DEUXIÈME PARTIE

CARBONE ET ÉNERGIE EN AGRICULTURE : QUELS ENJEUX ?

Dans la première partie du dossier (TCS 113 de juin/juillet/août 2021), nous avons insisté sur le rôle central des flux d'énergie dans nos activités quotidiennes, sur son faible coût au regard des services rendus, y compris en agriculture, qui est pourtant le seul secteur qui « produit » plus d'énergie qu'il n'en consomme (rapport de 4 pour 1), grâce à la photosynthèse. D'un point de vue énergétique, nous avons montré que les systèmes performants sont ceux qui maximisent la biomasse produite avec un recours modéré aux fertilisants azotés de synthèse et un recyclage performant des éléments minéraux, équation complexe dans les faits ! Cette seconde partie du dossier vise à réaliser un travail de réflexion similaire sur les flux de gaz à effet de serre (GES), dans un contexte de recherche de diminution de leur impact sur le changement climatique, en nous penchant sur deux problématiques : comment diminuer les émissions de GES agricoles liées à la nécessaire production et comment séquestrer une partie des GES émis par l'ensemble des activités humaines dans nos sols agricoles ? Pour terminer cette réflexion, nous parlerons bien sûr des nouveaux et futurs mécanismes de rémunération des producteurs choisissant de s'engager vers une démarche « positive en carbone ».

Stock et flux de GES en agriculture

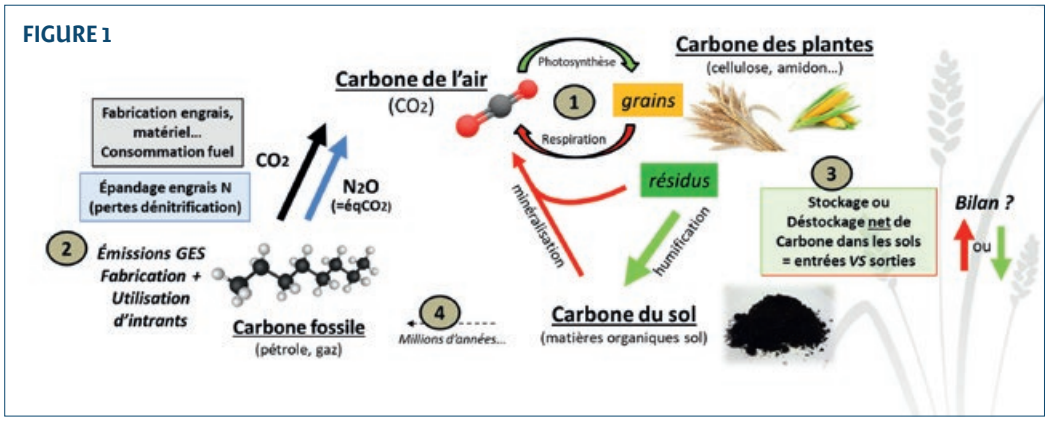
Pourquoi une démarche « positive en carbone » et non pas une démarche « bas carbone » comme on le lit souvent ? Il convient pour cela de bien définir les termes et les flux dont nous parlons.

Tout d'abord la distinction carbone / GES : dans l'analyse suivante, orientée « grandes cultures », nous ne considérons volontairement que deux GES :

- CO_2 (dioxyde de carbone, ou gaz carbonique, ou parfois improprement appelé « carbone »). Il est le résultat de la combustion (= oxydation) des molécules carbonées riches en énergie (produits pétroliers dans les moteurs, mais aussi aliments « respirés » par les êtres vivants). Un moteur, une bactérie ou un humain n'émettent pas du carbone, mais bien du dioxyde de carbone ;
- N_2O (protoxyde d'azote), d'un pouvoir réchauffant environ 300 fois plus élevé que le CO_2 par unité de masse. Il est notamment émis lors de la dénitrification de l'azote contenu dans les engrais et les sols agricoles.

Nous négligeons ici volontairement le CH_4 (méthane) qui est davantage lié aux ruminants et aux cultures en milieu inondé. Ensuite et pour simplifier les calculs et conversions, toutes les émissions des différents GES sont converties en « émissions équivalent CO_2 », de sorte qu'au final, un bilan de GES est exprimé en « tonne équivalent CO_2 » (téqCO_2). Attention à la conversion : 1 tonne de carbone équivaut à 3,66 téqCO_2.

FIGURE 1



Le carbone, qui compose les molécules « énergie » du vivant, peut se trouver dans quatre compartiments en lien avec la question agricole : l'air (CO_2), les plantes (matière fraîche), le sol (matières organiques du sol mortes et vivantes), le sous-sol (énergies fossiles). Lorsque l'on parle bilan GES, le compartiment que l'on cherche à minimiser est, bien sûr, la quantité de carbone (et de N_2O) dans l'air.

La figure 1 présente les flux entre les quatre compartiments considérés.

❶ Cycle photosynthèse / respiration : nous avons vu dans la première partie du dossier que ce carbone n'est que très temporairement fixé dans la plante. La consommation des aliments par les animaux, par les humains ou par les micro-organismes le rejette progressivement et directement dans l'atmosphère sous forme de CO_2.

On pourrait toutefois trouver légitime qu'il soit compté que l'agriculteur piège le CO_2 dans le grain par la photosynthèse et que le consommateur le remet dans l'air par minéralisation/respiration. Ce cycle est réel, mais non pris en compte dans les calculs GES globaux, y compris en agriculture. La raison est que du point de vue de l'atmosphère, ce carbone n'est ni soustrait ni ajouté sur le long terme ; il est en rotation rapide et n'influe donc pas sur l'effet de serre global.

Le débat mériterait d'être porté du point de vue économique, mais gare aux conclusions rapides, car faire payer le consommateur pour le fait d'émettre du CO_2 à partir de ses aliments revient à créer une « taxe à respirer » (que paierait aussi le producteur qui doit bien manger !) Probablement aurions-nous alors quelques remous sociaux colorés ! Cette réflexion permettrait cependant de tenir compte de la partie « déchets », assez importante, avec beaucoup de carbone mais aussi de nutriments perdus qui devraient normalement revenir aux sols comme fertilisants. Vaste débat qui devra un jour être ouvert si nous souhaitons réfléchir économie circulaire !

❷ Émissions de CO_2 liées à la combustion des énergies fossiles (fuel tracteurs, gaz naturel pour synthèse ammoniac, etc.). Ce carbone est enlevé du sous-sol et se retrouve dans l'air. À ce niveau, comme pour les autres consommations d'énergies fossiles, c'est du carbone supplémentaire qui vient s'ajouter à celui déjà dans l'atmosphère ! À cela s'ajoutent les émissions

de N_2O liées aux épandages d'engrais de synthèse et de ferme (loin d'être négligeables nous le verrons).

❸ Part du carbone fixé par les plantes grâce à la photosynthèse et qui n'est pas directement minéralisé en CO_2 mais restitué au sol sous forme de matières organiques stables, pour une durée assez longue pendant laquelle il est bel et bien soustrait de l'air.

❹ Fabrication de pétrole, gaz ou charbon depuis les plantes : malheureusement, cela prend des millions d'années (sauf pour la méthanisation)… C'est évidemment négligé dans les calculs.

Tout l'enjeu d'un bilan GES sérieux en agriculture est de comparer le flux n° 2 (émissions de GES liées à la production) et le flux n° 3 (stockage ou déstockage net de carbone dans les sols). Peut-on stocker autant, voire davantage, de carbone dans les sols que nous en avons « brûlé » depuis une source fossile ? D'où le questionnement initial : « positive en carbone », plutôt que « bas carbone » ?

Les émissions de GES en grandes cultures

Le référentiel Planete-GES (Solagro - déjà évoqué pour les consommations d'énergie) donne les chiffres suivants pour des fermes de grandes cultures :

- système en conventionnel : émissions moyennes de 2,16 téqCO_2/ha/an ou 0,45 téqCO_2/tMS produite ;
- système en AB : émissions moyennes de 0,89 téqCO_2/ha/an ou 0,33 téqCO_2/tMS produite, pour des fermes AB « 0 intrant ». Il convient de nuancer pour un système AB avec utilisation d'engrais organiques du commerce (eux-mêmes principalement issus du conventionnel, donc d'azote de synthèse) ;
- système en ACS : pas de chiffres synthétiques disponibles, car l'ACS est diversifiée ! On peut toutefois citer :
  - la diminution de la consommation de carburant (- 70 l/ha/an par rapport au conventionnel) qui permet une diminution d'émission de GES d'environ 0,2 téqCO_2/ha/an. En effet, brûler 1 l de fuel émet 2,7 kg de CO_2 ; la valeur monte même à 3,25 kg en tenant compte de la totalité de la chaîne d'approvisionnement des carburants ;
  - la fertilisation azotée, dont la quantité totale est plutôt inchangée, donc pas de modification, sauf si des engrais organiques sont utilisés. C'est un levier important à travailler, bien que ce carbone vienne d'ailleurs et qu'il appauvrisse un autre bilan. Bien sûr, elle peut être diminuée en augmentant significativement la part des légumineuses dans la rotation et en optant pour des cultures moins exigeantes en azote, mais ce n'est pas spécifique à l'ACS ;
  - il peut y avoir un risque accru d'émissions de N_2O si les sols sont trop humides. Cet élément porte à débat, mais cela milite (encore !) pour être exigeant sur la gestion des excès d'eau en ACS.

ZOOM SUR LES ÉMISSIONS DE GES LIÉES À L'AZOTE MINÉRAL

La fabrication d'1 uN émet environ 12 kg éqCO_2 sans compter les émissions de N_2O qui lui sont associées (source *Méthodologie label bas carbone grandes cultures*). Une fertilisation de 200 uN correspond ainsi à 2,5 téqCO_2/ha émises (fabrication d'engrais, épandage et émissions de N_2O induites).

À retenir : en grandes cultures conventionnelles, le premier poste d'émissions de GES est la fertilisation azotée minérale, loin devant les émissions liées aux carburants. 200 unités apportées = 2,5 téqCO_2/ha émises alors que 80 l fuel/ha/an consommés = 0,26 téqCO_2/ha émises, soit 10 fois moins pour le carburant que pour la fertilisation azotée !

Sencrop

Votre bilan météo personnalisé

Les mesures météo qui ont impacté votre campagne : recevez votre bilan personnalisé par email !

Dans quelle mesure la météo a-t-elle impacté mon rendement ?

Ai-je toujours agi au meilleur moment ?

Comment m'organiser au mieux pour la prochaine saison ?

Gratuit

Recevez par e-mail votre bilan météo personnalisé !

sencrop.app/TCS

Données météo depuis le 1er mars, issues des stations météo Sencrop les plus proches de chez vous.

09 72 60 64 40

L'élevage qui a été volontairement écarté de cette analyse pour plus de clarté, peut être un atout dans ce débat malgré les critiques de certains activistes. Certes les animaux, comme les humains, rejettent beaucoup de carbone (près de 80 % de la quantité ingérée) et privent certainement le sol de retours organiques. Cependant, force est de constater que c'est souvent dans les secteurs d'élevage que les niveaux organiques sont les mieux conservés. Il semble donc qu'au-delà des calculs de quantités (bilan humique), la qualité et les flux des matières organiques, notamment ceux des ruminants, ont un impact très positif sur le stockage du carbone.
Autre point et pas le moindre, l'azote et les retours minéraux : le bilan est inversé, c'est-à-dire que les animaux ne conservent qu'entre 20 et 25 % des constituants minéraux et rejettent le reste. Ce sont donc des concentrateurs de fertilité qui abaissent fortement le C/N des aliments qu'ils ingèrent. Autrement dit, ils peuvent devenir des « fabricants » d'engrais, entre autres, d'azote. Enfin, il est logique de rentrer dans l'équation l'énergie, qui peut être conséquente, dépensée dans la collecte, le stockage et le retour aux champs de ces « engrais de ferme » mais aussi les pertes en carbone et azote que leur manipulation peut occasionner (mauvais bilan du compostage).
À ce niveau, l'élevage pâturant dynamique avec les couverts comme fourrages, ainsi qu'il commence à être développé par certains ACSistes, semble une approche assez vertueuse car, sans dépenses énergétiques de récolte, de stockage, de transport et de retour, elle peut permettre d'assurer un retour plus rapide de l'azote sur les cultures suivantes et ainsi faire pression sur la partie importante de l'équation, sans pour autant trop impacter le bilan carbone puisqu'il s'agit seulement d'une partie de la photosynthèse des couverts qui retourne dans l'atmosphère.

F. THOMAS

À ce niveau et avec ces nouveaux pionniers, l'ACS risque d'apporter encore beaucoup de perturbations dans les calculs et les modèles avec, et encore une fois, une avancée très intéressante.

F. Thomas

L'introduction de légumineuses en cultures et en couverts est de loin le plus gros levier de diminution des émissions de GES à l'échelle de l'exploitation, grâce à la moindre utilisation, au global, d'engrais minéraux.

Le stockage de carbone dans les sols agricoles

Le carbone est le constituant principal des matières organiques du sol, si bien que lorsque vous lisez le résultat d'une analyse de sol, la valeur de teneur en matières organiques est en fait obtenue à partir de la mesure de la teneur en carbone organique du sol : % MO = % carbone org x 1,72.
Autrement dit, il est établi que l'ensemble des matières organiques du sol contiennent 58 % de carbone.

F. THOMAS

Les émissions de N_2O par les apports d'engrais sont souvent mises en avant notamment pour les pratiques de semis direct. Encore une fois cela doit dépendre énormément des conditions d'application et surtout de la qualité et de l'organisation du sol qui reçoit (il semble en effet que ce soit surtout les parcelles qui gèrent mal l'eau qui émettent le plus). Apportant un net bénéfice à ce niveau en supprimant la battance et améliorant l'infiltration, l'ACS renforce ici encore sa cohérence d'autant plus que le mulch développé en surface est chroniquement en déficit azoté. Nous avons trop besoin de cette ressource stratégique pour la laisser repartir !

Les matières organiques du sol peuvent être classées en trois catégories :
- les organismes vivants (vers de terre, champignons, bactéries, graines d'adventices, etc.) 5 % environ du total ;
- les litières (biomasse fraîchement restituée au sol ou « héritée ») : résidus, rhizodépositions, déjections, etc. Ce sont des molécules carbonées plutôt petites, riches en énergie, facilement disponibles. Elles contiennent ce qu'on nomme fréquemment le carbone labile ;
- l'humus : ensemble des molécules carbonées de grande taille synthétisées par la vie du sol à partir de matières organiques fraîches. Ce sont ces MO qui constituent le stock de C à moyen-long terme (carbone stable).

+ d'infos

Si vous n'avez pas le N° 114 de *TCS* en main et que vous souhaitez lire la suite de cet article, vous pouvez le commander au 03 87 69 18 18. Pour plus d'information sur les TCS, le semis direct et les couverts végétaux, nous vous donnons également rendez-vous sur :
www.agriculture-de-conservation.com

WEAVING
THE GROWING BUSINESS

Le seul double disque incliné sur pivot du marché

- Très faible perturbation du sol
- Pas de paille au contact de la graine
- Sillon toujours bien refermé

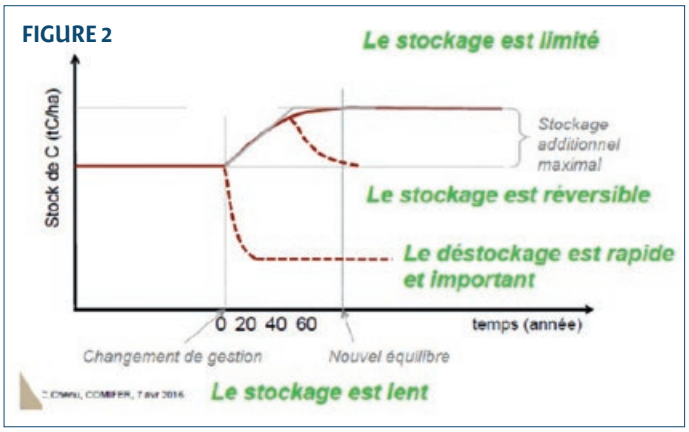
Éric De Wulf (+33) 03 23 54 72 13 · 06 07 06 63 78 · france@weavingmachinery.net
Marin De Wulf 06 31 73 97 04 · m.dewulf@weavingmachinery.net

www.weavingmachinery.net

Le stock de carbone d'un sol est obtenu en multipliant sa teneur en carbone par sa densité apparente sur l'épaisseur prise en compte. C'est pour cette raison que les mesures réelles et précises sont difficiles et assez coûteuses (tous les 5 cm de profondeur, il faut mesurer teneur et densité, puis sommer sur l'ensemble du profil de sol). Idéalement, il faudrait aussi prendre en compte l'hétérogénéité intraparcellaire ! Cependant, l'ensemble du carbone contenu dans les sols provient à la base des végétaux, donc du CO_2 de l'air. À l'inverse, toutes les formes de MO du sol peuvent être minéralisées et retourner dans l'air sous forme de CO_2. Là encore, il faut bien avoir en tête et savoir différencier les notions de stock (quantité à un instant t) et de flux (échanges dynamiques entre compartiments).

La figure 2 illustre le fait que le stock de C dans les sols agricoles dépend de leur gestion (couverture ou non, type de culture, exportation, etc.) et qu'il faut avoir une vision dynamique de ce stock : rien n'est jamais figé. D'une situation initiale, avec un stock de C donné, si de nouvelles pratiques « stockantes » sont mises en place, le stock va augmenter régulièrement jusqu'à atteindre un maximum, lié au contexte pédoclimatique. À l'inverse, si les pratiques stockantes sont remplacées par d'autres « déstockantes », la diminution est plus rapide que l'augmentation initiale…

FIGURE 2



Ainsi deux éléments doivent être pris en compte dans le débat « stockage de C dans les sols » : les pratiques qui permettent effectivement d'augmenter un stock de C initialement bas, mais aussi celles qui permettent de maintenir un stock déjà élevé. C'est important pour ceux qui mettent en place des pratiques favorables depuis longtemps.

Effet des différentes pratiques sur le stockage de C dans les sols

L'Inrae a publié en juillet 2019 une synthèse sur ce sujet, dont voici les principales conclusions :

■ le passage au semis direct reste un sujet « encore controversé » sur la question du carbone. Si on prend en compte l'ensemble du profil de sol, le passage du labour au SD n'aurait pas d'effet sur le stock total de C dans le sol, simplement une réallocation en surface (donc un appauvrissement en profondeur). Ce qui est difficile dans cette discussion, c'est en fait de dissocier les effets du SD de ceux des autres leviers fréquemment mis en place en même temps, et en premier lieu la couverture des sols. Par ailleurs, et si le non-travail du sol ne permet pas de « stocker » du carbone, il est très clair et souvent admis que la mise en culture, généralement avec du travail du sol, est une activité très déstockante ! Autrement dit, travailler ou non un sol déjà travaillé n'aurait qu'un effet modéré sur son stock de carbone, en tout cas bien moins important que d'autres pratiques comme la couverture permanente, l'apport de MO exogènes, la restitution des résidus, etc.

■ insertion des couverts végétaux d'interculture : la synthèse est claire, dans 90 % des cas l'intégration de couverts végétaux permet de stocker du C dans les sols, estimé à + 0,313 tC/ha/an (soit un stockage de + 1,2 téqCO_2/ha/an). Nous verrons par la suite que cette valeur est assez faible comparée à certaines observations de terrain en ACS performante ;

■ apports de MO exogène (compost, fumiers…) : d'un point de vue global, il faut bien avoir en tête qu'il s'agit en partie d'un déplacement de carbone d'un sol à un autre. Il y a toutefois un bilan positif car la MO est souvent mieux convertie en humus stable sur un sol « pauvre » en C où elle est épandue par rapport à un sol « riche » d'où elle est extraite et qui est probablement déjà saturé. Le gain net est en moyenne de + 59 kgC/ha/an ;

■ agroforesterie et haies permettraient également un stockage dans un contexte de grandes cultures. Il faut cependant reconnaître un défaut de temporalité dans ce contexte d'urgence. Les arbres mettront de longues années avant de se mettre en place et de devenir réellement efficaces. Nous ne développerons pas ce levier complémentaire ici ;

■ la productivité est enfin un élément trop souvent mis de côté. Comme 1 t de MS représente entre 400 et 500 kg de carbone en moyenne, toute augmentation de production conduit à un effet de captation important de carbone. Le choix des cultures aura déjà beaucoup d'impact (pois < tournesol < céréale d'hiver < maïs) mais également leur rendement.

C'est la quantité de biomasse produite et restituée (cultures, couverts, amendements) qui est le facteur primordial du bilan humique des sols. Souvent, le non-travail du sol et le semis direct permettent de l'optimiser.

F. THOMAS

C. DECARVILLE

Difficile de penser qu'une telle agression sur le sol, alors qu'elle est connue comme très minéralisante et libératrice de fertilité, n'ait pas autant d'impact sur le bilan humique. En fait, l'impact est fort et immédiat, mais s'estompe assez vite alors que les parcelles en ACS ont une minéralisation, certes plus lente au démarrage, mais souvent prolongée dans le temps grâce à une meilleure gestion de l'eau et de la température du sol en été. Il faut également admettre qu'une croissance de l'autofertilité (plus de fournitures du sol) induite par une augmentation de l'activité biologique (que certains laboratoires mesurent par le dégagement de CO_2) résulte, in fine, à plus de consommation de matières (organiques). À ce niveau et encore une fois, nous devons réfléchir en flux et non plus en quantité. Cette remarque ne retire en rien les pertes de fertilité et de matières organiques pour l'érosion qui ne sont jamais chiffrées dans les bilans alors qu'elles peuvent être très importantes, ni les autres impacts sur le comportement des sols et sur la biodiversité en dessous et au-dessus des parcelles.

Intensifier la productivité tout en étant économe est donc un levier favorable au bilan.

À retenir : on a longtemps pensé (et lu !) que le travail du sol était le facteur le plus déterminant sur le stock de C dans les sols. Il faut a priori se résoudre à être beaucoup plus modéré sur ce point.

En effet, le levier le plus impactant semble être la couverture des sols par du vivant en fréquence et en intensité. C'est donc la quantité de biomasse produite et restituée (cultures, couverts, amendements) qui est le facteur primordial du bilan humique des sols. Souvent, le non-travail du sol et le semis direct permettent de l'optimiser. C'est-à-dire que ce n'est pas le travail du sol qui déstocke majoritairement du carbone, mais bien un sol nu et une faible productivité de biomasse…

Bien sûr, nous ne parlons ici que du stockage de C, le non-travail du sol a bien d'autres effets positifs et démontrés sur l'érosion (qui est aussi une forme de déstockage de sol et de MO), sur l'activité biologique, la portance, la battance, etc. Restons toutefois en alerte sur l'évolution des connaissances à ce sujet, la recherche a encore du chemin à parcourir sur l'interaction entre les effets travail/non-travail et couverture/sol nu…

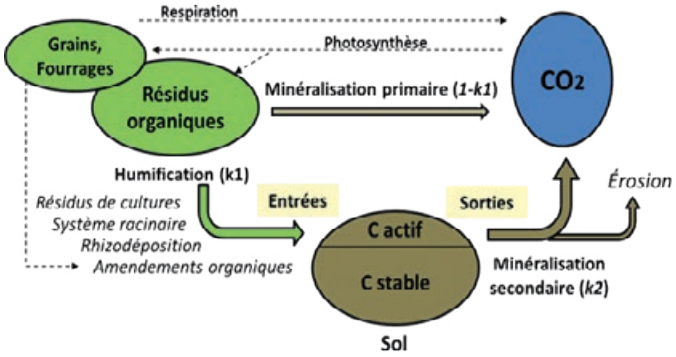
Rappelons enfin que les Cipans, devenues « couverts végétaux » grâce aux réseaux ACS, ne permettaient pas initialement d'équilibrer les bilans humiques alors qu'aujourd'hui, ils sont considérés comme un outil providentiel !

Bilan humique : entrées et sorties de carbone dans les sols

À l'image d'un bilan comptable, le bilan humique d'un sol donne une image de la situation à un instant donné (le stock de C dans le sol) ainsi que l'ensemble des entrées et sorties de C sur une période, par exemple sur 1 an.

■ Les entrées de carbone dans le sol (figure 3) : c'est la fraction de la biomasse fraîche restituée au sol qui va effectivement être humifiée (= transformée en carbone stable). Cette fraction – ou proportion – est définie par le k1, coefficient propre à chaque type de matière fraîche restituée. Par exemple, le k1 des pailles se situe autour de 15 %, cela signifie qu'en restituant 1 tonne de paille au sol, on obtient après dégrada-

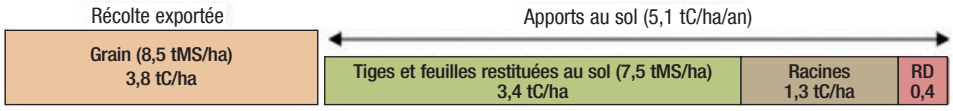
FIGURE 3



DR

Si le travail n'est pas si « déstockeur » de carbone, l'irrigation active largement la minéralisation en modifiant le climat pendant l'été (scénario tropical). Pour équilibrer le bilan, il convient de privilégier des cultures à forte biomasse et productivité, comme le maïs, et de compenser un maximum avec des couverts d'interculture. Vu sous cet angle, on comprend vite comment des cultures à faible, voire très faible, biomasse seront très déficitaires et entraîneront une chute importante des niveaux de matières organiques des sols.

FIGURE 4 : DÉTAILS DES ENTRÉES DE C DANS LES SOLS AGRICOLES



Apports au sol, pour une céréale produisant 8,5 tMS/ha de grain, avec un indice de récolte de 53 %.
Le flux annuel entrant au sol est de l'ordre de 5,1 tC/ha/an. MS = matière sèche ; RD = rhizodéposition
Les surfaces colorées sont proportionnelles aux valeurs en tC/ha.

Il est établi que, à apport équivalent, le carbone d'origine racinaire contribue davantage au stockage de C que le carbone d'origine aérienne.

tion 150 kg d'humus, le reste étant minéralisé (ou respiré ou encore oxydé) sous forme de CO_2 (= minéralisation primaire) et d'éléments minéraux.

■ Les sorties de carbone du sol : c'est la fraction du stock de C du sol qui est minéralisé tous les ans par l'activité biologique (= minéralisation secondaire). Cette fraction est donnée par le k2 (des publications récentes d'Arvalis évoquent le k5 ou k7), qui dépend du type de sol, du climat et qui dépendait historiquement de l'intensité du travail du sol, mais nous venons de voir que ce point est remis en cause.

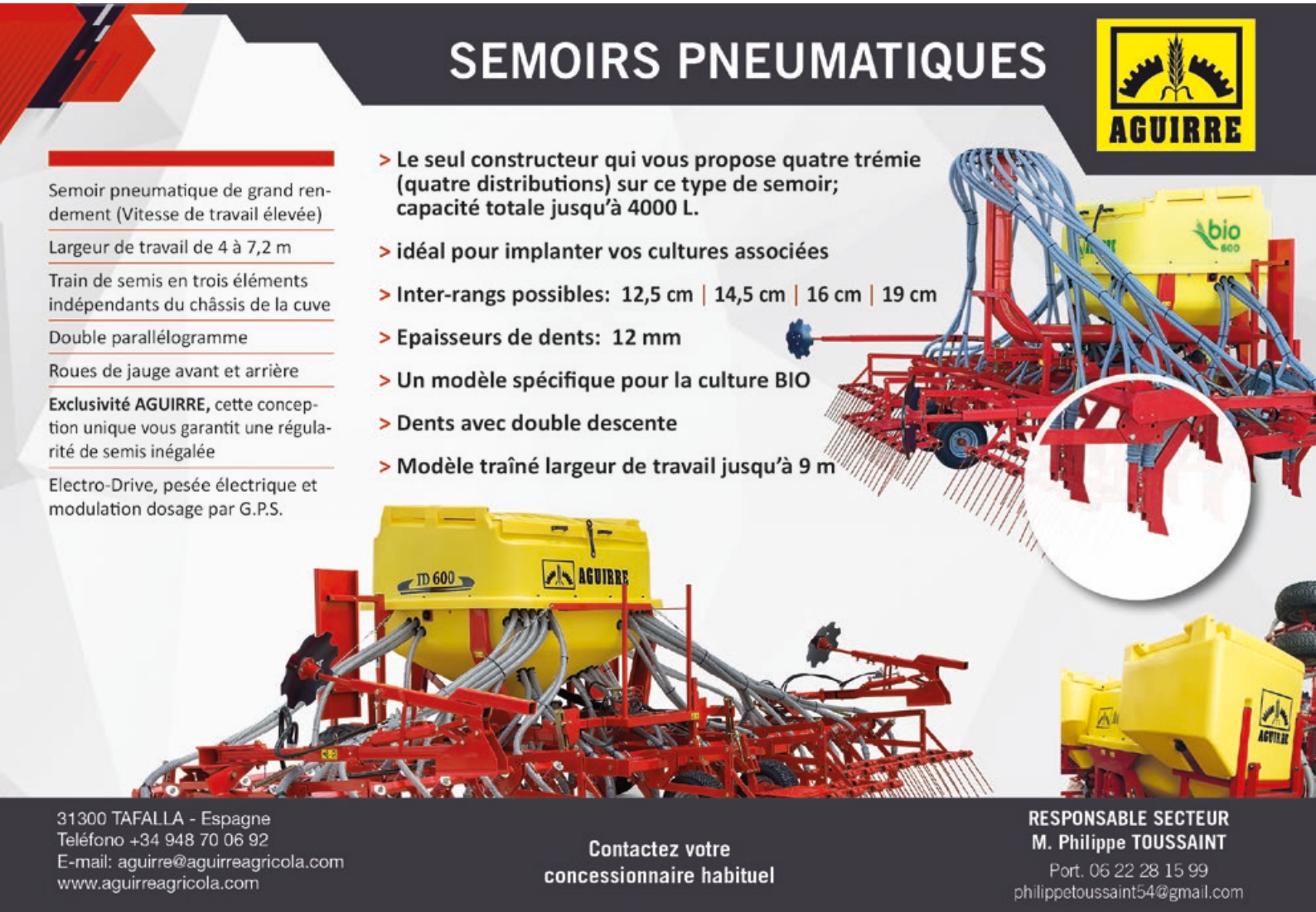
Pour qu'un bilan humique soit positif – c'est-à-dire pour stocker du C dans les sols « en net » – il faut bien sûr que les entrées soient supérieures aux sorties (comme pour le bilan comptable).

La figure 5 montre que colza, maïs grain, blé et soja sont les quatre cultures les plus pourvoyeuses de C pour le sol. Leur impact est d'ailleurs très largement renforcé par la présence de couverts (certainement assez classiques dans cette étude) et doit l'être encore plus avec des couverts optimisés et poussés au plus proche du semis comme c'est de plus en plus le cas en ACS. Ce graphique fait également ressortir l'impact non négligeable des plantes compagnes en colza qui peuvent en plus être renforcées par la présence de légumineuses pérennes sous-semées afin de qualifier l'interculture qui suit. À l'inverse, tournesol, féverole (culture) et pois ne permettent pas de compenser les pertes de C par minéralisation secondaire.

Une synthèse d'essai Arvalis aboutit à la conclusion que le k1 des couverts végétaux fréquemment utilisés en grandes cultures est de 0,27. Cela signifie que 27 % du carbone photosynthétisé par les couverts est ensuite stocké sous forme d'humus dans le sol, contre 15 % « seulement » par exemple pour la paille de blé. L'intérêt des couverts dans cette équation devient de plus en plus évident même si elle sous-estime encore la puissance des systèmes racinaires et de leurs exsudats (le carbone liquide qui « irrigue » la vie du sol).

Comme nous l'avons vu, il n'y a pas de levier efficace à notre disposition pour diminuer franchement le k2 d'un sol, c'est-à-dire diminuer la quantité de C minéralisée tous les ans.

De plus, réduire la minéralisation du carbone signifie inévitablement diminuer la restitution d'éléments minéraux par le sol pour les cultures et ainsi limiter son autofertilité. Cela signifie aussi diminuer la respiration du sol (c'est clairement synonyme !) Ce serait un paradoxe dans une stratégie ACS de « sols vivants » que de poursuivre cet objectif ! Retenons



la phrase : un sol vivant, c'est un sol qui respire !
Pour agir positivement sur le bilan humique d'un sol, notre levier d'action principal est ainsi d'augmenter les restitutions et donc de maximiser la photosynthèse (cultures et couverts), mais aussi de recourir à des amendements extérieurs lorsque c'est possible.

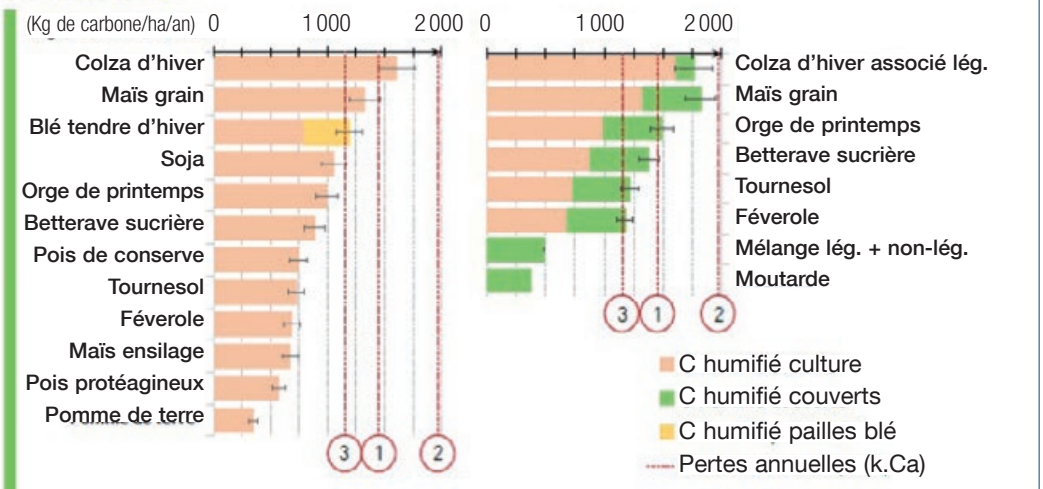
Cas concrets : mesures d'évolution de stock de carbone en ACS

Trois situations « locales » dans le Sud-Ouest permettent de comparer l'évolution des stocks de C dans les sols en fonction de modes de gestion bien différenciés (ACS / labour) :

■ Aurignac (31) chez JC. Lajous : entre 1997 et 2007, la mise en place de l'ACS (couverts systématiques, TCS et SD, rotation assez diversifiée) a permis un stockage additionnel de carbone de + 10,1 tC/ha par rapport à une situation « référence », soit + 0,8 tC/ha/an ou encore + 3 téqCO_2/ha/an (sur horizon de sol 0-60 cm). Coteaux argilo-calciques. Mesures CRA Occitanie.

■ Estampes (32) chez C. Abadie : entre 2001 et 2017, la mise en place de l'ACS (couverts systématiques, SD strict, rotation assez diversifiée en irrigué avec grande proportion de maïs, apports de fumiers) a permis un stockage additionnel de carbone de + 19,6 tC/ha par rapport à une situation « référence », soit + 1,22 téqC/ha/an ou encore + 4,5 téqCO_2/ha/an (sur horizon de sol 0-50 cm). Sols de boulbènes qui étaient descendus à des stocks de C très bas (40 tC/ha sur 0-50 cm).

FIGURE 5. ENTRÉES DE CARBONE HUMIFIÉ : CERTAINS RÉSIDUS DE CULTURE ET COUVERTS SE DISTINGUENT



Entrées de carbone humifié et pertes moyennes de carbone minéralisé simulées avec Simeos-AMG pour quelques cultures principales (à gauche) et couverts (à droite), seuls ou associés, en interculture ou avec une culture de rente. Pertes annuelles par minéralisation pour ① un sol de limon moyen-profond à 1,6 % de matière organique (cas courant) ou ② à 2,0 % (Syppre),③ un sol argilo-calcaire à 3 % de matière organique. Les rendements utilisés dans la simulation correspondent à des valeurs fréquemment rencontrées en Picardie (ex. : 90 q/ha pour le blé).
Incertitude de 10 % sur les résultats.

FIGURE 6

Boulbènes Sud-Gers irriguées, rotation basée maïs				Terres noires Béarn en sec, monoculture maïs		
Système culture	Site_profondeur prélèvement	Stock C (tC/ha)	Différence stock Carbone ACS-Labour	Site_profondeur prélèvement	Stock C (tC/ha)	Différence stock Carbone ACS-Labour
ACS	ABADIE_0_10 cm	16,6	+ 19,6	CASSOULONG_0_10 cm	24,6	+ 3,0
	ABADIE_10_25 cm	20,8		CASSOULONG_10_25 cm	37,5	
	ABADIE_25_50 cm	21,5		CASSOULONG_25_50 cm	35	
	TOTAL_ABADIE_0_50cm	58,9		TOTAL_CASSOULONG_0_50 cm	97,1	
Labour	ROUSSEAU_0_10 cm	11,4		MONGE_0_10 cm	22,9	
	ROUSSEAU_10_25 cm	17,6		MONGE_10_25 cm	35,7	
	ROUSSEAU_25_50 cm	10,3		MONGE_25_50 cm	35,5	
	TOTAL_ROUSSEAU_0_50 cm	39,3		TOTAL_MONGE_0_50 cm	94,1	

DONNÉES ISSUES DU PROJET BIOAGES (INRAE, ABAQ). LE TABLEAU N'EST PAS EN ENTIER

■ Lalonquette (64) – chez C. Cassoulong : entre 2007 et 2017, la mise en place de l'ACS (couverts systématiques, SD strict, monoculture de maïs) a permis une augmentation du stock de C de + 3 tC/ha par rapport à une référence en labour systématique avec également une monoculture de maïs (rendements très proches), soit + 1,1 téqCO_2/ha/an. Terres noires déjà très humifères au départ (> 6 % de MO).

Il est important de préciser que, dans ce cas de terres noires (terres assez récemment mises en culture), les stocks de carbone sont encore très élevés (près de 100 tC/ha : terres noires humifères). Bien qu'elles soient probablement déjà proches de leur maximum, le changement de pratique est cependant encore positif, ce qui permet d'être plus optimiste sur les quantités « stockables » dans la grande majorité des contextes agricoles et états des sols aujourd'hui.

Dans le couple de parcelle Abadie / Rousseau, il est très intéressant de noter que l'augmentation du stock de C se fait également en profondeur, avec un doublement du stock de C sur l'horizon 25-50 cm en 17 ans. Ceci est probablement permis par l'activité biologique et par les racines des cultures et couverts qui « injectent » du carbone en profondeur : un élément clé qui est actuellement totalement sous-estimé par les modèles alors que bien constaté par de nombreux ACSistes !

L'enracinement dépassant aussi très largement cette profondeur (1 m à 1,50 m), il y a fort à parier qu'il existe encore plus de carbone séquestré que mesuré, et que les marges de manœuvre sont colossales.

S'il est impossible de donner un chiffre unique de vitesse de stockage de C dans les sols, on peut cependant faire quelques conclusions solides :

■ certains sols ne semblent pas pouvoir stocker beaucoup plus de C (terres noires), bien que l'exemple de C. Cassoulong montre qu'il reste encore un peu de place dans ce cas. Ces situations particulières sont cependant très minoritaires, et dans la majorité des surfaces de grandes cultures, les stocks peuvent augmenter ;

■ la combinaison des facteurs couverts végétaux performants, cultures pourvoyeuses de carbone et apport de MO exogène permet vraisemblablement d'atteindre en routine des stockages nets de l'ordre de + 1 tC/ha/an soit + 3,7 téqCO_2/ha/an ;

■ les situations intermédiaires peuvent atteindre +0,3 à +0,5 tC/ha/an, soit + 1 à 2 téqCO_2/ha/an (proche des valeurs de la synthèse Inrae 2019).

Une figure pour illustrer ce que représente concrètement le stockage de C dans les sols de C. Abadie. L'objectif « 4 pour 1 000 » est totalement déplafonné avec une mesure validée à « 21 pour 1 000 » soit une augmentation de 2,1 % du stock de carbone dans le sol tous les ans !

Qui dit carbone dit azote !

Le rapport C/N de la MO du sol est de 10 environ. Cela signifie qu'il y a 10 fois plus de carbone que d'azote dans la MO du sol (valeur moyenne dans les analyses de sol). Ce rapport étant constant (et devant le rester), augmenter le stock de C dans le sol nécessite aussi d'augmenter le stock d'azote organique dans le sol. Stocker 1 tC/ha/an en net revient à stocker, donc à « immobiliser » sous forme organique 100 kgN/ha/an. C'est autant d'azote momentanément indisponible pour les cultures. Ce constat est d'autant plus important qu'il n'est pas pris en compte chez les producteurs qui sont en déstockage.

Car l'équation marche aussi en sens inverse : la récupération « gratuite » de 100 kgN/ha/an est mal prise en compte dans les calculs de plan de fumure prévisionnels en conventionnel, et va de pair avec un relargage de 1 tC/ha/an, soit près de 4 tCO_2/ha/an dans l'atmosphère (un écrasement du taux de matière organique d'un point en 20-25 ans est à peine perceptible).

L'introduction de légumineuses, qui utilisent l'énergie

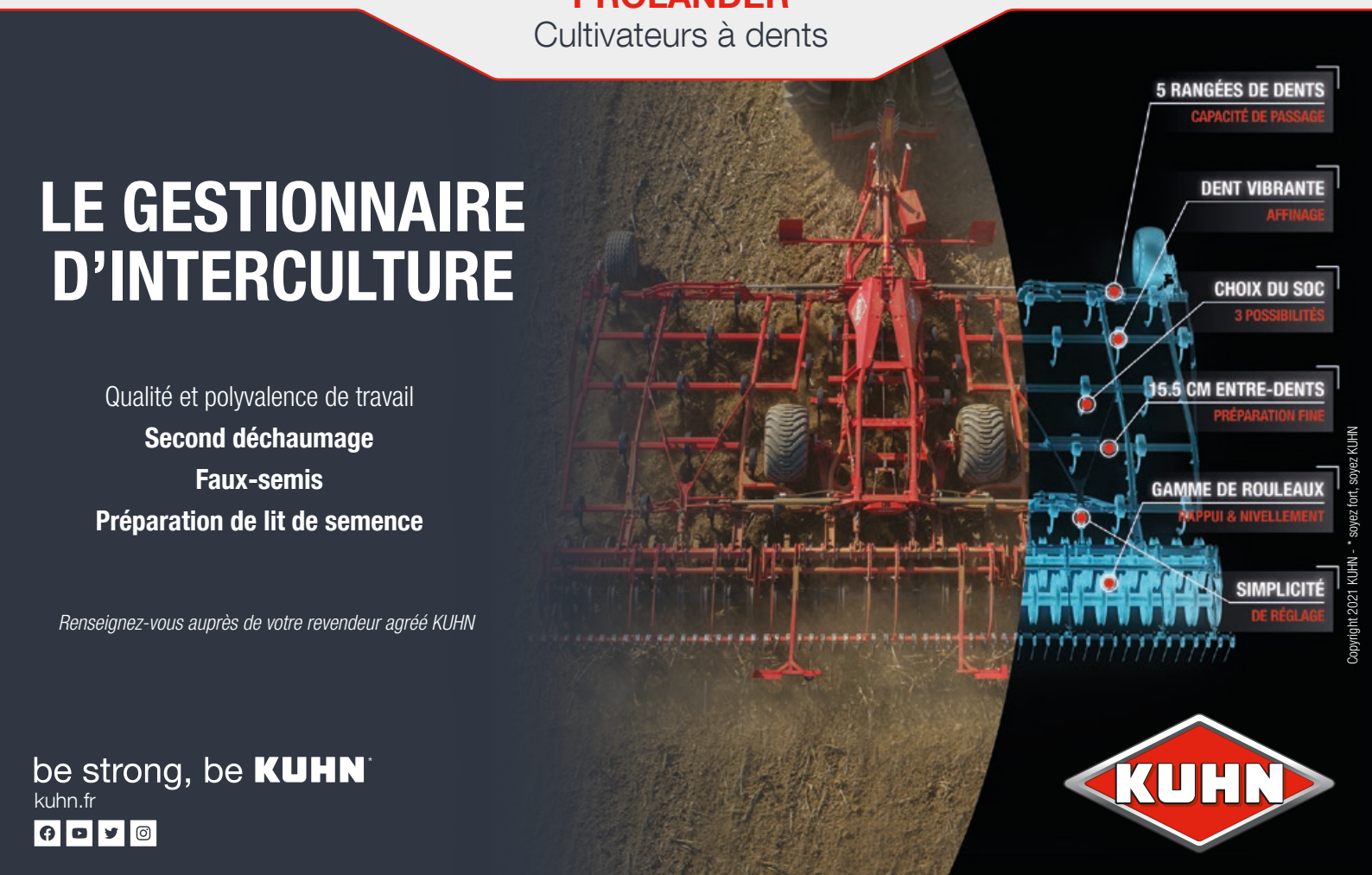
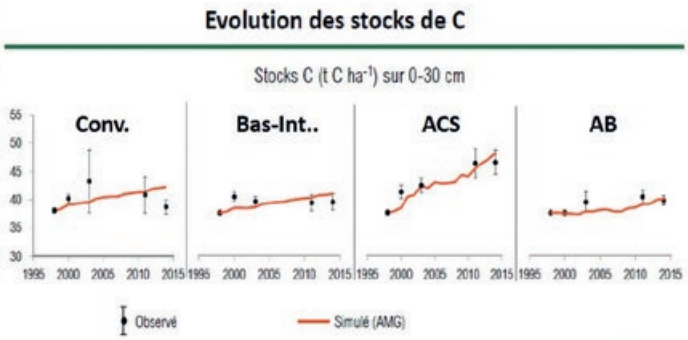
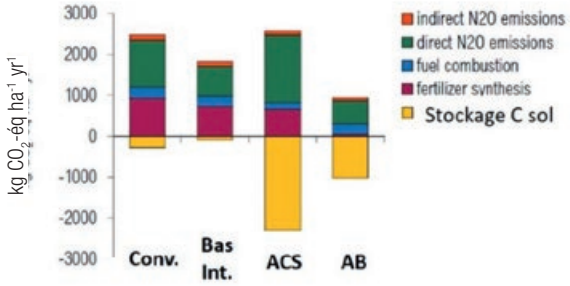
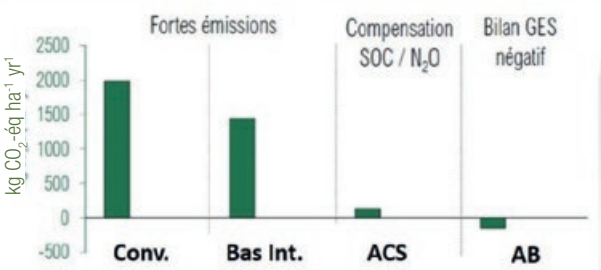


FIGURE 8 : ZOOM SUR L'ESSAI DE LA CAGE – INRA VERSAILLES

	Conventionnel	Bas-intrants	ACS	AB
Année	Labour annuel Pas de couvert DoseNmoy : 143	Labour 1 an/2 Pas de couvert DoseNmoy : 114	SD + luzerne en couvert permanent DoseNmoy : 104	Labour 3ans/4 DoseNmoy : 10
1	Pois	Pois	Pois	Blé
2	Blé	Blé	Blé	Blé
3	Colza	Colza	Colza	Luzerne
4	Blé	Blé	Blé	Luzerne







solaire (gratuite) pour convertir l'azote de l'air (gratuit) en azote organique est à ce titre indispensable pour stocker durablement du carbone sans faire « exploser » la fertilisation minérale – et donc les émissions de CO_2 liées à sa production…

Bilan GES : on stocke ou on émet?

De la même manière que nous avons calculé qu'une ferme est productrice nette d'énergie (pour rappel : 4 pour 1 en moyenne), la question se pose également de savoir si elle est « émettrice nette » ou au contraire « stockeuse nette » de GES.

Zoom sur l'essai de La Cage - Inra Versailles

L'essai de La Cage à Versailles est un essai « système de culture » initié en 1998 par l'Inra. Les quatre systèmes sont volontairement fortement discriminés. Comme beaucoup d'essais en plateforme, il est très critiquable, mais gageons qu'il serve de base pour les discussions !

La figure 8 montre, en haut à droite, l'évolution des stocks de carbone dans les sols des quatre modalités.

Sans surprise, on note bien que c'est dans la modalité ACS que le stock augmente le plus rapidement (+ 8 tC en 16 ans, soit + 0,5 tC/ha/an). On note aussi que le modèle AMG décrit assez bien les évolutions observées (nous en reparlerons pour les calculs retenus dans la méthodologie du Label bas carbone).

La même figure montre ensuite d'une part, les composantes des bilans GES (émissions de CO_2 et N_2O / stockage de C dans le sol), et d'autre part le bilan net de GES (= émissions - stockage). On retrouve bien le niveau d'émission de GES du référentiel Solagro-Planète : environ 2 téqCO_2/ha/an en conventionnel et 0,9 téqCO_2/ha/an en AB sans intrants.

À noter : dans le système AB, la luzerne n'est que très partiellement exportée (en moyenne une coupe sur deux est exportée, l'autre est restituée au sol). Le stockage de carbone dans le sol relativement élevé dans cet essai est donc en fait lié à une non-exportation de la production. L'auteur de l'essai reconnaît cette limite. La production exportée de ce système regroupe les deux récoltes de blé et seulement deux coupes de luzerne en 4 ans. Pour une évaluation plus globale, il faudrait également tenir compte de la productivité sachant qu'il faudra deux à trois fois plus de surface en culture pour nourrir une population donnée avec ce système.

Avec des rendements, donc des exportations, proches de ceux du conventionnel, le système ACS débouche sur un bilan GES presque neutre : le fort stockage de C dans le sol permettant de compenser la quasi-totalité des émissions de CO_2 et N_2O liées à la production. C'est un résultat très significatif, qui peut encore être très largement amélioré par une meilleure gestion des couverts et surtout des émissions de N_2O. Enfin, à mi-chemin entre tout et rien, le système bas intrants, avec labour occasionnel et sans couvert ne présente aucun intérêt.

Après cet exemple imparfait mais qui a le mérite d'exister et de donner les bons ordres de grandeur, finissons nos calculs entamés avec les données locales Sud-Ouest.

Calculs liés à nos mesures de terrain locales

■ Émissions liées aux consommations d'énergie : nous avons vu que les émissions moyennes de GES d'une ferme de grandes

cultures conventionnelle (liées aux consommations de carburant et aux fertilisants) sont de l'ordre de 2 téqCO_2/ha/an (0,9 en AB sans intrants).

■ Stockage de C dans les sols = émissions « négatives » :

- système conventionnel sans couverts d'intercultures : le sol continue de voir son taux de MO baisser régulièrement, avec des pertes de C de l'ordre de 0,2 à 0,4 tC/ha/an (situation actuelle dans la majorité des cas en grandes cultures). C'est donc une émission supplémentaire de CO_2 vers l'atmosphère de l'ordre de 0,5 à 1 téqCO_2/ha/an (qui vient s'ajouter aux 2 téqCO_2/ha/an émises par la consommation d'énergies fossiles) ;
- hypothèse « Synthèse Inrae 2019 » avec introduction de couverts végétaux : stockage de + 0,313 tC/ha/an soit un équivalent de stockage dans le sol de 1,2 téqCO_2/ha/an ;
- mesures terrains « locales » avec mise en place d'une ACS performante : stockage d'un équivalent de + 3 à + 4,5 téqCO_2/ha/an, qui fait donc plus que compenser les 2 téqCO_2/ha/an émises…

Bilan : l'objectif d'une agriculture nourricière et neutre en carbone est donc atteignable

Le stockage de carbone sous forme d'humus dans les sols de grandes cultures peut compenser, voire davantage, les émissions des GES liées à l'utilisation des énergies fossiles, indispensables pour produire. Et ceci en complément de l'objectif premier et principal de l'agriculture qui est de produire des aliments !

Restons prudents toutefois, ces chiffres très élevés de stockage ne peuvent pas être extrapolés à toute la SAU française et à tous les systèmes de culture. On note toutefois que les ordres de grandeur mesurés mettent les voyants au vert pour travailler à une rémunération de ces efforts.

Vers une rémunération du carbone ?

Et les euros dans cette histoire ? C'est une question ancienne, qui occupait déjà les débats il y a plus de 25 ans aux débuts de l'ACS… Pourquoi la situation évoluerait positivement pour les agriculteurs aujourd'hui ? Le marché du carbone découle du protocole de Kyoto (signé en 1997). Au niveau européen, il a été mis en place en 2005, mais avant tout pour les grosses installations industrielles et de production électrique. Le prix initial s'élevait à 25 €/tCO_2, pour baisser suite à la crise de 2008 autour des 5 €/tCO_2. Plusieurs secteurs en étaient jusqu'à maintenant écartés : l'aviation en partie, le transport maritime et l'agriculture. Enfin, ce marché était jusqu'à récemment destiné aux échanges internationaux de crédits carbone, entre les pays du « nord » émetteurs qui devaient investir dans des projets de réduction d'émissions de GES dans des pays du « sud » (avec l'inefficacité et la corruption que nous avons parfois pu lire dans la presse…).

Ce qui se développe plus récemment (suite à la COP21 et à la stratégie nationale bas carbone en France), c'est un marché des crédits carbone volontaires, où une entreprise française peut décider d'acheter un crédit carbone à un agriculteur français qui l'aurait généré. Reste à savoir comment on le génère, comment on le certifie et combien on peut le vendre !

On qualifie le crédit de « volontaire », car c'est bien un choix de l'entreprise qui, pour des raisons commerciales (et non réglementaires), voudrait communiquer sur son moindre impact carbone.

Prenons un exemple concret (mais fictif) : Danone (on aurait pu choisir Sodiaal ou Lactalis, peu importe) souhaite commercialiser des yaourts « neutres en carbone », car l'entreprise estime que ce

sera un argument fort pour ses ventes. Pour produire un yaourt, elle émet actuellement 100 unités de CO_2. Elle peut faire des efforts sur ses chaînes de collecte et de production et réussir par exemple à produire un yaourt qui émet 80 unités de CO_2. Mais pour afficher la mention « neutre en carbone » ou « zéro carbone » (c'est à la mode !), elle devra acheter l'équivalent de 80 unités de crédit carbone sur le marché volontaire, indépendamment (ou pas) du lait qu'elle achète. 1 crédit carbone, c'est 1 tonne équivalent CO_2 qui a été « évitée » ailleurs (non émise par rapport à une situation de référence où elle aurait dû être émise), ou encore qui a été stockée. Ce crédit doit être calculé selon une méthode approuvée, puis certifié par un organisme indépendant.

FIGURE 9

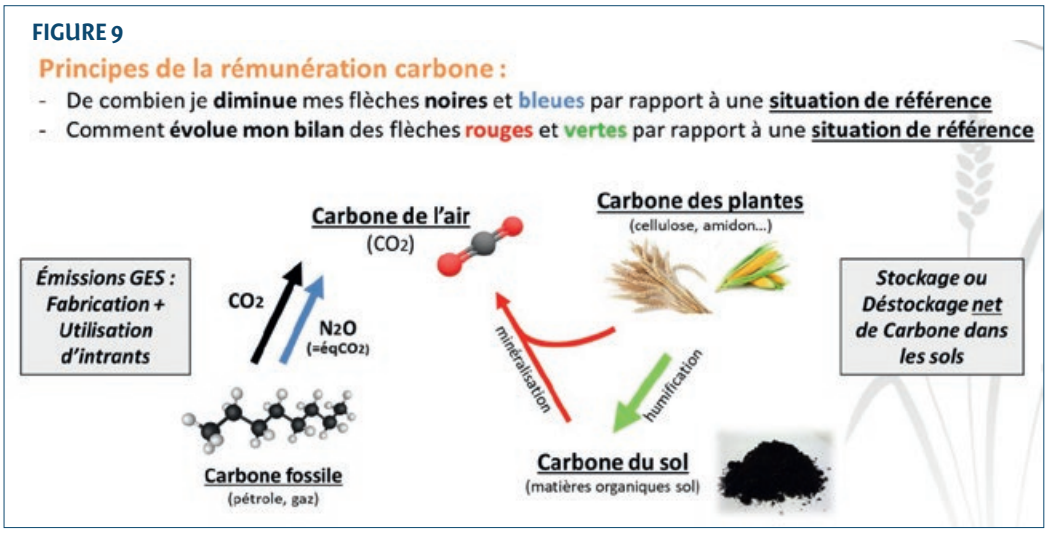
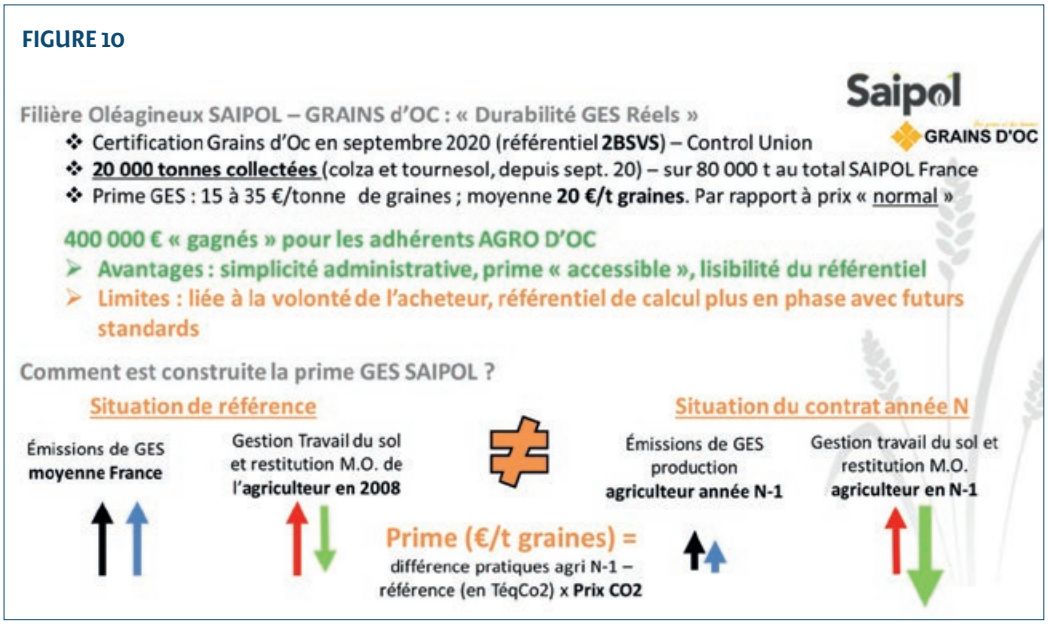


FIGURE 10



Principes d'un calcul de rémunération carbone

Il est primordial de bien avoir en tête cette partie, car elle peut paraître contre-intuitive au départ.

Les crédits carbone ne sont pas délivrés aux « bons élèves » qui seraient déjà vertueux en termes de pratiques carbone, car en effet, comment quantifier l'effort et l'historique de chacun, comment prendre en compte les spécificités de chaque contexte ? Les crédits carbone sont calculés et certifiés sur la base des changements de pratiques par rapport à une situation de référence (c'est la phrase la plus importante de ce long dossier).

Certes, cette « injustice » risque de faire serrer les dents à plus d'un lecteur de *TCS*, qui ont souvent été les précurseurs voire ont porté ce projet de « crédit carbone ». Cependant, les bénéfices agronomiques sont bien là, et l'avance prise en matière de sol et de savoir-faire ne se rattrape pas aussi rapidement. Enfin, il y a fort à parier que cet engouement pour le carbone apporte des orientations plus « résultats », faisant émerger nos cohérences avec de belles surprises à la clé !

La figure 9 illustre ce principe, appliqué aux deux flux de GES pertinents en agriculture et expliqués plus haut dans ce dossier : les émissions de GES liées à la production (consommation de fuel, engrais, etc.) et le stockage de carbone dans les sols.

Il s'agira de calculer en quoi ces deux flux ont évolué par rapport à une situation initiale, prise comme référence… Dans ce cadre, deux options vont vivre en parallèle : les primes filières et les certifications à l'échelle de l'exploitation.

Les rémunérations filières : des « bons coups » à prendre !

Plusieurs filières s'emparent de ce sujet et proposent une construction de prix qui intègre un contenu carbone. Cela peut prendre la forme de certificats carbone plutôt que de crédits carbone, mais l'esprit et le principe de calcul sont les mêmes.

C'est notamment le cas de Saipol (filiale du groupe Avril, leader français de la transformation de graines d'oléagineux), qui a récemment

« amélioré » son contrat durabilité en y intégrant la notion de calcul d'un bilan GES « réel », c'est-à-dire lié à la production commercialisée et non à une moyenne nationale comme auparavant. Concrètement, Saipol s'est appuyé sur un référentiel de calcul existant et reconnu dans les certifications carbone (2BSvs) et a proposé à différents OS de collecter des graines d'oléagineux sous contrat « Durabilité GES réels », avec calcul d'une prime GES au contrat, liée aux pratiques contractualisées de production de la marchandise.
Notre filiale Grains D'Oc, spécialisée dans le commerce des grains en « direct ferme », avec des adhérents stockeurs à la ferme, a proposé ce contrat à partir de septembre 2020, l'allotement et la traçabilité des lots étant une manière de fonctionner préalable.
La figure 10 explique comment Agro d'Oc a pu collecter 400 000 € de prime carbone en 12 mois pour le compte des producteurs. Une première expérience concrète et, de l'avis des vendeurs, « intéressante » qui se poursuit actuellement pour le tournesol R21 et le colza R22. Il est toutefois probable que les choses évoluent rapidement (référentiel et calculs utilisés, niveau de prime…), c'est le défaut des primes liées à un acheteur, mais sachons reconnaître l'opportunité quand elle se présente !

Le label national bas carbone (LBC)

Un changement plus structurant se profile sur le sujet de la compensation carbone en agriculture.
Le label bas carbone (LBC) est une initiative lancée par l'état, qui met en place un cadre offrant des perspectives de financement à des projets locaux de réduction des émissions de GES (par réduction, il faut aussi entendre stockage dans les sols).
Des collectivités, des entreprises, et même des citoyens, sont prêts à rémunérer des actions bénéfiques pour le climat sur une base volontaire, par exemple pour compenser leurs émissions résiduelles.
Pour s'engager, ces financeurs potentiels ont besoin que les réductions ou le stockage soient assurés. Chaque secteur d'activité / interprofession est en charge de produire son propre référentiel qui validera la méthode de calcul puis de certification des réductions d'émissions de GES.
Pour la filière grandes cultures, la méthode vient d'être publiée récemment (déposée le 23 juillet 2021). Elle a été co-rédigée

par les instituts techniques et Agrosolutions, sous la validation scientifique de l'Inrae et approuvée par les deux ministères de l'Agriculture et de l'Environnement.

Concrètement, des agriculteurs peuvent (ou pourront dans les prochains mois) se réunir autour d'un porteur de projet pour monter un projet local de réductions d'émissions sur 5 ans et calculer leur potentiel de génération de crédits carbone (avec un outil de calcul validé). Ces crédits devront être certifiés par un organisme indépendant pour pouvoir être vendus à un acheteur intéressé.

Il s'agira en fait de dissocier la vente des produits agricoles classiques (grains, lait, viande…) de la vente d'un service environnemental (à la différence de la prime filière précédente qui reste très liée à la volonté de l'acheteur). C'est en quelque sorte un « découplage » qui permettra une plus grande liberté de décision, d'arbitrage et de transparence dans la fixation des règles. Là encore pour le calcul des crédits carbone certifiés LBC, tout sera une question de référence initiale puis de méthode de calcul.

■ Quelles seront mes émissions de GES à l'échelle des systèmes de culture de mon exploitation dans mon projet sur 5 ans par rapport à mon système de référence (= 3 dernières années ou à défaut, référence régionale) ?

■ Quelle sera l'évolution du stock en carbone organique de mes sols sur 5 ans permise par mon projet, par rapport à la situation où je ne modifie rien ? À ce titre, le maintien d'une pratique déjà vertueuse sera également pris en compte pour permettre de valoriser en partie les efforts déjà réalisés (exemple : si je fais déjà des couverts végétaux, le fait de continuer à en faire sera éligible, car si j'arrêtai d'en faire, mon sol déstockerait du carbone).

Sans surprise et conformément aux éléments présentés en début de ce dossier, les trois grands volets de mesures qui pèseront pour générer des crédits carbone sont :

■ la réduction des émissions de GES principalement liées à l'azote (moindre utilisation d'engrais via des légumineuses, modulation N, outils pilotage N, utilisation de formes d'azote moins émettrices) ; mais aussi moindre consommation de fuel par les tracteurs et l'irrigation ou encore le chaulage des sols acides qui permet de limiter les pertes ;

■ le stockage de carbone dans les sols (par l'introduction ou l'extension des couverts végétaux, la restitution des résidus, les amendements organiques, l'introduction de prairies temporaires) ;

■ la production de biomasse pour substituer les énergies fossiles (méthanisation, biocarburants) ou pour diminuer la dépendance aux protéines végétales importées (soja, colza, tournesol).

M. ARCHAMBEAUD

La méthanisation, une autre destinée de la production de biomasse pour substituer les énergies fossiles. À relire sur le sujet, les articles parus dans TCS 92 (mars/avril/mai 2017) de Mathieu Archambeaud, TCS 94 (septembre/octobre 2017) sur le concept Lome d'Eugène Triboi et TCS 110 (novembre/décembre 2020) de Grégory Vrignaud.

FIGURE 11

Exemple d'une simulation de projet Label Bas Carbone

partie réduction des émissions GES :
- 0 => 20% légumineuse SAU
- Urée => 100% ammo
- - 20l fuel/ha/an

partie stockage C dans le sol :
- 20% SAU => 50% en couverts végétaux
- Apports compost (1/6 de la SAU/an)
- Luzerne sur 5% terres « maigres » (compatible AB)

- 0,6 téqCO2/ha/an — Émissions — projet

Bilan net :
1,15 téqCO2/ha/an =
1,15 crédit carbone/ha/an
= 35 €/ha/an

+ 0,55 téqCO2/ha/an — Stockage — projet

Analyse :
- Passage urée à ammo : trop « cher » au regard du retour
- Économie de fuel : impact très limité
- Ce qui pèse : **diminuer l'azote de synthèse** = introduire des légumineuses en culture ou en double culture, augmenter les couverts, mettre du compost et des M.O. organiques.
- Si on monte à **1,5 téqCO2/ha/an et à 45 €/tCO2 =>** 70 €/ha (c'est mieux !)

Les avantages possibles de ce label

Il permettra à un groupe de se structurer plus facilement pour créer un projet local bas carbone.

Le prix de la tonne de CO_2 n'est pas fixé a priori, il pourra être négocié entre acheteur et vendeur. Le chiffre de 30 €/t CO_2 est fréquemment présenté, mais il demande à être affiné et devrait évoluer (à la hausse) pour que ce marché décolle réellement.

Il offrira une meilleure visibilité locale pour trouver des acheteurs de crédit carbone, eux aussi locaux ou nationaux idéalement…

La figure 11 présente une simulation grossière, mais réaliste dans les ordres de grandeur, de ce que pourrait être un projet label bas carbone à l'échelle d'une exploitation de grandes cultures. Dans ce registre, on peut également citer l'initiative belge de Soil Capital accessible en France depuis

LA DÉMARCHE DE SOIL CAPITAL

Pour rejoindre ce programme inédit, la démarche est simple : Soil Capital Carbone réalise avec l'agriculteur un bilan de son exploitation, qui est analysé afin de prioriser les actions qui améliore ront à la fois sa rentabilité et son impact GES. Les bilans reposent notamment sur un outil de quantification de l'empreinte GES développé par des universités européennes le « Cool Farm Tool ». Le protocole mis en place par Soil Capital Carbone pour évaluer l'impact climatique de chaque ferme est mené et vérifié selon les critères conformes aux exigences de la norme internationale ISO 14064-2. Le processus de vérification et certification des données se fait chaque année et les paiements sont annuels. L'agriculteur engagé dans le programme reçoit des certificats carbone correspondant aux résultats obtenus par ses pratiques : la séquestration en équivalent CO_2 peut atteindre 2 t/ha/an. Ces certificats sont commercialisés par South Pole, un fournisseur de solutions climatiques reconnu notamment auprès d'entreprises qui souhaitent encourager la neutralité carbone des matières premières qu'elles commercialisent. *« Il ne s'agit en aucun cas d'un droit à polluer mais bien à inciter les parties prenantes à agir concrètement dans leurs propres filières et territoires »*, déclare Charles de Liedekerke. L'idée centrale est de construire un marché européen crédible et centré sur l'essentiel : apporter une triple valeur rémunératrice aux agriculteurs (agronomique, économique avec en plus un bonus environnemental pour leur impact positif GES).

Côté acheteurs, Cargill, acteur mondial de l'industrie agroalimentaire, s'est engagé dans la démarche avec l'achat de certificats. *« Ce partenariat nous permet de continuer à investir dans les principes de santé des sols qui contribuent à améliorer les moyens de subsistance des agriculteurs, tout en réduisant les émissions de GES »*, déclare James Ede, responsable du développement durable pour la division Amidons, édulcorants et texturants de Cargill EMA.

IBA, société belge de technologies médicales s'est également engagée. *« Nous sommes convaincus que les entreprises peuvent être un puissant levier pour agir positivement en faveur de la planète*, déclare Olivier Legrain, CEO d'IBA. *Et IBA est fière d'être la première entreprise belge à soutenir le programme Soil Capital Carbon. »* Depuis, de nouveaux acheteurs de certificats carbone tels que Anheuser-Busch InBev et l'Oréal Paris ont récemment rejoint le projet.

Frédéric THOMAS

l'an passé. Elle fonctionne globalement sur le même principe mais avec un référentiel de calcul différent (voir encadré). De son côté, Agro d'Oc projette de démarrer des calculs et des diagnostics concrets dès cet automne 2021 avec 50 adhérents intéressés, pour juger, avec eux, de l'opportunité de se constituer porteur de projet.

Vers un bilan carbone des parcelles par satellite ?

Le projet Naturellement popcorn (initié par Nataïs, leader européen du pop-corn et dont Agro d'Oc est partenaire) est une autre initiative concrète de rémunération du carbone stocké par les pratiques agricoles.

Nataïs propose ainsi à ses producteurs volontaires d'intégrer un réseau de fermes pilotes pour tester le dispositif de mesures puis de rémunération du C stocké. Le principe repose sur le modèle agronomique Safy-CO_2, développé par le Cesbio à Toulouse, qui valide que le bilan humique d'un sol agricole est au premier ordre lié à la quantité de biomasse produite et restituée sur place. Les pertes de carbone par la minéralisation sont notamment liées à l'intensité du travail du sol. Cela explique l'évolution du stock de C mais au second ordre simplement.

Le changement de pratique est comparé à une situation de référence de production du pop-corn avec interculture en sol nu, c'est donc l'ajout d'un couvert végétal en interculture qui est considéré comme jouant le plus sur le bilan humique d'une parcelle.

Le principe de calcul de la prime Carbone Nataïs (qui va être affiné au fur et à mesure du projet) est le suivant :

- prime de participation au réseau pilote : 200 €/an ;
- pesée de couverts végétaux sur la parcelle (estivaux + hivernaux), estimation matière sèche ;
- ajout d'un coefficient pour prendre en compte la biomasse racinaire (+ 20 %) ;
- coefficient pour transformer la matière sèche en carbone capté (50 %) ;
- coefficient pour transformer en carbone effectivement stocké dans le sol à moyen terme (= k1, 20 %)
- conversion du carbone stocké en CO_2 (x 3,66) puis en euros : prix fixé à 45 €/tCO_2.

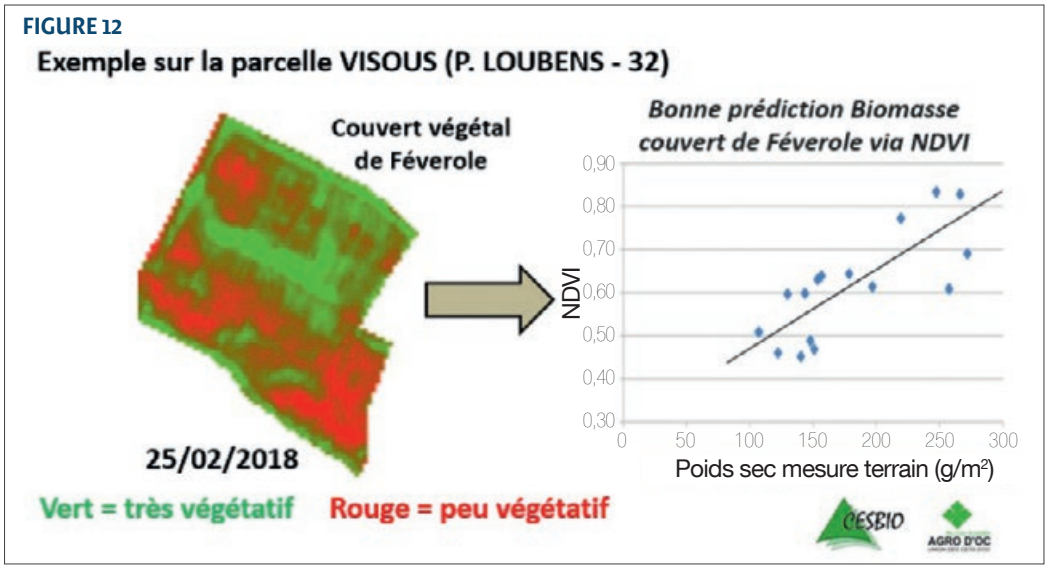
À titre d'exemple, un couvert végétal pesé à 5 tMS/ha est donc rémunéré 100 €/ha (5 x 1,2 x 0,5 x 0,2 x 3,6 x 45). Ce dispositif très simple permet donc de toucher 20 €/tMS de couvert végétal, tout en le restituant au sol. Qui dit mieux ?

La biomasse du couvert est actuellement mesurée au travers de campagnes de prélèvements sur le terrain.

Dès 2022, les objectifs sont d'utiliser en complément des mesures terrain, les images satellites Sentinel (passage tous les 5 jours) pour déterminer automatiquement la biomasse des couverts, mais également d'intégrer la biomasse produite par le maïs pop-corn et plus particulièrement ses résidus restitués au sol (la figure 12 montre la corrélation image satellite / biomasse mesurée, lien qui est encore en cours d'amélioration par des campagnes de prélèvements terrain).

Dans le cadre de ce projet Naturellement popcorn, nous travaillons de manière plus large à étendre le bilan carbone des sols par satellite à toutes les cultures, afin qu'à terme, il puisse être utilisé comme base de calcul et de justification pour le LBC (à ce stade, le label bas carbone demande des mesures de biomasse renseignées par l'agriculteur et le porteur de projet).
Les avantages seraient de pouvoir étendre à plus grande échelle les mesures et ainsi permettre au plus grand nombre de bénéficier de crédits carbone, mais aussi d'éviter les « rabais » prévus dans la méthode du LBC si une valeur technique est renseignée à titre déclaratif par le demandeur et non justifiée par une preuve opposable.

FIGURE 12



L'agriculture du carbone ?

L'agriculture moderne est incroyablement performante. C'est notamment le cas grâce aux énergies fossiles, formidablement concentrées, et qui permettent de transformer très efficacement l'énergie lumineuse en aliments et/ou en bio-produits.
Le double enjeu de la raréfaction des énergies fossiles (voulue ou subie), ainsi que du changement climatique lié aux émissions de GES risque de rebattre profondément les cartes dans les décennies à venir, voire plus rapidement.
Une agriculture du carbone est donc une agriculture qui continue à produire des aliments en qualité et quantité mais probablement aussi de l'énergie utilisable par nos machines. Elle devra être très performante en matière de productivité afin d'éviter d'étendre les surfaces sur les milieux naturels et les forêts, de réduire globalement sa consommation d'énergie fossile (travail du sol, engrais azoté, irrigation) et de séquestrer ou plutôt d'augmenter le temps de résidence du carbone dans ses sols et ses écosystèmes.
C'est une agriculture « bas carbone » pour l'atmosphère, mais « haute en carbone » pour les sols et les plantes.
Au regard des éléments exposés, les grands axes de cette agriculture devront être de :

- maximiser la photosynthèse à tous les niveaux pour faire entrer de l'énergie « gratuite » dans les agroécosystèmes ;
- mieux boucler le cycle des éléments minéraux pour diminuer les fuites de fertilité des systèmes de production. À ce niveau, il faudra certainement construire de nouveaux contrats avec la société qui au travers de la nourriture, collecte et gaspille des quantités monumentales de nutriments mais aussi de carbone ;
- consommer moins, voire beaucoup moins, de ressources fossiles, mais sûrement aussi réserver le fossile restant en priorité à ce secteur stratégique en termes de souveraineté alimentaire mais également de bilan énergétique extrêmement positif ;
- réduire fortement la dépendance à l'azote de synthèse en maximisant les légumineuses (cultures et couverts performants) et en recourant le plus possible aux produits organiques ;
- amplifier le bilan carbone en faveur du retour dans les sols afin de compenser une partie de la consommation difficilement compressible des ressources fossiles ;
- dissocier la vente des produits (grains, lait, viande) de la vente des services environnementaux que l'agriculture génère.

À bien y regarder, l'ACS, qui s'est construite autour de ces grands principes, se retrouve grandie encore avec le dossier carbone. En comparaison à de nombreuses autres solutions proposées, le savoir-faire est aujourd'hui bien maîtrisé, les premières références solides confirment la cohérence et le potentiel. Il ne reste plus qu'à l'étendre et à continuer d'appuyer sur l'accélérateur « photosynthèse ».

Sylvain HYPOLITE, Agro d'Oc

agriculture-de-conservation.com
est heureux de mettre à votre disposition cet article issu de la **revue TCS**.

La vocation du site est d'encourager le partage d'informations dans l'objectif d'assurer la promotion d'une agriculture vertueuse, productive et soucieuse de préserver les sols.

Dans cette optique, vous pouvez faire libre usage du contenu de cet article, le diffuser, l'utiliser à la condition d'indiquer son origine.

Merci de jouer le jeu !

TCS
Techniques Culturales Simplifiées