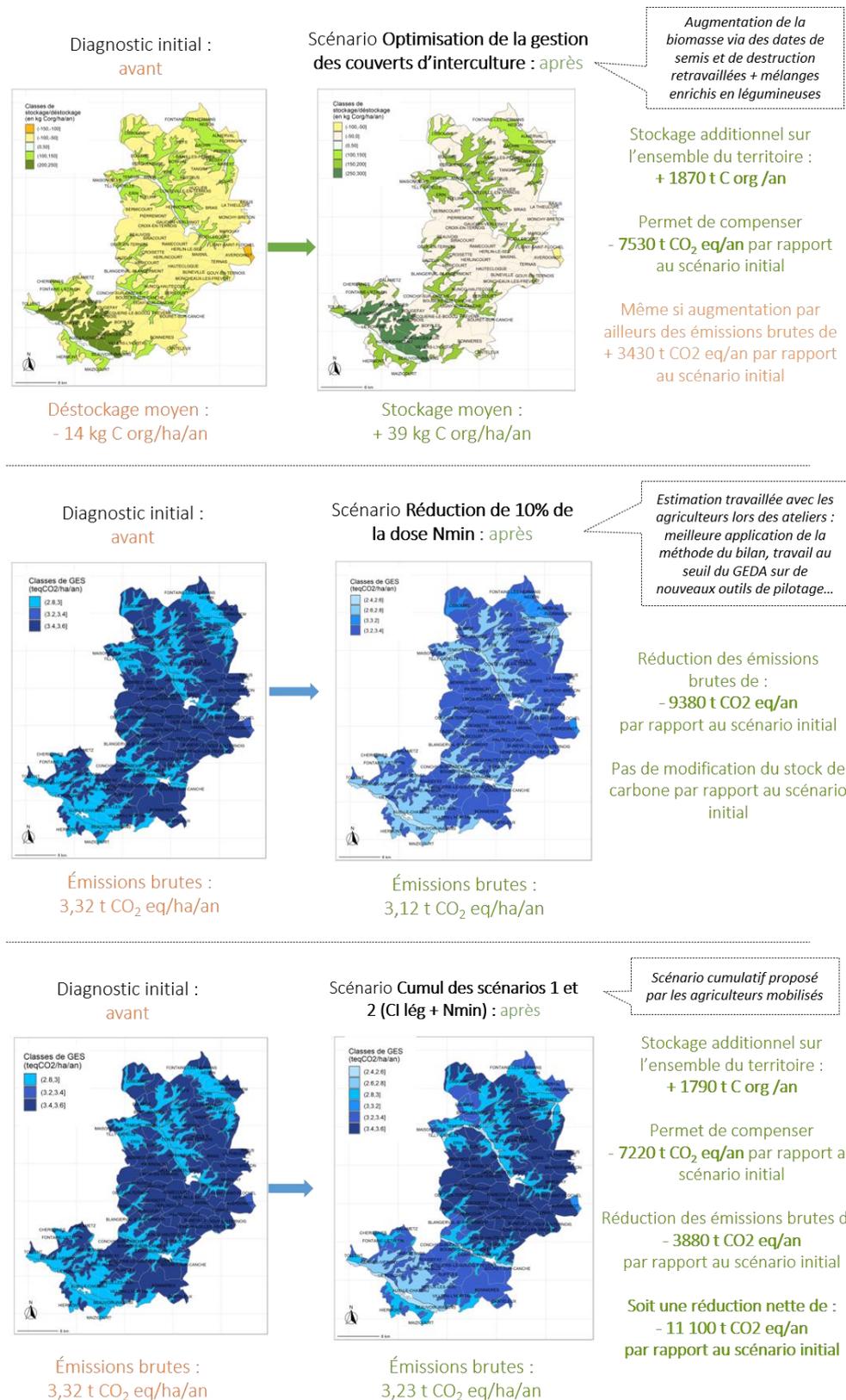


Figure 21 : Comparaison des scénarios alternatifs à partir des cartes et indicateurs additionnels sur le Ternois



Les résultats de la comparaison des scénarios entre eux peut-être également illustrés sous forme de graphique comme ça a été le cas sur le territoire du Saint-Quentinois-Vermandois (Figure 22) :



Figure 22 : Graphique comparant les scénarios alternatifs testés sur le territoire du Saint-Quentinois-Vermandois en matière d'émissions de GES nettes par rapport au diagnostic initial

3.2.4. Enseignements tirés de ces résultats

Ces résultats ont permis avant toute chose de sensibiliser les acteurs du territoire. Les agriculteurs ont pu prendre conscience, à travers des échanges lors des ateliers de concertation de l'impact de leurs pratiques sur le stockage de Corg et sur le bilan GES des SdC de leur territoire. La co-construction des scénarios et les résultats des modifications de pratiques les ont inspirés et ont soulevé de réels souhaits de les appliquer à l'échelle de leur exploitation. Les représentants des collectivités ont pu prendre conscience de la complexité inerrante au stockage Corg et à la réduction des émissions de GES et de la forte hétérogénéité qui caractérise un territoire en termes de sol, de systèmes de production et de potentiel à stocker plus de Corg ou à émettre moins de GES.

L'ensemble de ces acteurs a pu échanger sur les contraintes et difficultés des agriculteurs, sur les enjeux que représentait l'agriculture sur les territoires et sur les possibilités de mise en œuvre des modifications de pratiques simulées au cours de la démarche pour stocker plus de Corg et émettre moins de GES.

La plupart des PCAET sur les territoires pilotes ont été rédigés au cours des déploiements-tests. Les fiches action intégrées dans les plans climat ont donc été centrées sur le déploiement de la démarche ABC'Terre sur le territoire, dans le cadre de l'expérimentation ABC'Terre-2A, permettant une meilleure connaissance des variations de stocks de Corg des sols et des émissions GES des SdC du territoire, ainsi que les leviers d'actions qui permettaient de stocker plus de Corg et d'émettre moins de GES.

Des difficultés à rédiger un plan d'actions à intégrer dans un PCAET ont été mises en évidence dans le cadre des déploiements-tests. Quelques conseils ont pu être recensés pour mieux y parvenir à l'avenir :

- s'inspirer du précédent PCAET (probable que les futurs déploiements seront intégrés dans les deuxièmes PCAET des collectivités) ou de ceux des collectivités voisines : pour identifier le type d'actions réalisées, mieux cibler les attentes des collectivités,

- identifier les fonds que la collectivité pourrait octroyer pour soutenir certaines actions : formations, communication, achat de matériel, etc.

- voir avec les collectifs d'agriculteurs présents sur le territoire, mobilisés ou non dans la démarche, quelles suites pourraient être données : expérimentations, études économiques approfondies, etc.

- Mettre autour de la table la collectivité et les agriculteurs régulièrement au cours du déploiement et surtout à la fin pour décider conjointement du plan d'actions : pour que chacun s'y retrouve et puisse s'exprimer et que le plan d'actions soit cohérent avec les enjeux de toutes les parties prenantes.

Les déploiements sur les territoires pilotes ont par ailleurs mis en exergue une grande diversité des retombées et suites de la démarche ABC'Terre, en plus d'alimenter un PCAET. Sur le territoire du Rhin-Vignoble-Grand Ballon, les résultats ont mis en évidence que la principale piste de réduction des émissions GES résidait dans une meilleure autonomie azotée des productions végétales du territoire. Pour approfondir cette piste, la chambre régionale d'agriculture Grand-Est démarrera un nouveau projet, faisant suite à ABC'Terre-2A, sur le territoire du Rhin-Vignoble-Grand Ballon, avec pour objectif de monter un projet de recherche participative visant une meilleure autonomie en azote. Ce projet, nommé AVEC, est financé par l'ADEME (Appel à projet CO3 co-construction de connaissances).

La plupart des collectivités partenaires du projet recommande le déploiement de la démarche ABC'Terre auprès des collectivités voisines. La communauté de commune du Thouarsais organisera par exemple une journée sur la thématique du stockage C en début 2021 pour mettre en avant les démarches visant son évaluation, dont ABC'Terre, auprès des collectivités proches géographiquement du territoire pour en promouvoir les avantages.

Par ailleurs, intéressés par la thématique du stockage C approfondie lors de la démarche ABC'Terre, les agriculteurs mobilisés sur le territoire du Ternois ont souhaité améliorer leurs connaissances plus largement sur la fertilité des sols en créant un GIEE¹⁸ sur ce sujet. Ce GIEE a entre autres pour objectifs de tester la réalisation technique des leviers d'action simulés au cours de la démarche ABC'Terre et en évaluer le coût.

Le Pays du Ternois a fusionné au cours de la démarche avec le territoire des 7 Vallées pour former le PETR¹⁹ Ternois-7 Vallées. Le PETR ayant vraiment apprécié la démarche, sa capacité à fédérer les acteurs et à faire émerger des leviers d'action concrets et réalisables, a ainsi souhaité déployer de nouveau la démarche à l'échelle du nouveau territoire ainsi formé. Ce déploiement est envisagé pour 2021.

3.3 Bilan de l'appropriation

3.3.1. Retour sur l'appropriation de la démarche par les référents

Les référents ABC'Terre du projet avaient tous les quatre des profils assez différents. Ainsi, leur mode d'appropriation de la méthode ABC'Terre, ainsi que leurs façons d'adapter la démarche aux spécificités de leur territoire sont originales. Fabien Dutertre, avec un profil de conseiller « énergie-climat » avait des facilités à scénariser et restituer les résultats GES du fait de son expertise ClimAgri. Ainsi, il s'est très vite approprié la dernière étape d'ABC'Terre. Coralie Di Bartoloméo, avec un profil de conseillère « territoire », était familière de l'échelle étudiée et abordait avec aisance les notions de filières et de projets territoriaux (type méthanisation ou paille-construction), qui ont été à plusieurs reprises abordées lors des ateliers et testées dans les scénarios. Florent Abiven, animateur du GIEE Sols Vivants a pour habitude de mobiliser les agriculteurs, il a ainsi travaillé étroitement avec chacun d'eux pour apporter un conseil individuel, adaptant la démarche à ses missions quotidiennes d'animateur. Paul van Dijk, acteur de la recherche et développement agricole en Alsace (initialement ingénieur à l'ARAA²⁰), partenaire historique d'ABC'Terre, par son expertise sur la méthode, des outils qui la composent et ses compétences scientifiques, notamment en traitement de données, a fortement contribué à améliorer la méthode et a expérimenté la co-conception de SdC avec ABC'Terre. Toutes ces particularités ont permis à la fois d'enrichir la méthode et de construire la démarche participative ABC'Terre.

¹⁸ GIEE : Groupement d'Intérêt Economique et Environnemental

¹⁹ PETR : Pôle d'Equilibre Territorial et Rural

²⁰ ARAA : Association pour la Relance Agronomique en Alsace

Le planning du projet ABC'Terre-2A a parfois rendu complexe l'appropriation de la démarche par les référents et difficile l'organisation des référents. Construit sur une amélioration continue de la méthode, de nombreuses mises à jour ont été effectuées, nécessitant parfois de reprendre l'interprétation et la formalisation des résultats depuis le début. L'avant-dernière mise à jour, effectuée à l'été 2020 et consistant à améliorer la répartition aléatoire des PRO sur le territoire, n'a pas pu être prise en compte sur tous les territoires où la majorité des résultats étaient formalisés et parce qu'ils les impactaient de manière mineure. La dernière mise à jour prévue dans le cadre du projet ABC'Terre-2A, et figeant la méthode pour les futurs déploiements, est en cours de réalisation à la date de rédaction du rapport. Elle consiste à mettre à jour les facteurs d'émissions issus de la mise à jour de la base de données AgriBalyse© (juste sortie courant 2020).

Par ailleurs, l'interface de calcul ABC'Terre, développée à la fin du projet, n'a pas été testée par les référents. Les fichiers de collecte de données des différents scénarios transitaient par AGT qui faisait alors les simulations via leur serveur test. Les résultats étaient envoyés aux référents de la même manière que l'interface le ferait désormais, néanmoins l'appropriation par les référents de cette interface n'a pas été testée. De plus, les simulations étaient vérifiées par AGT à chaque fois, validant la cohérence des sorties. Pour les futurs déploiements, cet appui ne sera plus nécessaire, car les référents seront autonomes avec l'interface.

La mise en œuvre de la démarche ABC'Terre a, en outre, permis une réelle montée en compétence et en connaissances des référents.

3.3.2. Des améliorations en continu permises par les retours d'expérience des référents

Afin d'améliorer la méthode et la démarche ABC'Terre, des retours d'expérience ont été demandés aux référents ABC'Terre des territoires pilotes au cours des différentes phases clés des déploiements-tests (souvent en amont des comités de pilotage du projet via des questionnaires à questions ouvertes). Les différents retours réalisés et leur temporalité sont illustrés dans la Figure 23 ci-dessous.

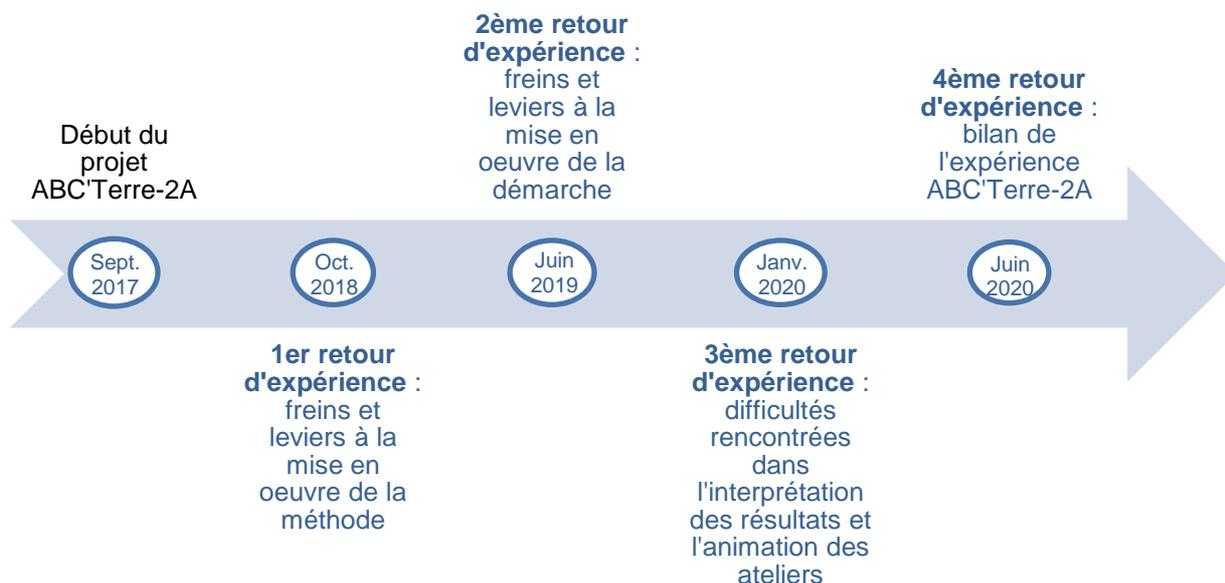


Figure 23 : Schéma illustrant les retours d'expérience réalisés auprès des référents ABC'Terre au cours des phases clés du projet

La majorité des améliorations ont pu être prises en compte dans le cadre du projet ABC'Terre-2A et seront décrites dans cette sous-partie.

3.6.2.1. 1^{er} retour d'expérience : freins et leviers à la mise en œuvre de la méthode

Les principaux freins et leviers, rencontrés lors du déploiement de la méthode ABC'Terre sur les territoires pilotes d'une part (Figure 24) et identifiés pour la future diffusion de la méthode d'autre part (Figure 25 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), ont été recueillis en amont de la rencontre entre référents pilotes du projet les 24 et 25 octobre 2018. Cette rencontre avait pour but de faire un premier

bilan de l'appropriation de la méthode par les référents qui avaient alors achevés la collecte des données sur leur territoire, de les former à Simeos-AMG et de travailler également ensemble à l'interprétation des variations de stocks de Corg sur leur territoire.

L'objectif de ce premier retour d'expérience était de remonter les difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre de la méthode, particulièrement, lors de la collecte des données d'entrée. Trois catégories de retours ont pu être identifiées. Une première catégorie visait à améliorer l'ergonomie du fichier de collecte pour simplifier l'appropriation et le remplissage pour les futurs utilisateurs (ex : ajouter des explications pour aider l'utilisateur à reconstituer les pratiques). Une deuxième catégorie de retours visait à proposer des options pour être plus précis dans le paramétrage (ex : ajouter plusieurs types de mélanges de couverts d'interculture plutôt qu'un simple « mélange » tel que paramétré dans Simeos-AMG). Enfin, une troisième catégorie de retours, plus globaux, ont permis de mettre en évidence des premières modalités pour les futurs déploiements (ex : profils d'utilisateurs, temps passé pour collecter les données...).

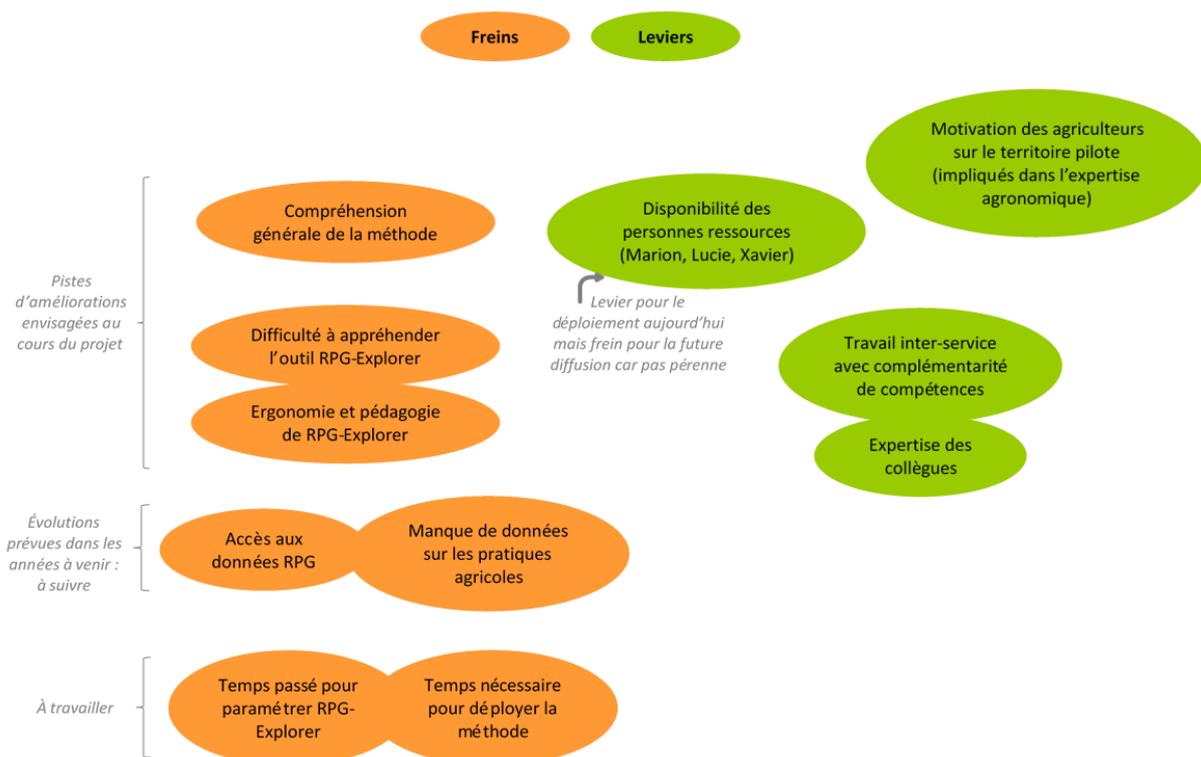


Figure 24 : Freins et leviers rencontrés lors du déploiement de la méthode sur les territoires pilotes



Figure 25 : Freins et leviers identifiés pour la future diffusion de la méthode (à la date du 24/10/2018)

3.6.2.2. 2^{ème} retour d'expérience : freins et leviers à la mise en œuvre de la démarche

Ce deuxième retour d'expérience a été demandé à mi-projet. Les quatre référents ont alors déclaré être prêts à déployer de nouveau la démarche ABC'Terre après 2020. Tous étaient relativement à l'aise avec les étapes structurant la démarche, particulièrement dans l'animation des ateliers de concertation. En revanche, ils ont rencontré plus de difficultés dans les trois premières étapes de la méthode reconstituant les données d'entrée du diagnostic. La première étape visant à reconstituer les assolements de rotations par type de sols et par type d'exploitation avec RPG-Explorer, a été particulièrement difficile pour les conseillers qui ne disposaient pas d'un ordinateur performant, nécessaire à l'utilisation de l'outil. L'étape d'affectation des teneurs en Corg par type de sol est celle que les référents délègueraient le plus facilement. Ceci s'explique notamment par le fait qu'il s'agit de la seule étape qu'ils n'ont pas pu s'approprier. Pour valider la méthode et faute de temps, cette étape a été réalisée par UniLaSalle et AGT. Enfin, la reconstitution des pratiques culturales à l'aide du fichier de collecte ABC'Terre est une étape qui peut difficilement se réaliser seul, l'expertise des collègues et éventuellement d'autres spécialistes du territoire (pour les PRO par exemple) semble indispensable.

La Figure 26 ci-dessous illustre les freins et leviers majeurs du déploiement de la démarche sur le territoire, à ce stade du projet. Ainsi, le frein majeur au déploiement de la démarche selon les référents est le temps nécessaire à sa mise en œuvre. Les principaux leviers qui permettent le déploiement d'ABC'Terre sur les territoires pilotes sont : (i) l'aide des collègues (et/ou stagiaires) ; (ii) l'implication des agriculteurs mobilisés et des collectivités territoriales (quand c'est le cas) ; et (iii) l'accompagnement d'AGT.

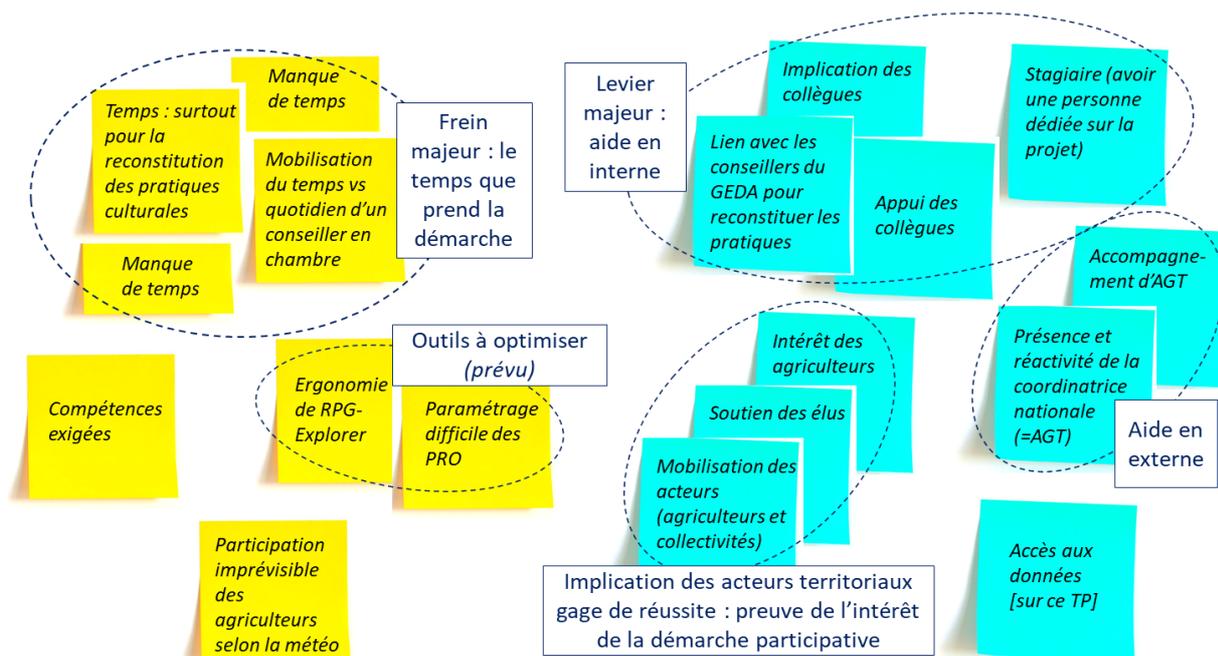


Figure 26 : Synthèse du retour d'expérience des référents ABC'Terre à mi-parcours du projet

3.6.2.3. 3^{ème} retour d'expérience : difficultés rencontrées dans l'interprétation des résultats et l'animation des ateliers

Ce troisième retour d'expérience, réalisé à un stade où la mobilisation des acteurs était intensive, a mis en évidence des caractéristiques propres à chaque territoire. Dans l'interprétation des résultats, l'aspect chronophage de la démarche a de nouveau été mis en avant tout comme la difficulté à interpréter certains résultats, à cause de l'hétérogénéité des sols sur un territoire, ou du bagage de connaissances initiales du référent, ou encore des spécificités du territoire (ex : fort impact de l'irrigation sur un territoire dont le mix énergétique, moins énergivore qu'ailleurs, n'est pas représentatif du mix énergétique français). Lors des ateliers, une fois encore, les difficultés étaient liées aux spécificités du territoire et du type d'acteurs mobilisés (présence de collectif ou non, degrés de connaissances des agriculteurs sur la thématique parfois très pointue, manque de disponibilité de certains agriculteurs, etc.).

3.6.2.4. 4^{ème} retour d'expérience : bilan de l'expérience ABC'Terre-2A

En termes de bilan, les référents ABC'Terre ont trouvé cette expérience « très enrichissante ». Elle leur a globalement permis de gagner en compétence. Ils sont tous intéressés pour déployer de nouveau la démarche à partir de 2021. Certaines notions reviennent à plusieurs reprises : le temps que prend le déploiement, la polyvalence en matière de connaissances qu'elle requiert. Des conseils pour les futurs déploiements ont pu être mis en évidence (ex : être très pédagogue dès le démarrage concernant les données et connaissances nécessaires pour garantir le bon déroulement de la démarche). L'ensemble des conseils et éléments évoqués par les référents ont été repris pour établir les modalités de diffusion de la démarche à partir de 2021.

3.3.3. Clés de réussite pour garantir l'appropriation de la démarche ABC'Terre par des acteurs locaux

Les retours d'expérience des référents et le recul d'AGT ayant accompagné le déploiement de la démarche sur les territoires pilotes ont permis d'établir un certain nombre de clés de réussite ou conseils visant une bonne appropriation de la démarche ABC'Terre par l'ensemble des acteurs locaux mobilisés. Ils sont déclinés pour chaque phase de la démarche (Figure 12).

Phase 1 : Lancement de la démarche auprès des acteurs locaux

- Bien identifier et **convier l'ensemble des acteurs agricoles du territoire** concernés est conseillé. Le choix des acteurs à mobiliser conditionnera les leviers d'action proposés, leur diversité et leur faisabilité.

- **Recenser les collectifs agricoles existants**, plus simples à mobiliser. Attention, des collectifs d'agriculteurs trop spécialisés ne sont pas représentatifs du territoire et peuvent être difficiles à gérer en atelier (leviers qu'ils n'abordent pas car ils les mettent déjà en place contrairement à la majorité des agriculteurs du territoire, certaines idées reçues difficiles à lever...).
- Prendre le temps d'**identifier les enjeux du territoire** (économiques, environnementaux, sociaux, politiques...) auprès de la collectivité et des agriculteurs (et autres acteurs agricoles mobilisés). Ces enjeux seront le fil conducteur des ateliers et des leviers d'action à simuler, il est important de bien les comprendre et de ne pas les perdre de vue pour gagner en cohérence et garantir l'adhésion de l'ensemble des acteurs.
- Prendre le temps d'**expliquer les objectifs de la démarche** : placer les agriculteurs (et autres acteurs agricoles mobilisés) au cœur de la concertation pour qu'ils soient acteurs du plan d'actions et aucunement victimes de celui-ci. Certains agriculteurs ont plus besoin d'être rassurés que d'autres. **Recenser les besoins et les craintes de chaque acteur** autour de la table permet d'adapter l'argumentaire.
- **Avoir une démarche très pédagogique et vulgarisée** dans un premier temps pour expliquer à l'ensemble des acteurs la démarche ABC'Terre (plus que la méthode en détail), pour ne pas les effrayer ou les perdre dans une multitude d'informations, mais plutôt leur donner envie d'en savoir plus.

Phase 2 : Réalisation du diagnostic initial en déclinant les 5 étapes de la méthode ABC'Terre

- Prévoir plusieurs **phases de validation des données d'entrée** auprès des experts locaux (typologie d'exploitation, rotations majoritaires, sorties de RPG-Explorer, rendements et doses N min moyens calculés en sortie de l'outil de calcul ABC'Terre, etc.).
- **Collecter les données en équipe** : prévoir la mobilisation des collègues et autres acteurs locaux.
- **Maîtriser l'origine des données collectées** : teneurs en Corg, types de sol, itinéraires techniques... Ce sont des questions régulièrement posées lors des ateliers, l'animateur référent doit pouvoir y répondre pour gagner la confiance des acteurs mobilisés.
- Prévoir du temps pour **bien s'approprier les données** (entrées et sorties) !

Phase 3 : Ateliers de concertation / sensibilisation / formation

- Selon les territoires (acteurs, contexte économique, environnemental ou sociétal), une phase de **sensibilisation aux enjeux carbone et GES plus ou moins importante** sera à prévoir.
- La **fréquence des ateliers** doit être rapprochée pour maintenir une dynamique. Si plusieurs mois doivent s'écouler entre deux ateliers, il est important de donner l'état d'avancement des simulations ou de l'analyse aux acteurs (par mail par exemple).
- **Faire intervenir un expert le matin et travailler sous forme d'atelier l'après-midi** est un format adapté pour motiver les participants. L'expertise peut porter sur un ou plusieurs leviers qui semblent les intéresser ou qui ressortent des échanges (ex : gestion des couverts d'interculture). De plus, le repas partagé le midi permet de rendre les ateliers moins formels et plus conviviaux, élément important pour garantir l'adhésion et la motivation des acteurs agricoles.
- Ne pas hésiter à **consacrer un ou plusieurs ateliers à l'échelle du système de culture** pour travailler autour des projets et problématiques des agriculteurs mobilisés. Cette échelle plus habituelle leur permet de mieux s'approprier la méthode et de plus s'impliquer.
- **Bien rappeler à chaque atelier le périmètre de l'évaluation** : la méthode ABC'Terre n'est pas simple, lorsqu'on la maîtrise, on a tendance à passer vite sur certains aspects (ex : les émissions directes de N₂O par dénitrification ou émissions de N₂O liées au dépôt d'azote suite à des épisodes de lessivages et de volatilisation). Pour que les leviers soient de qualité et

cohérents avec les résultats du diagnostic initial, il est primordial que l'ensemble des acteurs comprenne l'origine des émissions de GES et des variations de stocks de Corg.

- **Rédiger et leur envoyer un compte-rendu de chaque atelier** est important pour valider les leviers à simuler et avoir une traçabilité des échanges et étapes de déploiement de la démarche.

Phase 4 : Simulations des leviers permettant de stocker + de C et émettre – de GES via l'outil ABC'Terre

- **Bien détailler les hypothèses précises pour chaque scénario** : avoir un document à part recensant précisément l'ensemble des scénarios testés, ce qui a été modifié dans le fichier de collecte et rappelant les hypothèses à la base de ces scénarios. La rigueur de ce recensement est bienvenue à la fin de la démarche pour analyser et formaliser les résultats. C'est un gain de temps (il évite d'ouvrir à de nombreuses reprises les mêmes fichiers de collecte) et un gage de sérieux qui sera apprécié aussi par les acteurs locaux.
- **Être vigilant au code couleurs et à la neutralité dans l'exposé des résultats** pour ne pas éveiller la susceptibilité des agriculteurs (ex : rouge écarlate pour le déstockage de C ou pour les fortes émissions GES à éviter).
- **Comparer les cartographies du diagnostic initial et des scénarios alternatifs testés**, en plus des indicateurs d'additionnalité, pour avoir une image concrète et visuelle des résultats à présenter aux acteurs locaux.

Phase 5 : Ateliers de concertation / élaboration du plan d'action

- **Identifier en amont les attentes de la collectivité pour son PCAET et les moyens qu'elle peut mettre en œuvre pour faire appliquer le plan d'action** : conditionnera le type d'actions à intégrer dans le PCAET. Pour cela, il est possible de s'inspirer des PCAET de collectivités voisines ou pilotes de la démarche ABC'Terre.
- Pour discuter de la faisabilité de la mise en place des scénarios alternatifs testés, il est conseillé de **réaliser a minima une évaluation économique, ou si possible, une évaluation multicritère** pour voir l'impact d'un levier sur d'autres aspects que C et GES.
- **Mettre autour de la table les acteurs de la collectivité et les acteurs agricoles** à cette phase du déploiement est particulièrement important pour que chacun puisse s'exprimer, partager ses besoins et qu'il y ait une validation commune des possibilités d'actions.

4. Diffusion de la démarche ABC'Terre à la suite du projet

La partie suivante vise dans un premier temps à décrire les valorisations qui ont eu lieu au cours du projet ABC'Terre-2A pour permettre de communiquer autour d'ABC'Terre et des résultats obtenus. Une deuxième partie présente comment les diffusions futures après 2020 sont envisagées au travers de la synthèse du business plan élaboré pour structurer les modalités de diffusion de la démarche après le projet.

4.1. Valorisations des résultats du projet

L'ensemble des livrables à l'issue du projet ABC'Terre-2A sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 13 : Supports de valorisation du projet ABC'Terre-2A

Supports	Détails / intitulés	Où le trouver ?
Guides	Guide méthodologique pour l'affectation des rotations aux types de sol avec RPG-Explorer. Scheurer et Bousselin, 2020	Annexe 1

	Guide méthodologique pour l'affectation d'une teneur en carbone organique aux types de sol d'un territoire à partir de la BDAT. Scheurer et Bousselin, 2020	Annexe 2
	Synthèse des règles de reconstitution des pratiques culturales. Delesalle, 2020	Annexe 4
	Guide « Comment renseigner le fichier de collecte des données ». Delesalle, 2020	Uniquement contre licence
	Guide méthodologique de calcul du bilan GES des systèmes de culture, intégrant le calcul de la dose d'azote minéral apportée, propre à la méthode ABC'Terre	Annexe 5
	Business plan	Annexe 11
	Synthèse des perspectives pour la méthode ABC'Terre	Annexe 12
Articles scientifiques	Une méthode pour caractériser les teneurs en carbone organique des types de sol d'un Référentiel Régional Pédologique sur un territoire agricole à partir de la Base de Données des Analyses de Terre, Etude et Gestion des Sols, 27, 189 207. Scheurer, Bousselin et Saby, 2020.	Annexe 3
	Potential of C storage and GHG emissions of cover crops optimisation practices designed with stakeholders in three French agricultural regions. International Symposium for farming systems design. Lamerre, Ellili, Leclercq, Duparque, Marraccini et Delesalle, 2022.	À venir Abstract en Annexe 10
	Quels sont les facteurs qui influencent la mobilisation des acteurs dans des initiatives visant le changement de pratiques agricoles vers plus de stockage de carbone et la réduction des GES ? Cahiers agriculture. Marraccini et Delesalle, 2020.	À venir
Brochures	Retours d'expérience sur les 4 territoires pilotes	Annexe 13 Ou disponibles sur l'espace web ABC'Terre : http://www.agro-transfert-rt.org/abcterre/publications-abcterre/
Posters	ABC'Terre : Integrating topsoil organic carbon variation into cropping systems greenhouse gases balance at a territorial scale. Food security and climat change : 4 per 1000 initiative new tangible global challenges. Delesalle, 2019	http://www.agro-transfert-rt.org/projets/abcterre-2a/
	Stockage de carbone dans les sols agricoles : une solution pour lutter contre le changement climatique. Poster Grand Public. Delesalle et Czeryba, 2020	
	ABC'Terre. Poster Grand Public. Delesalle et Czeryba, 2020	

Reportage	ABC'Terre : une démarche participative au service du territoire. Exemple de déploiement sur le Ternois.	MOOC ADEME « Stocker du carbone dans les écosystèmes : quels enjeux et leviers d'action pour les territoires ? »
Webinaires	Webconf APCC du 3 décembre 2020 : Atténuation du Bilan GES et stockage de Carbone dans les sols agricoles d'un TERRitoire : focus sur la méthode ABC'Terre	Disponible en replay sur : https://apc-climat.fr/webconf-apcc-methode-abcterre-attenuation-compensation/ et sur l'espace web ABC'Terre : http://www.agro-transfert-rt.org/abcterre/publications-abcterre/
Espace web	Centre de ressources et d'information sur la méthode et la démarche ABC'Terre.	http://www.agro-transfert-rt.org/abcterre/

4.2. Diffusion de la démarche après 2020

Le Business plan complet d'ABC'Terre est disponible en Annexe 11. Les paragraphes suivants visent à synthétiser ce document qui a été élaboré pour encadrer les futurs déploiements à partir de 2021, sur la base des retours d'expérience du projet ABC'Terre-2A. Ce document permet de (i) formaliser les rôles de chaque acteur et de cadrer leurs interactions, (ii) replacer la démarche dans l'environnement dans lequel elle évolue via l'étude de marché, (iii) déterminer les modalités techniques et financières de déploiement de la démarche sur un territoire en définissant les conditions d'accès aux outils structurant la méthode ABC'Terre et en proposant différentes stratégies de déploiement et (iv) de décliner le programme de mise en œuvre de la démarche.

4.2.1. Porteurs de la méthode

Une première étape de formalisation de la méthode a été de pouvoir identifier ses porteurs, pour chacune des étapes. Les partenaires du projet ABC'Terre-2A ont tous contribué à l'élaboration de la méthode, et parmi eux certains auront la responsabilité d'un ou plusieurs maillons, afin de garantir la mise en œuvre lors des futurs déploiements. On les appellera « porteurs ».

Les porteurs pour chaque étape de la méthode ABC'Terre sont représentés dans la Figure 27.

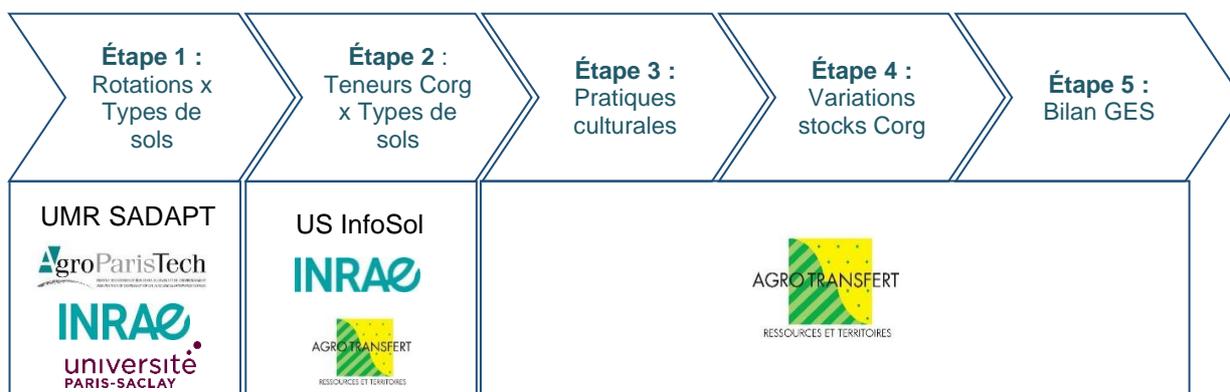


Figure 27 : Les porteurs des étapes de la méthode ABC'Terre

L'étape 1 est portée par l'UMR SADAPT (UMR INRAE AgroParisTech de l'université de Paris Saclay), car ils sont créateurs et détenteurs de l'outil RPG-Explorer sur lequel repose cette étape.

L'étape 2 repose sur l'extraction et l'agrégation à l'échelle de l'UCS des teneurs en carbone organique issues de la BDAT, dont les données en partie confidentielles sont détenues par l'unité InfoSol de l'INRAE. L'extraction des données est donc portée par InfoSol, tandis que l'affectation aux types de sols est portée par AGT. Une convention a été établie entre ces deux partenaires pour encadrer l'usage des données protégées.

Les trois autres étapes de la méthode sont portées par AGT, qui a mis au point et porte l'outil.

Plus de détails sur les porteurs de la méthode sont disponible dans la partie 2 du business plan en Annexe 11.

4.2.2. Etude du marché

4.2.2.1. Analyse de la demande

Plusieurs types de demandes et de bénéficiaires pour la mise en œuvre d'ABC'Terre ont pu être identifiés au long du projet ABC'Terre-2A. Ils sont résumés dans cette partie, et sont présentés en détail dans la partie 3 du business plan en Annexe 11.

Les principaux types de bénéficiaires identifiés et leurs motivations sont :

- Des **collectivités territoriales** avec une volonté d'aller plus loin sur le volet agricole du PCAET, en impliquant les agriculteurs du territoire,
- Des **Parc Naturels Régionaux** qui souhaitent mieux connaître le secteur des grandes cultures de leur territoire et le mener vers des pratiques vertueuses sur la séquestration C afin de protéger leur patrimoine et d'accompagner les collectivités qui le composent dans l'élaboration de leurs plans d'actions,
- Des **Aires d'Alimentation de Captage** ou des **groupements d'agriculteurs** pour aller vers une valorisation monétaire de pratiques vertueuses au travers de paiements pour services environnementaux.

L'analyse détaillée de la demande se trouve dans le business plan en Annexe 11.

4.2.2.2. Taille du marché

Une opportunité via les PCAET

Les PCAET sont obligatoires pour les intercommunalités de plus 20 000 ha et recommandés sur les autres collectivités. Les PCAET obligatoires doivent être renouvelés tous les 6 ans.

Il est difficile de déterminer le nombre exact de collectivités qui pourraient potentiellement mettre en place la démarche ABC'Terre dans le cadre de leur PCAET. Les communautés de communes, souvent les plus petites, peuvent se regrouper dans un Pôle d'Équilibre Territorial et Rural pour ne réaliser qu'un seul PCAET.

Néanmoins, on dénombre, au 1^{er} janvier 2019, 1258 intercommunalités en France : 1001 communautés de communes, 223 communautés d'agglomération, 13 communautés urbaines et 21 métropoles (DGCL, 2019). La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte stipulait que les collectivités de plus de 50 000 habitants devaient adopter un PCAET avant décembre 2016 et pour les autres (entre 20 000 et 50 000 habitants) avant décembre 2018. On observe du retard dans le respect de cette échéance dans de très nombreuses collectivités. La Figure 28 illustre que la majorité des collectivités des Hauts-de-France, en fin 2019, n'avaient alors qu'initié leur réflexion à ce sujet. L'intégration de démarche telle qu'ABC'Terre pour alimenter ces plans sont donc d'actualité pour les années à venir.

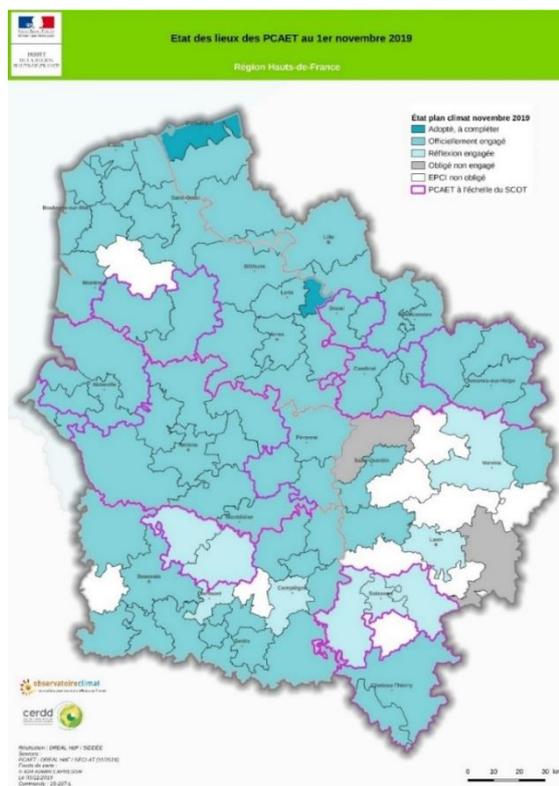


Figure 28 : État des lieux des PCAET fin 2019

Une opportunité via la complémentarité avec la démarche ClimAgri

Une soixantaine de territoires a mis en place la démarche ClimAgri depuis 2011. Ces territoires peuvent potentiellement être intéressés pour aller plus loin dans l'évaluation des émissions GES des systèmes de culture et pour évaluer les variations de stocks de C à long terme induites par les pratiques culturales. ClimAgri ne considère pas encore ces variations de stocks dues à la gestion des sols (l'outil considère une valeur forfaitaire en fonction du changement d'affectation des sols). La complémentarité et les différences avec cet outil sont détaillés plus loin dans le document.

4.2.2.3. Evolution du marché

Les initiatives autour des marchés compensatoires de C se font de plus en plus nombreuses (ADEME, 2012). Parmi elles, le label bas carbone a pour vocation de proposer un cadre méthodologique d'évaluation des « crédits carbone » pouvant être générés par un projet « bas carbone », appliqué au secteur agricole c'est-à-dire la mise en place de pratiques dites vertueuses qui vont permettre d'augmenter (ou a minima maintenir) le stock de carbone du sol et/ou de réduire les émissions de GES par rapport à une situation sans projet. On entend par crédit ou gain carbone la somme des tonnes de carbone (équivalent CO₂) de réduction de GES et de GES compensées par le stockage carbone.

Ce cadre est porté par le ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, et propose plusieurs référentiels par secteur (forêt, élevage, grandes cultures...). Les méthodologies qui seront développées pour chaque secteur définissent les méthodes de calculs des crédits carbone et sont validées par le ministère (étape 2 du schéma). Les porteurs de projet bas carbone peuvent ensuite utiliser ces méthodes, et notamment avec l'aide d'un « mandataire », qui va réaliser l'évaluation sur la base de la méthodologie, par délégation.

Une méthodologie LBC pour le secteur des grandes cultures est en cours de développement en 2020. Une fois la méthodologie élaborée, les outils existants pourront s'y conformer pour être éligible dans le cadre du Label Bas Carbone.

Une adaptation de l'outil ABC'Terre à la méthodologie Grandes Cultures permettrait de pouvoir accompagner les collectifs d'agriculteurs impliqués dans la démarche ABC'Terre vers une valorisation monétaire sur les marchés compensatoires des actions retenues dans ABC'Terre, grâce au Label Bas Carbone. La façon et les modalités d'adaptation de la méthode ABC'Terre au Label Bas Carbone sont à étudier en 2021.

4.2.3. Modalités de déploiement de la démarche ABC'Terre

4.2.3.1. Fonctionnement général

Le déploiement de la démarche ABC'Terre est réalisé sur un territoire sous la forme d'une prestation à la demande du bénéficiaire, et dont le référent utilisateur est le prestataire. C'est en effet l'utilisateur formé et disposant d'une licence qui pilote le déploiement du début à la fin, pour le bénéficiaire. Ce rôle est lié à l'expertise locale dont dispose l'utilisateur et le lien avec les agriculteurs qu'il est susceptible d'avoir. AGT accompagne l'utilisateur dans le déploiement via la mise à disposition de l'outil, l'aide à la réalisation de certaines étapes (à définir avec l'utilisateur) et au déploiement global de la démarche sur le territoire. Ce fonctionnement est résumé dans la Figure 29 suivante.

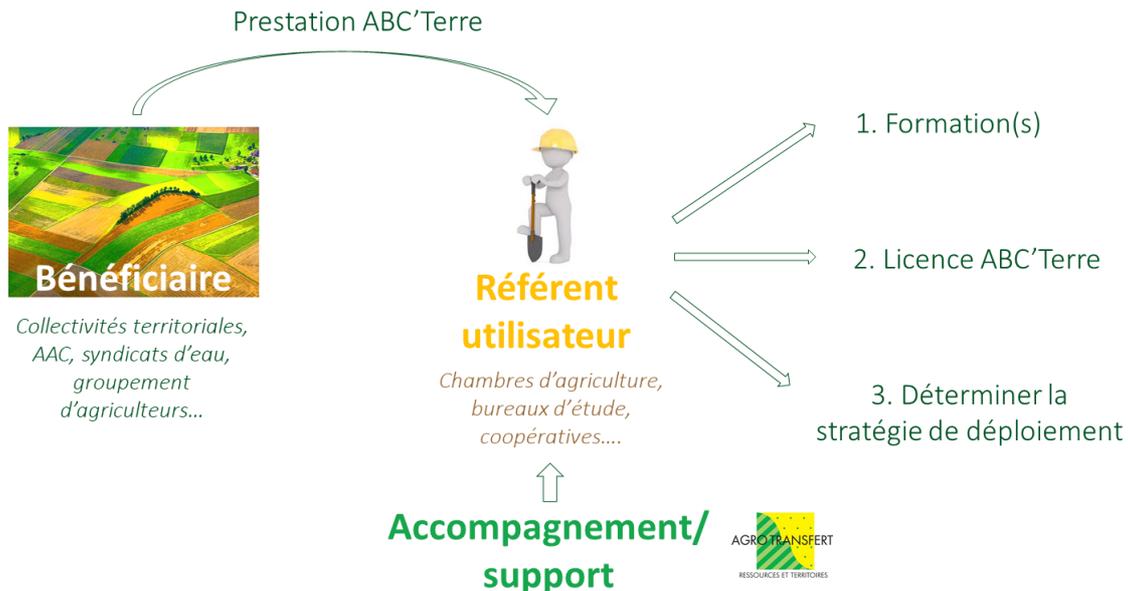


Figure 29 : Schéma de fonctionnement de la mise en œuvre d'ABC'Terre

4.2.3.2. Rôles de chaque partie prenante

Le **bénéficiaire** est le demandeur du déploiement, ainsi que son principal financeur. C'est lui qui va bénéficier des résultats de la mise en œuvre de la démarche.

Les **réfèrents-utilisateurs** sont les responsables du déploiement de la méthode et de la démarche participative d'ABC'Terre. Pour pouvoir mettre en œuvre ABC'Terre il a été formé et détient une licence. Certaines compétences lui sont requises comme des compétences en agronomie et en production végétale, une connaissance du contexte agronomique du territoire ou encore des capacités d'animation importante pour les ateliers participatifs. Les profils-types correspondent à des conseillers des Chambres d'Agriculture, des bureaux d'étude, des coopératives, etc.

L'**accompagnement des utilisateurs** est réalisé par AGT en collaboration avec les autres porteurs de la méthode. AGT héberge l'outil, réalise les formations, accompagne chaque déploiement avec une implication plus ou moins forte en fonction de la stratégie adoptée. Il a également pour rôle d'animer le réseau des référents utilisateurs.

4.2.4. Conditions d'accès aux outils

Pour accéder à l'outil ABC'Terre et pouvoir mettre en œuvre la démarche, le référent-utilisateur doit être formé et détenir une licence, les frais étant à sa charge. Les modalités sont détaillées dans les parties ci-dessous.

4.2.4.1. Les formations

Pour se former à l'ensemble de la démarche ABC'Terre, deux formations seront proposées (Tableau 14). La formation à RPG-Explorer est facultative dans la mesure où AGT peut se voir déléguer la mise en œuvre de cette étape de la méthode. En revanche, la formation à la démarche ABC'Terre, incluant l'utilisation à l'outil de calcul, est obligatoire pour bénéficier de la licence.

Tableau 14 : Formations à la méthode ABC'Terre

	Contenu	Durée	Formateur	Tarifs
1	- Application de RPG-Explorer, adaptée à l'application pour ABC'Terre (modules spécifiques)	1 jour	UMR SADAPT	150EUR/j/pers
2	- Connaissances à avoir sur le stockage de C dans les sols + utilisation de Simeos-AMG ; - Connaissances à avoir sur le bilan GES des systèmes de culture ; - Reconstitution des pratiques culturales + renseignement du fichier de collecte des données et utilisation de l'interface ABC'Terre ; - Mobilisation / sensibilisation des acteurs ;	2 jours	AGT	250EUR/j/pers

2 à 3 sessions de formation ABC'Terre seront organisées par an (en fonction de la demande). En 2021, plusieurs sessions seront proposées : une en février (pour profiter des émules de fin de projet) ; une en juillet (plus disponibles qu'en juin et août) ; une en octobre (pour étaler un maximum les déploiements).

4.2.4.2. La licence ABC'Terre

La licence ABC'Terre permettra l'accès au fichier de collecte, aux guides d'utilisation détaillés et à l'interface de simulation permettant de calculer :

- Les variations de stocks de Corg (basé sur SIMEOS-AMG)
- La dose Nmin à apporter à chaque culture implantée
- Les émissions de GES à l'échelle culturale, du système de culture et du territoire

Elle permet la réalisation d'un nombre illimité de simulations pendant un an. Le coût de la licence ABC'Terre a été établi à 600 EUR HT pour les non adhérents à AGT (450 EUR HT pour les adhérents), en cohérence avec les autres outils portés par AGT.

La licence à RPG-Explorer est quant à elle gratuite.

4.2.4.3. Les packages formation-licence

Des « packages » proposant des tarifs attractifs pour les différentes combinaisons d'achats de formations d'une part et de licence d'autre part seront proposés. Le Tableau 15 résume les principaux packages :

Tableau 15 : Packages formation - licence pour déployer la méthode ABC'Terre

Packages	Formation RPG-Explorer	Licence RPG-Explorer	Formations AGT	Licence ABC'Terre	TOTAL (sans offre commerciale)
Complet	150	/	375 EUR HT (adhérent AGT) ou 500 EUR HT (2j x 250EUR/j/pers)	450 EUR HT (adhérent AGT) ou 600 EUR HT	975 EUR HT (adhérent AGT) ou 1250 EUR HT
Basique	/	/	375 EUR HT (adhérent AGT) 500 EUR HT (2j x 250EUR/j/pers)	450 EUR HT (adhérent AGT) ou 600 EUR HT	825 EUR HT (adhérent AGT) ou 1100 EUR HT

Dans la mesure où Simeos-AMG est couplé au bilan GES dans l'outil ABC'Terre, il n'est pas envisageable d'intégrer dans les packages la licence à Simeos-AMG. Néanmoins, il sera proposé la

mise à disposition de l'outil Simeos-AMG gratuitement pendant deux mois dans le cadre des ateliers participatifs (retour d'expérience ABC'Terre-2A : l'outil Simeos-AMG est utile pour mobiliser les agriculteurs).

Si la structure souhaitant acquérir la licence ABC'Terre détient déjà la licence à Simeos-AMG, alors la licence ABC'Terre lui coûtera deux fois moins cher.

4.2.4.4. Politique de prix

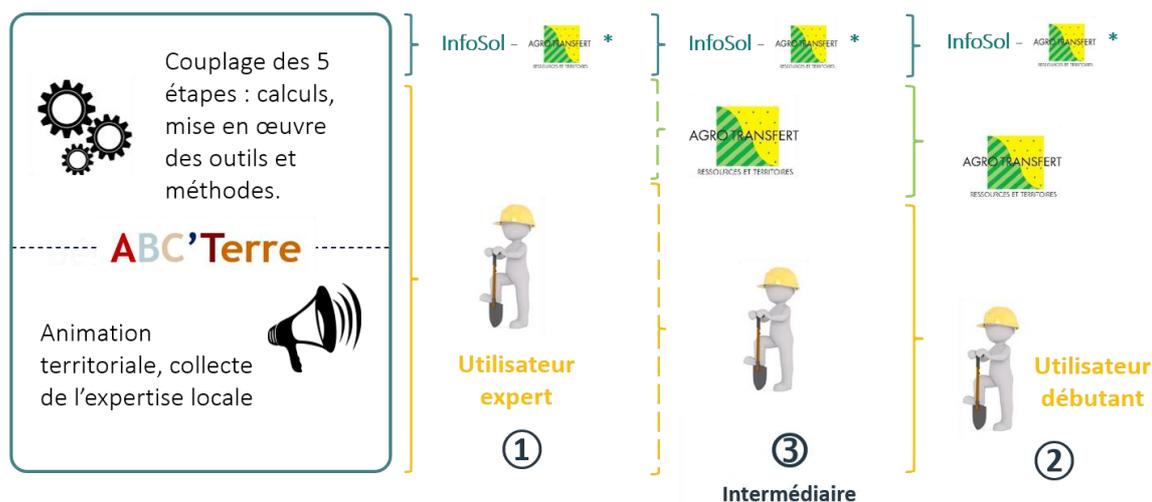
L'objectif étant de diffuser massivement la démarche, le prix ne doit pas être un frein et doit juste permettre de financer le temps passé.

La lourdeur administrative liée aux marchés publics (ou 3 devis minimum sont nécessaires afin de justifier le choix de travailler avec un organisme) ne doit pas non plus freiner les futurs clients. Le seuil de dispenses des procédures pour les marchés publics est établi à 40 000 EUR. Le coût de la démarche sur un territoire devra idéalement être inférieur à ce tarif.

4.2.5. Les différentes stratégies de déploiement

4.2.5.1. Description des stratégies

L'organisation d'un déploiement sur un nouveau territoire est une phase préliminaire très importante, qui implique une concertation préalable entre les trois parties prenantes. L'objectif est, au regard du profil du référent-utilisateur, des caractéristiques du territoire et des besoins du bénéficiaire de s'organiser au mieux, en adoptant la bonne stratégie. Face aux difficultés qui ressortent du retour d'expérience des référents, et pour optimiser les chances d'un déploiement large de la démarche après 2020, plusieurs scénarios de mise en œuvre doivent être envisagés, comme illustrés dans la Figure 30.



*Étape 2 liée à l'extraction et le traitement de la BDAT (données protégées)

Figure 30 : Schéma illustrant les différentes stratégies de diffusion de la démarche ABC'Terre entre les différents organismes

Dans la première stratégie, le référent-utilisateur « expert » est autonome dans le déploiement de la démarche. Il n'aura alors que peu d'appui d'AGT. Ce profil correspond à un utilisateur formé et qui aura déjà déployé la démarche sur un territoire. Dans la deuxième stratégie, l'utilisateur vient de recevoir la formation et n'a pas encore réalisé de déploiement, il est considéré comme débutant. La démarche sera alors mise en œuvre en partenariat avec AGT. L'utilisateur sera quoiqu'il arrive en charge de la reconstitution des pratiques culturelles, de la mobilisation des acteurs et de l'animation des ateliers de concertation (pour le lien privilégié qu'il a avec le territoire) et AGT se verra déléguer les tâches les plus complexes aux yeux de l'utilisateur ou pour lesquelles il n'a pas le temps de se former. La stratégie intermédiaire (3 sur Figure 30) est à définir sur-mesure, en fonction des besoins des utilisateurs, de la taille et des enjeux du territoire.

Dans tous les cas, Infosol, en binôme avec AGT, sera chargé de la 2^{ème} étape d'affectation des teneurs en Corg issues de la BDAT aux types de sol (avec l'appui de l'utilisateur ou du spécialiste sollicité pour l'expertise sol si besoin). Ceci s'explique par le fait que seul Infosol peut extraire les données de la BDAT, car eux seuls y ont accès pour des raisons de protection des données (RGPD). Réaliser une

convention entre InfoSol et chaque territoire où la démarche allait être déployée n'était pas envisageable, la solution adoptée était d'établir une convention signée entre InfoSol et AGT assurant l'extraction et le traitement des données issues de la BDAT pour chaque territoire d'étude déployant ABC'Terre.

4.2.5.2. Coût de chaque stratégie

La construction d'un nouveau déploiement ABC'Terre se fait sous la forme d'un « mini-projet » où le rôle de chaque partie prenante et le temps impliqué doivent être définis. Afin de déterminer le coût de déploiement de la démarche, en fonction de la stratégie retenue par le territoire, un fichier de calcul a été construit. L'outil permet, en plus de l'estimation du coût, d'organiser la mise en œuvre du déploiement, de répartir les tâches et de structurer la convention entre le référent-utilisateur et AGT.

L'outil est structuré sur la base d'un séquençage très précis de chaque étape composant la démarche ABC'Terre et sur une modularité dans la répartition des tâches permettant d'adapter le coût aux besoins, compétences et temps que peut mettre l'utilisateur.

Dans l'hypothèse où l'extraction du RRP serait gratuite (majorité des cas *a priori*), où le coût environné de la journée du référent-utilisateur et AGT est à 600 EUR, et, où il n'y a pas de jours financés par ailleurs pour la mobilisation des agriculteurs (comme c'est parfois le cas pour l'animation de groupes d'agriculteurs à la chambre d'agriculture), l'estimation du coût pour les deux premiers scénarios serait celle décrite en Tableau 16.

Tableau 16 : Détail des coûts associés à chaque stratégie de déploiement

	Stratégie 1 : Utilisateur 100 % + appui AGT		Stratégie 2 : Utilisateur : mobilisation, animation, collecte des pratiques + AGT : application méthode	
	Utilisateur	AGT	Utilisateur	AGT
Nombre de jours	42	5	26,5	25
Estimation du coût MO	28 200		30 850	
Prestation InfoSol	1 200		1 200	
TOTAL	29 500 EUR HT		32 000 EUR HT	

Pour le troisième scénario « au cas par cas », il n'est pas possible de faire d'estimation puisque la répartition des tâches est inconnue.

Ces estimations prennent en compte une marge de sécurité de 10 % dans l'estimation du temps par acteur. L'intégration de cette marge est conseillée pour faire face aux imprévus (problèmes techniques, contre-temps humains...).

Il est précisé que ce coût est à la charge du bénéficiaire (qui peut solliciter des aides par ailleurs).

4.2.6. Programme de mise en œuvre

4.2.6.1. Evaluation de la faisabilité du déploiement d'ABC'Terre

Avant chaque déploiement de la démarche ABC'Terre sur un territoire, une évaluation sera faite de ce territoire pour valider la possibilité d'y mettre en œuvre la démarche. Pour réaliser cette évaluation, un inventaire des conditions requises pour la mise en œuvre d'ABC'Terre, élaboré conjointement par le LDAR et AGT est proposé Annexe 3 du business plan, lui-même en annexe à ce rapport. Ces situations ont été inventoriées sous la forme d'une check-list avec la volonté de fournir un format synthétique afin de pouvoir mieux les anticiper et y apporter des réponses. Ce travail d'identification sera à amender avec les nouveaux retours d'expérience des futurs déploiements.

4.2.6.2. Règles régissant les déploiements

« **Droit d'entrée** »

Pour mettre en œuvre la démarche ABC'Terre, quel que soit le scénario de répartition des tâches entre l'utilisateur et AGT, il sera obligatoire de réaliser la formation « ABC'Terre » et de payer la licence (car l'utilisateur sera quoiqu'il arrive en charge de la collecte de données nécessitant l'accès à l'outil).

Le contrat

Un contrat sera établi entre le bénéficiaire, le prestataire principal (correspondant au référent-utilisateur) et le prestataire secondaire (AGT) sur la base de la stratégie de déploiement choisie et du budget prévisionnel. Il s'agira soit d'un contrat tripartite intégrant les trois acteurs, soit de plusieurs contrats bilatéraux entre d'une part le référent-utilisateur et le bénéficiaire, et d'autre part entre le référent-utilisateur et AGT.

4.2.6.3. Accès aux données

4.2.6.3.1. RPG

Seuls les organismes qui ont une mission de service public, pour l'échelle ou la zone administrative pour laquelle ils ont des compétences, pourront en faire la demande. Dans le cadre du déploiement d'ABC'Terre, il paraît préférable que ce soit le bénéficiaire du déploiement (qui doit de ce fait avoir une mission de service public) qui fasse la demande de données RPG à la DRAAF. Un formulaire type est à envoyer à la DRAAF (chaque DRAAF propose un formulaire-type sur leur site internet). La collectivité pourra ensuite, *a priori*, demander à un prestataire externe (chambre d'agriculture, bureau d'étude, AGT, etc.) de traiter ces données à l'aide de RPG-Explorer contre rétribution. La condition étant que ces structures certifient ne pas diffuser les données en dehors du déploiement d'ABC'Terre sur le territoire d'étude et de détruire ces données une fois ce déploiement terminé. Cette condition sera explicitement spécifiée dans le contrat scellant le déploiement de la démarche sur le territoire

4.2.6.3.2. RRP

Pour obtenir les données du RRP, l'utilisateur pourra identifier les détenteurs sur le site du géoportail : <https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/carte-des-sols>. Un formulaire type est à envoyer au propriétaire du RRP du territoire d'étude avec la liste des données à obtenir (ce formulaire se trouve en annexe du Business Plan).

4.2.6.3.3. BDAT

L'étape 2 de la méthode ABC'Terre est portée conjointement entre l'unité InfoSol de l'INRAE et AGT. La convention établie entre les deux partenaires permet de cadrer le rôle de chacun (elle est disponible en annexe 2 du Business Plan).

4.2.6.3.4. Agribalyse ©

De nombreuses données calculées à partir de de la base de données AGRIBALYSE® sont utilisées comme références dans la méthode ABC'Terre. Elles sont accessibles aux conditions de la « Licence Ouverte » d'Etalab, qui précise qu'il est notamment possible d'adapter les données AGRIBALYSE® pour créer des « Informations dérivées », des produits ou des services, et de l'exploiter à titre commercial, par exemple en la combinant avec d'autres informations, ou en l'incluant dans un service ou une application, sous réserve de mentionner la paternité de l'information : sa source (ADEME) et la date de dernière mise à jour. Pour s'acquitter de cette condition, l'ADEME recommande d'indiquer une mention effective de sa paternité, par exemple : « *Source ADEME, données AGRIBALYSE v3.0 – 2020* ». Cette mention de paternité ne confère aucun caractère officiel à l'utilisation. L'utilisateur est seul responsable de l'utilisation et ne doit pas induire en erreur des tiers quant au contenu de l'information, sa source et sa date de mise à jour.

4.2.6.4. Délais de mise en œuvre

Un délai de 6 mois pour réaliser le diagnostic initial est envisageable à condition de préciser dès le début que ce délai dépend de la météo, du délai de réception des données et de l'expérience du référent-utilisateur.

Tous les éléments présentés ci-dessus sont détaillés dans le business plan disponible en Annexe 11 de ce rapport. Il est à noter que les éléments donnés sont amenés à évoluer grâce au retour d'expérience des futurs déploiements.

5. Perspectives et conclusion

5.1. Les perspectives d'évolution de la méthode

Le projet ABC'Terre-2A a permis de fournir une première version arrêtée de la méthode ABC'Terre sous la forme d'un outil opérationnel pour de futurs déploiements qui seront ainsi effectifs à partir de 2021. Le paysage des méthodes évolue et il semble important de pouvoir s'y adapter au mieux, en anticipant les améliorations qui pourront être apportées à une future version de la méthode ABC'Terre, qui pourrait voir le jour à partir de 2022. Les perspectives d'amélioration de la méthode et de la démarche qui ont été envisagées dans le cadre du projet ABC'Terre-2A pour des versions supérieures à la version 1, sont présentées dans l'Annexe 12 « Perspectives d'améliorations de la méthode ABC'Terre ». Elles ont été discutées avec l'ensemble des partenaires du projet, lors du dernier comité de projet le 22/10/2020. Ces perspectives sont de plusieurs types. Elles sont décrites succinctement dans les paragraphes ci-dessous.

Une mise à jour et un enrichissement de références seront réalisés, pour intégrer notamment les nouvelles recommandations méthodologiques du GIEC (IPCC, 2019). Une étude sera également menée sur la possibilité de prendre en compte plus spécifiquement les systèmes en agriculture biologique et en agriculture de conservation.

Une nouvelle version de SIMEOS-AMG sortira en 2021 et ABC'Terre devra s'y adapter, notamment au passage en webservice, qui permettra de mettre à jour automatiquement les futures versions de Simeos-AMG par un nouveau langage modulaire. Une étude sera menée pour préparer cette adaptation dès 2021. Cette nouvelle version de SIMEOS-AMG intégrera également le paramétrage de la vigne, dont l'intégration à ABC'Terre devra être aussi étudiée. Cependant, elle ne sera faisable que dans un délai plus long car des points de blocages sont à lever tels que la disponibilité de teneurs en carbone organique sur ce type de systèmes.

On souhaite pouvoir proposer aux collectifs d'agriculteurs impliqués dans la démarche ABC'Terre une évaluation de leurs actions compatible avec la méthodologie Grandes Cultures du Label Bas Carbone. Une étude sera aussi menée pour préparer les points d'adaptation nécessaires de la méthode ABC'Terre (concernant le volet calculs des émissions de GES en particulier) pour la rendre totalement cohérente avec le cadre donné par cette méthodologie.

Dans la méthode actuelle ABC'Terre, les prairies permanentes sont prises en compte via une valeur forfaitaire. Une piste d'amélioration de ce paramétrage est envisagée au travers du métamodèle qui est en cours d'élaboration dans le projet CarSolEI. Il pourrait permettre d'affiner cette valeur forfaitaire en fonction de la localisation prairies et des pratiques qui les caractérisent.

Enfin, à la demande des partenaires du projet, un travail sera mené sur les incertitudes associées à la méthode ABC'Terre. Il permettra de donner plus d'assise à la méthode, voire d'identifier de nouveaux points d'amélioration. Ce travail portera notamment sur les incertitudes liées à la répartition aléatoire des PRO et des cultures intermédiaires, réalisé avec UniLaSalle (dans le cadre de l'article pour le symposium international pour la conception de systèmes agricoles, dont le résumé se trouve en Annexe 10), ainsi que sur l'incertitude liée à l'affectation des teneurs en carbone organique (dans la mesure du possible puisqu'aucune ressource n'est clairement identifiée à ce jour pour y parvenir).

L'intégration des haies et de l'agroforesterie a été évoquée mais ces pratiques n'ont pas été retenues comme perspectives d'amélioration pour plusieurs raisons. Elles posent en effet de nombreuses questions telles que celles de l'accès aux teneurs en Corg sur ces systèmes, de la prise en compte du changement d'affectation des sols ou encore de la prise en compte d'un nouveau compartiment du carbone stocké dans la biomasse. De plus elles remettent en question le périmètre d'ABC'Terre qui se focalise principalement sur les grandes cultures. Par ailleurs, l'intégration de ces cultures pérennes ajouterait de la complexité et de la lourdeur à la méthode. Enfin, elles ne sont pas considérées indispensables dans l'outil par les référents utilisateurs, car déjà prises en compte dans des outils complémentaires comme ClimAgri et ALDO par exemple.

5.2. Prospection et perspectives de déploiements

Plusieurs perspectives de déploiements de la démarche ABC'Terre sont envisagées à partir de l'année prochaine. Nous avons en effet contribué à la rédaction de plusieurs plans d'actions en intégrant une

fiche action de mise en œuvre d'ABC'Terre, mais les budgets ne sont pas encore validés au moment de la rédaction de ce rapport.

La prospection qui a été menée pendant le projet doit continuer dans les années à venir. Afin de la pérenniser, une stratégie a été définie. Elle comporte plusieurs niveaux :

Tous les partenaires du projet ABC'Terre-2A sont incités à être des « ambassadeurs ABC'Terre ». Cela implique de communiquer et de témoigner autour de la démarche ABC'Terre et des résultats du projet ABC'Terre-2A, et aussi d'être un relais des opportunités (salons, évènements, potentiels intéressés) auprès du réseau des référents et d'AGT.

Les référents-utilisateurs d'ABC'Terre et leur structure ont un rôle à part entière dans la prospection, à mener avec l'appui d'AGT. Ils sont les plus à même d'établir des liens avec les collectivités territoriales et de manière générale avec les bénéficiaires. Cela peut se traduire par la rédaction d'offres de service dédiés à ABC'Terre, la communication auprès de bénéficiaires, le recensement de leurs besoins...

AGT a pour rôle d'accompagner cette prospection et de la mener auprès des futurs référents utilisateurs.

Il est prévu d'organiser un réseau d'experts autour de la démarche ABC'Terre, afin de pouvoir partager les expériences de chacun, en tirer les enseignements, continuer les réflexions autour des perspectives. Ce sera également l'occasion d'échanger sur les opportunités autour de la prospection et la communication. Ce réseau d'experts sera animé par AGT et s'adressera aux partenaires du projet ABC'Terre-2A, ainsi qu'à toutes les personnes formées à la démarche et aux référents utilisateurs. Le premier rassemblement aurait lieu courant 2021, afin de pouvoir maintenir la dynamique du projet.

5.3. Conclusion

Les objectifs du projet ABC'Terre-2A ont été atteints : la méthode ABC'Terre en 5 étapes a été améliorée, automatisée et rendue opérationnelle en France métropolitaine ; la démarche participative a été testée et validée sur les territoires pilotes du projet ; cette démarche a été formalisée et encadrée sur un plan technique, financier et est diffusable dès 2021.

De nombreux enseignements sont à tirer de cette expérience. Parmi eux, le recours à l'expertise locale reste indispensable pour garantir l'appropriation des acteurs locaux et se rapprocher au maximum de la réalité du terrain dans nos simulations.

ABC'Terre est une méthode de diagnostic performante, apportant une vision de la réalité et permettant de proposer des leviers techniques localisés. Elle permet en outre de travailler à différentes échelles, du système de culture au territoire.

ABC'Terre s'avère être également un outil puissant pour mobiliser les agriculteurs, via les approches agronomiques et pédologiques au cœur de la démarche qui les intéressent.

Cette démarche permet de fédérer les acteurs agricoles locaux et de laisser place à des projets ambitieux au-delà de sa capacité à alimenter un plan d'action dans un PCAET.

Les déploiements sur les territoires pilotes confirment qu'il est primordial de viser le double objectif stockage C et réduction des émissions GES sans se limiter à un seul prisme.

ABC'Terre est une démarche complémentaire à d'autres, comme ClimAgri. Il est important de le mettre en avant et de continuer à travailler sur l'argumentation autour de leur complémentarité.

Enfin, il existe de nombreux avantages à travailler à l'échelle du territoire. Outre le fait que ce soit plus économique et moins chronophage qu'à l'échelle de l'exploitation, cela permet de renforcer les réseaux d'acteurs locaux, d'améliorer leurs compétences, d'encourager les actions de réduction des émissions de GES tout en constituant un plus gros potentiel d'atténuation (Colomb *et al.*, 2013).

Références bibliographiques

ADEME (2012) *La compensation volontaire démarches et limites*.

Colomb, V. *et al.* (2013) 'Selection of appropriate calculators for landscape-scale greenhouse gas assessment for agriculture and forestry', *Environmental Research Letters*, 8(1). doi: 10.1088/1748-9326/8/1/015029.

DGCL (2019) *Bulletin d'information statistique de la DGCL*.

Hill, S. B. and MacRae, R. J. (1996) 'Conceptual Framework for the Transition from Conventional to Sustainable Agriculture', *Journal of Sustainable Agriculture*, 7(1), pp. 81–87. doi: 10.1300/J064v07n01_07.

IPCC (2019) 'N2O Emissions From Managed Soils, and CO2 Emissions From Lime and Urea Application', *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, pp. 1–48.

Ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer (2016) *Arrêté du 4 août 2016 relatif au plan climat-air-énergie territorial*.

Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (2018) 'Arrêté définissant le référentiel du label "Bas-Carbone"'

Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (2020) 'La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone'

Pellerin *et al.* (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.'

Pellerin *et al.* (2019) 'Stocker du carbone dans les sols français : quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel cout ?'

Saby, N. *et al.* (2014) 'Le programme Base de Données des Analyses de Terre (BDAT)':, *Étude et Gestion des Sols*, 21, pp. 141–150.

Scheurer, O., Bousselin, X. and Saby, N. (2020) 'Une méthode pour caractériser les teneurs en carbone organique des types de sol d'un Référentiel Régional Pédologique sur un territoire agricole à partir de la Base de Données des Analyses de Terre', 27, pp. 189–208.

Soizic, J.-B., Guichard, L. and Reau, R. (2016) 'Guide pratique d'aide à la réalisation du diagnostic territorial des pressions et émissions agricoles (DTPEA)', p. 121.

Index des tableaux et figures

Figures

Figure 1 : Schéma illustrant la structuration du projet ABC'Terre-2A	9
Figure 2 : Schéma illustrant les 5 étapes de la méthode ABC'Terre	10
Figure 3 : Cas d'une parcelle d'intersection résultante d'une modification de limites de parcelles sur 3 ans C1, C2 et C3	12
Figure 4 : Méthode d'évaluation du module d'affectation des rotations aux typex de sols de RPG-Explorer	15
Figure 5 : Taux de d'affectation correcte (%_AC) dans le Tardenois et le Thouarsais suivant l'unité spatiale d'optimisation et le paramétrage de la matrice de compatibilité agronomique.....	18
Figure 6 : Schéma de la méthode d'affectation des teneurs en Corg (BDAT) aux types de sol (RRP) en 3 étapes	21
Figure 7 : Schéma illustrant l'ensemble des pratiques culturales à reconstituer pour alimenter les calculs structurant la méthode ABC'Terre	25
Figure 8 : Schéma illustrant les différents modes de détermination de la dose Nmin	28
Figure 9 : Périmètre de calcul du bilan des GES des systèmes de culture défini dans la méthode ABC'Terre	29
Figure 10 : Schéma illustrant le fonctionnement de l'outil ABC'Terre	33

Figure 11 : Schéma illustrant les deux formes de collecte des données en entrée de l'outil de calcul ABC'Terre (couplant les calculs de Simeos-AMG à un bilan GES des SdC)	35
Figure 12 : Schéma illustrant les phases de la démarche participative ABC'Terre	36
Figure 13 : Planning initial de déploiement de la démarche ABC'Terre sur les territoires pilotes	37
Figure 14 : Caractérisation des territoires pilotes du projet.....	38
Figure 15 : Diagnostic initial des variations des stocks de Corg des sols (0-30cm) à 30 ans (kg Corg/ha/an), sur le territoire du Thouarsais.....	39
Figure 16 : Stocks initiaux de Corg des sols cultivés du Thouarsais (0-30 cm) en T Corg/ha	40
Figure 17 : Cartographies des émissions GES brutes, compensées/induites par le stockage/déstockage Corg et nettes sur le territoire du Thouarsais	41
Figure 18 : Répartition des émissions de GES des SdC du Saint-Quentinois - Vermandois par grand poste d'émissions	41
Figure 19 : Répartition des émissions de GES des SdC du Saint-Quentinois - Vermandois détaillées par poste d'émissions	42
Figure 20 : Groupes de SdC isolés par clustering hiérarchique (avec le logiciel R) en fonction des émissions brutes à gauche et des émissions nettes à droite. Les boîtes à moustaches montrent la médiane (trait épais dans la boîte), le 1er et le 3ème quantile (limites de la boîte), les valeurs inférieures et supérieures (les traits moustaches) et les valeurs aberrantes (les points).	42
Figure 21 : Comparaison des scénarios alternatifs à partir des cartes et indicateurs additionnels sur le Ternois.....	46
Figure 22 : Graphique comparant les scénarios alternatifs testés sur le territoire du Saint-Quentinois-Vermandois en matière d'émissions de GES nettes par rapport au diagnostic initial.....	47
Figure 23 : Schéma illustrant les retours d'expérience réalisés auprès des référents ABC'Terre au cours des phases clés du projet.....	49
Figure 24 : Freins et leviers rencontrés lors du déploiement de la méthode sur les territoires pilotes .	50
Figure 25 : Freins et leviers identifiés pour la future diffusion de la méthode (à la date du 24/10/2018)	51
Figure 26 : Synthèse du retour d'expérience des référents ABC'Terre à mi-parcours du projet	52
Figure 27 : Les porteurs des étapes de la méthode ABC'Terre	56
Figure 28 : État des lieux des PCAET fin 2019	58
Figure 29 : Schéma de fonctionnement de la mise en œuvre d'ABC'Terre.....	59
Figure 30 : Schéma illustrant les différentes stratégies de diffusion de la démarche ABC'Terre entre les différents organismes.....	61
Tableau 1 : Principales caractéristiques des territoires tests pour l'évaluation.....	13
Tableau 2 : Caractéristiques des modalités de paramétrage comparées pour la matrice de compatibilité « propriétés des sols x sensibilité des cultures »	16
Tableau 3 : Options comparées pour le choix de l'unité spatiale d'optimisation.....	16
Tableau 4 : Caractéristiques des trois territoires-tests	22
Tableau 5 : Synthèse de la méthode de calcul de la dose d'azote minéral apportée propre à ABC'Terre	27
Tableau 6 : Synthèse de la méthode de calcul des émissions de GES des systèmes de culture propre à ABC'Terre	30
Tableau 7 : Adaptation des références nécessaires au calcul de la dose Nmin et au bilan GES pour l'ensemble des cultures (principales, intermédiaires et dérobées) et les PRO paramétrés dans Simeos-AMG	34
Tableau 8 : Synthèse des types de scénarios de modifications de pratiques culturales testés sur les territoires pilotes. x signifie qu'un scénario de ce type a été testé et retenu dans le plan d'actions, (x) signifie que le scénario a été testé mais n'a pas été retenu dans le plan d'actions (ou tout simplement abordé lors des échanges), xx signifie que ce type de scénario a été particulièrement approfondi sur le territoire.....	43
Tableau 9 : Stockage ou déstockage additionnel calculé pour quelques scénarios alternatifs testés sur le territoire du Ternois. CI : Culture Intermédiaire ; RdC : Résidus de culture ; Nmin : Azote minéral .	44
Tableau 10 : Emissions de GES compensées (ou induites) par le stockage (ou déstockage) de Corg, calculées pour quelques scénarios alternatifs testés sur le territoire du Ternois.....	44
Tableau 11 : Emissions de GES brutes additionnelles ou réduites par rapport au diagnostic initial calculées pour quelques scénarios alternatifs testés sur le territoire du Ternois.....	44
Tableau 12 : Emissions de GES nettes additionnelles ou réduites par rapport au diagnostic initial calculées pour quelques scénarios alternatifs testés sur le territoire du Ternois.....	45

Tableau 13 : Supports de valorisation du projet ABC'Terre-2A	54
Tableau 14 : Formations à la méthode ABC'Terre	60
Tableau 15 : Packages formation - licence pour déployer la méthode ABC'Terre	60
Tableau 16 : Détail des coûts associés à chaque stratégie de déploiement	62

Sigles et acronymes

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AGT	Agro-Transfert Ressources et Territoires
ARAA	Association pour la Relance Agronomique en Alsace
ASP	Agence de Service et de Paiement
BDAT	Base de Données Analyse de Terres
CI	Cultures Intermédiaires
CO ₂	dioxyde de carbone
Corg	Carbone organique
EA	Exploitation agricole
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEE	Groupement d'Intérêt Economique et Environnemental
GREN	Groupe Régional Experts Nitrates
N ₂ O	protoxyde d'azote
Nmin	azote minéral
OAD	Outil d'Aide à la Décision
OFB	Office Français de la Biodiversité
PCAET	Plan Climat Air Énergie Territorial du territoire
PETR	Pôle d'Equilibre Territorial et Rural
PRO	Produits Résiduaire Organiques
RdC	Résidus de culture
RGPD	Règlement Général sur la Protection des Données
RPG	Registre Parcellaire Graphique
RRP	Registre Parcellaire Graphique
RU	Réserve Utile
RUm	Réservoir Utile maximal
SAU	Surface Agricole Utile
SdC	Système de culture
SIG	Système d'Information Géographique
TCA	Types de Contraintes Agronomiques
UCS	Unité Cartographique de Sol
UTS	Unité Typologique de Sol

Liste des annexes

Annexe 1 : Guide méthodologique pour l'affectation des rotations aux types de sol avec RPG Explorer

Annexe 2 : Guide méthodologique pour l'affectation d'une teneur en carbone organique aux types de sol d'un territoire à partir de la BDAT

Annexe 3 : Une méthode pour caractériser les teneurs en carbone organique des types de sol d'un Référentiel Régional Pédologique sur un territoire agricole à partir de la Base de Données des Analyses de Terre. Scheurer, Bousselin et Saby, 2020.

Annexe 4 : Synthèse des règles de reconstitution des pratiques culturales de la méthode ABC'Terre

Annexe 5 : Guide méthodologique de calcul du bilan GES des systèmes de culture, intégrant le calcul de la dose d'azote minéral apportée, propre à la méthode ABC'Terre

Annexe 6 : Rapport final du déploiement de la démarche ABC'Terre sur le territoire pilote du Ternois

Annexe 7 : Rapport final du déploiement de la démarche ABC'Terre sur le territoire pilote du Saint-Quentinois – Vermandois

Annexe 8 : Rapport final du déploiement de la démarche ABC'Terre sur le territoire pilote du Rhin-Vignoble-Grand Ballon

Annexe 9 : Rapport final du déploiement de la démarche ABC'Terre sur le territoire pilote du Thouarsais

Annexe 10 : Abstract « Potential of C storage and GHG emissions of cover crops optimisation strategies designed with stakeholders in three French agricultural regions ». Lamerre et al., 2020

Annexe 11 : Business plan de la démarche ABC'Terre

Annexe 12 « Perspectives d'améliorations de la méthode ABC'Terre »

Annexe 13 : Brochures « Retours d'expérience ABC'Terre » sur les territoires pilotes





ABC'TERRE-2A : APPLICATION PARTICIPATIVE ET APPROPRIATION PAR LES ACTEURS LOCAUX DE LA DEMARCHE ABC'TERRE*

*ABC'Terre : Atténuation du Bilan gaz à effet de serre incluant le stockage Carbone dans les sols agricoles à l'échelle du Territoire.

Résumé

Le secteur agricole contribue à hauteur de 20 % aux émissions globales de Gaz à Effet de Serre (GES) mais il est aussi capable de stocker du carbone dans les sols et ainsi de compenser en partie ces émissions. Dans ce contexte, les Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET), auxquels sont soumises les collectivités territoriales, doivent intégrer une évaluation territoriale des émissions de GES et du stockage de carbone (C) pour mettre en place des plans d'actions permettant d'atténuer le changement climatique. Les plans d'actions proposés seront d'autant plus pertinents et efficaces qu'ils seront établis de manière concertée avec les acteurs du territoire et qu'ils intégreront les systèmes de culture et les types de sols du territoire pour lesquels seront identifiés des leviers d'atténuation des émissions de GES.

Le projet ABC'Terre-2A avait comme premier objectif d'améliorer les étapes de la méthode ABC'Terre, développée au cours d'un précédent projet (ABC'Terre ; 2013-2016 ; Appel à Projet REACTIF ADEME). ABC'Terre est une méthode spatialisée, quantifiant, à l'échelle territoriale, les impacts des pratiques agricoles sur les variations à long terme des stocks de carbone organique (C org) de la couche superficielle des sols, et, incluant ces variations de stocks de C org dans le bilan de GES du territoire. Les principales améliorations attendues portaient sur le calcul du bilan de GES et sur l'automatisation du chaînage des différentes étapes de la méthode.

Le deuxième objectif du projet consistait à appliquer la démarche participative, reposant sur la méthode ABC'Terre, sur quatre territoires pilotes en France, pour la tester en mobilisant les acteurs agricoles locaux. La démarche ABC'Terre prévoit d'utiliser les résultats du diagnostic réalisé à partir de la méthode ABC'Terre comme base d'échange avec les acteurs agricoles locaux, mobilisés en ateliers de concertation : ceux-ci mettent en évidence les pratiques culturales qui pourraient être modifiées pour stocker plus de Corg dans leurs sols et émettre moins de GES. Puis, les scénarios de modification de pratiques, ainsi co-construits et simulés avec ABC'Terre, sont discutés au cours de nouveaux ateliers participatifs : ils permettent finalement de concevoir un plan d'action et d'alimenter par là même le PCAET du territoire, en cohérence avec les problématiques rencontrées par les acteurs agricoles locaux.

Le projet visait aussi à formaliser la démarche ABC'Terre et à encadrer sa future diffusion.

L'ensemble de ces objectifs ont été atteints : la méthode ABC'Terre en 5 étapes a été améliorée, automatisée et rendue opérationnelle en France métropolitaine ; la démarche participative a été testée et validée par l'ensemble des acteurs mobilisés sur les territoires pilotes. La démarche ABC'Terre est aujourd'hui formalisée et le cadre technique, financier et juridique de sa diffusion est établi, pour un déploiement rendu possible à grande échelle en France métropolitaine, dès 2021.



www.ademe.fr

