

Lutter contre le changement climatique *en stockant le CARBONE* *dans les sols agricoles*



2021

**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
LOIRE

ÉCOPHYTO
DEPHY | RÉDUIRE ET AMÉLIORER
L'UTILISATION DES PHYTOS

Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR


**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**

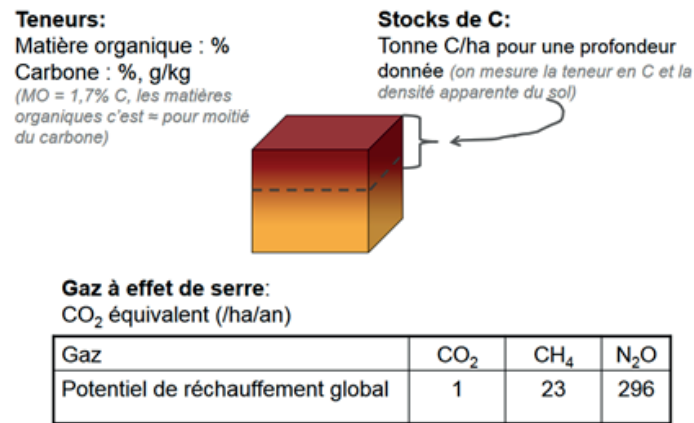
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Loire
LE DÉPARTEMENT

4‰ sur les sols pour le climat

L'objectif « 4 pour 1000 sur les sols pour la sécurité alimentaire est le climat » a été lancé lors de la COP-21 et proposait d'augmenter chaque année de 4 ‰ le stock de carbone présent dans les sols du monde. Le chiffre annoncé considère que l'ensemble des émissions annuelles de CO₂ issues des activités humaines représente environ 2 400 Gt de C, soit l'équivalent de 4 ‰ du stock de carbone dans les sols de la planète. Un stockage équivalent à ces émissions permettrait donc de compenser chaque année ces émissions. L'objectif initial a été revu pour ne considérer qu'un stockage dans les 30 premiers centimètres du sol à l'échelle mondiale. Pour compenser les émissions de carbone et d'azote, l'objectif est donc de stocker ces éléments dans le sol (figure 1).

Figure 1 : stockage du carbone dans le sol et potentiel de réchauffement global des différents gaz à effet de serre (source : Chenu, 2016)

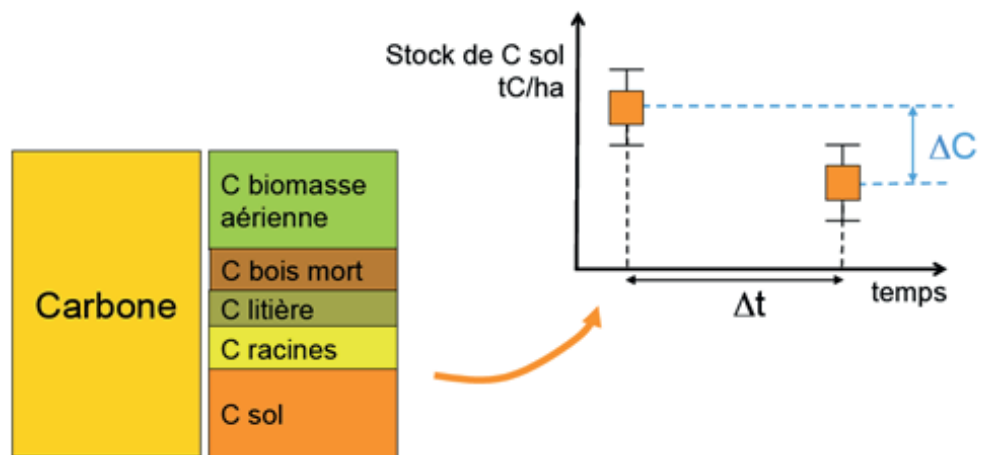


C.Chenu-26/02/2016-Baugé

AgroParisTec

On considère les autres gaz en équivalents CO₂, que l'on va stocker dans le sol dans les différents compartiments, au cours du temps (figure 2).

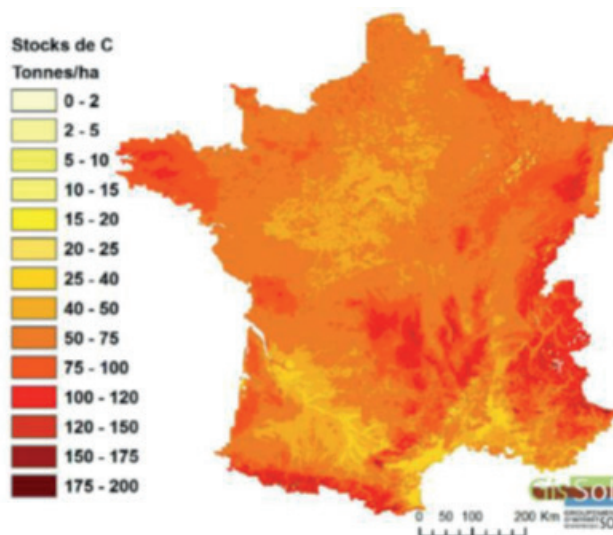
Figure 2 : Bilan carbone dans le sol et variation théorique du stock au cours du temps (source : Chenu, 2016)



Les prairies et les forêts sont les puits de carbone des sols

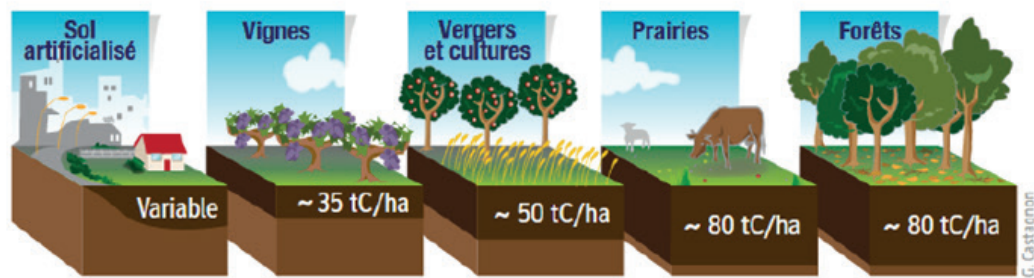
Les études récentes de prélèvements ponctuels des programmes nationaux IGCS (Inventaire, Gestion et Conservation des Sols) et RMQS (Réseau de Mesures de la Qualité des Sols) du GIS-SOL et de modélisation à partir de ces prélèvements ont permis d'établir une carte du stock de carbone à l'échelle nationale (figure 3).

Figure 3 : Carte des stocks de C organique des sols français (en tC/ha) sur les 30 premiers centimètres de sol (GIS Sol)



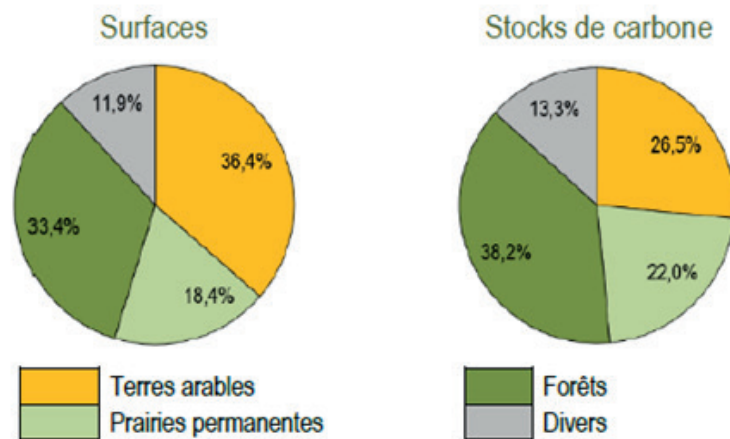
La carte ci-contre est à mettre en relation avec l'occupation du sol : les sols dans lequel le stockage de carbone est le plus élevé sont les sols de prairies et de forêts, avec un stockage de l'ordre de 80 tC/ha (figure 4).

Figure 4 : Estimation du stock de carbone dans les 30 premiers cms de sol (données ADEME, GIS-SOL et INRA, 2017)



En terme d'occupation du sol, les surfaces en forêts et prairies représentent environ la moitié des surfaces totales, alors qu'elles permettent plus de 2/3 du stock de carbone (figure 5).

Figure 5 : Surfaces et stocks totaux de carbone par grand mode d'occupation des terres, estimés d'après le RMQS. Les surfaces en terres arables incluent les prairies temporaires (< 6 ans) et les prairies artificielles.

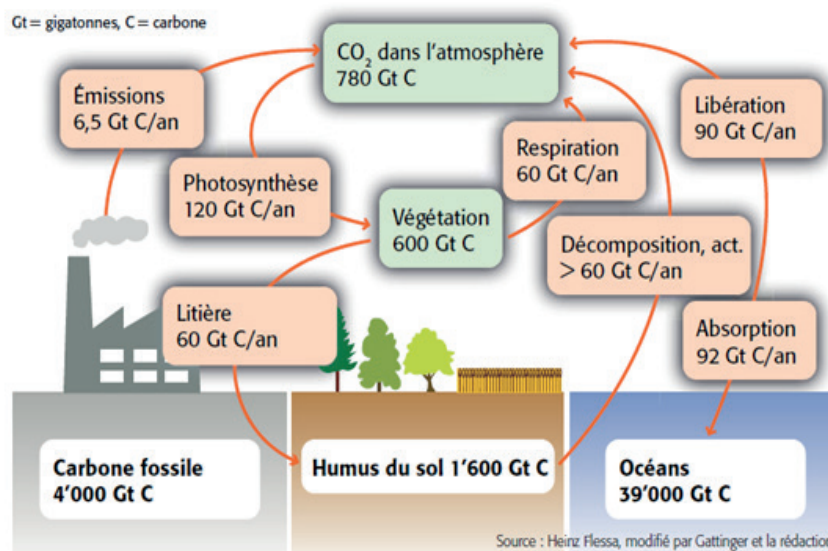


Cycle du carbone dans un sol agricole

Le carbone du sol provient de la photosynthèse des plantes, de leur dégradation et des intrants (apports fertilisants). Le carbone dans les sols correspond donc à de la matière organique plus ou moins stable, qui subit des transformations jusqu'à sa minéralisation en CO₂. **L'ensemble des sols est l'un des plus grands puits de carbone**, derrière les mers et océans. La somme de l'humus et de la vie du sol contiennent bien plus de carbone que l'atmosphère et la végétation prises ensemble (figure 6).

Figure 6 : Le rôle du sol dans le cycle du carbone (FIBL, 2013)

La formation et la dégradation de l'humus jouent un rôle important dans les flux de carbone importants pour le climat. La teneur en CO₂ de l'atmosphère augmente actuellement de 3,3 Gt C par an. L'échange de C avec le calcaire, qui est de loin le plus gros réservoir de carbone, est beaucoup plus lent et n'est donc pas représenté ici.



L'humus se compose d'environ 60 % de carbone. La couche arable du sol comprend 1 % de carbone, soit 1,7 % d'humus environ, elle séquestre donc 45 t de carbone / ha. On parlera non pas de la matière organique des sols, mais bien des matières organiques, leur vitesse de dégradation variant selon leur nature et stabilité (tableau 1). Plus les molécules de matière organique seront stables et liées aux argiles, comme dans le cas de l'humus, plus elles seront protégées contre la dégradation.

Tableau 1 :
Principales caractéristiques des différents types de matières organiques (d'après Couronne, 2016, Chambre d'Agriculture de la Drôme)

Matière vivante	La MO libre grossière Turnover de 2-5 ans Stock court terme	Résidus de culture Couverts végétaux	<ul style="list-style-type: none"> • Stimule la vie du sol • Libère rapidement ses éléments minéraux (azote, P, K...) • Effet structurant limité et éphémère
Matière fraîche	La MO libre fine Turn-over entre 5 à 20 ans Stock moyen terme	Matière organique déjà bien décomposée, BRF ¹ , composts mûrs	Minéralisation plus lente liée à sa composition chimique (ex. : lignine) ou à sa protection physique dans des macro-agrégats
Matière transformée	La MO stable, liée = humus Temps de résidence de 20 à 100 ans Fraction majoritaire dans les sols cultivés Stock long terme	MO liée chimiquement ou physiquement avec la fraction minérale (micro agrégats) du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Rôle essentiellement physique = meilleure capacité à résister aux tassements, à l'érosion ou à la battance • Amélioration de la capacité d'infiltration et de rétention en eau • Amélioration de la CEC² du sol (complexe argilo-humique) • Réservoir long terme d'éléments fertilisants

1 - BRF : Bois Raméal Fragmenté = bois jeune broyé.

2 - CEC = Capacité d'Échange Cationique – indication sur la taille du réservoir en éléments minéraux du sol.

Les fumiers et lisiers se situeraient plutôt dans la matière fraîche.

Le changement climatique constaté actuellement avec une augmentation des températures moyennes entraîne également une accélération de la dégradation de l'humus, en favorisant le réchauffement des sols, et donc l'activité microbienne. Cette dégradation de l'humus accentue le phénomène de fuite de carbone.

Il est plus efficace d'augmenter le stock de carbone que de limiter les fuites de carbone dans les sols agricoles

L'essai système de La Cage, **dans le bassin parisien**, menée par l'INRA de Grignon, a comparé 4 systèmes de culture depuis 1998. Le contexte est caractérisé par des céréales très présentes dans la rotation de 2 ans, avec un blé tous les 2 ans, et un système sans élevage, sur des terrains limoneux profonds et drainés à très haut potentiel. Les 4 systèmes se présentent ainsi :

- **Système productif** : obtention de la marge économique maximale passe par le rendement maximal
- **Système bas niveau d'intrants** : une baisse conjointe des objectifs de rendement et des intrants permet de maintenir la marge économique et de réduire les impacts environnementaux
- **Système biologique** : respectant le cahier des charges de l'agriculture biologique dans un contexte céréalier sans élevage
- **Système SCV (Sous Couvert Végétal)** : avec suppression du travail du sol et maintien d'un couvert végétal permanent (fétuque puis luzerne)

ROTATIONS : blé un an sur deux dans tous les systèmes et selon les systèmes, les cultures suivantes sont présentes :

- ✓ Productif & Intégré : blé, pois, colza
- ✓ SCV: blé, pois, maïs, luzerne, avoine
- ✓ Biologique : blé, pois, colza, luzerne, orge, lupin

Les conclusions de l'étude montrent que le système stockant le plus de carbone est le système sous couvert végétal, avec + 0.5 tC / ha / an. Les entrées de C au sol plus importantes en semis direct sous couvert végétal pourraient expliquer le stockage additionnel de C observé. Le système productif a tendance à appauvrir le sol en carbone, les systèmes bas niveau d'intrant et biologique ne sont pas aussi efficace que le système SCV pour stocker du carbone. Il faut rappeler que les 4 systèmes étudiés sont dans un contexte céréalier sans élevage, **donc sans apport régulier de matière organique issu des animaux**. Ce facteur est très clairement limitant pour le système AB.

Il apparaît plus efficace d'augmenter les entrées de C au sol que de diminuer les pertes par minéralisation.

Un sol vivant est un sol plus résilient face aux aléas climatiques

Le stockage de carbone dans les sols peut générer d'autres co-bénéfices, notamment :

- **En améliorant la fertilité chimique du sol** : l'abondance en azote minéralisable et la rétention des cations nutritifs sont directement proportionnels au taux de matière organique
- **En améliorant la rétention d'eau dans le sol, et donc réduire les stress hydriques** : augmenter de 1,7 % le taux de MO dans un sol sableux permettrait d'augmenter la réserve utile du sol de 18 % dans ce type de sol (*Arvalis-Institut du végétal*). La réserve utile du sol correspond à la quantité d'eau que le sol peut absorber et restituer à la plante. L'humus stocke 3 à 5 fois son poids en eau : en augmentant la teneur du sol de 1% d'humus, on stocke 40 mm de pluie qui sont directement disponibles pour la plante (*FIBL, 2013*).
- **En améliorant la structure du sol et donc sa stabilité, ce qui réduit son érosion et les risques d'inondation. L'agriculture a donc son rôle à jouer en terme de prévention des risques inondations et érosifs**, au-delà de la conservation des sols pour un usage agricole à long terme, avec la répétition des épisodes pluvieux intenses de type méditerranéens depuis quelques années.
- **En réduisant les risques de lixiviation des polluants (produits phytosanitaires, métaux lourds), c'est-à-dire protéger la ressource en eau**. En effet, un sol présentant un taux de matière organique pourra retenir certaines molécules selon leur propriété physico-chimique, sera moins sujet au risque érosif donc limitera les transferts par ruissellement, et un sol vivant avec une grande biodiversité pourra dégrader les molécules.
- **En améliorant la biodiversité du sol** : une vie du sol très active et diversifiée, permet de maintenir une structure perméable et donc de passer les situations de crise.

Deux stratégies pour stocker du carbone :

AUGMENTER les entrées ou LIMITER les sorties de carbone

AUGMENTER LES ENTRÉES DE CARBONE

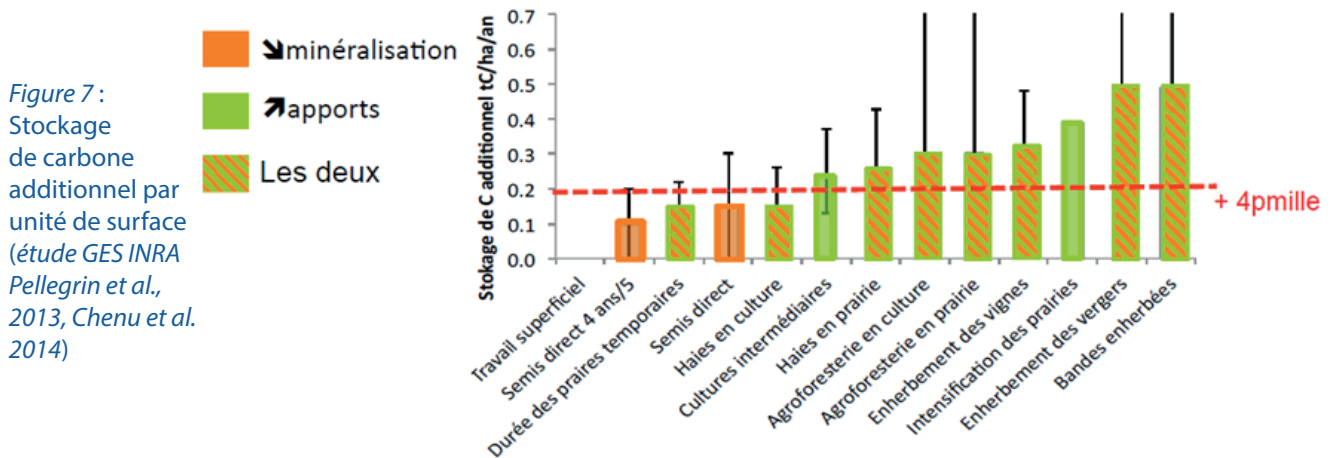
- Un des premiers leviers comprend la **couverture des sols** via les cultures intermédiaires et intercalaires et les plantes de couverture et plantes compagnes. Les cultures dérobées peuvent en outre être valorisées soit en les récoltant ou pâturant et en les donnant en affouragement de complément en cas de pénurie de fourrage, soit être restituées au sol pour le nourrir. Les plantes compagnes (espèces végétales secondaires dans la culture) permettent également de lutter contre les adventices et les ravageurs.
- Les prairies stockent énormément de carbone : **augmenter la surface en prairie temporaire** est également un levier d'action facile en mettre en œuvre et qui permet également de diversifier et d'allonger une rotation en système intensif. De plus, une tête de rotation avec une prairie multi-espèce riche en légumineuses permettra de restituer de l'azote et un sol propre pour la culture suivante.
- **L'agroforesterie et l'implantation de haies** sont également des leviers intéressants, mais qui restent compliqués à mettre en œuvre et n'ont pas des bénéfices à très court terme, dans la mesure où il faut attendre plusieurs années que la biomasse soit présente. Si l'agroforesterie est une méthode de production qui est complexe à mettre en œuvre, il est facile d'implanter des haies, voire même uniquement quelques arbres isolés dans les pâtures pour augmenter le stock de carbone (la sénescence des racines et des feuilles crée un micromilieu). De plus, ces haies et arbres isolés auront leur rôle à jouer en abritant les animaux du vent et du soleil.
- **Résidus de culture** : laisser les résidus de culture à la surface permet une couverture du sol après la récolte. Cela peut s'envisager avec la présence de maïs épis ou grains dans la rotation.
- **Apports de produits résiduels organiques** : les apports réguliers en matière organique sont un atout pour éviter d'appauvrir les stocks du sol et valoriser ses effluents d'élevage. Le système polyculture-élevage a donc toute sa place pour stocker le carbone dans le sol.

LIMITER LES SORTIES PAR MINÉRALISATION EN LIMITANT OU SUPPRIMANT LE LABOUR

La réduction du labour a des effets intéressants sur la fertilité des sols, notamment sur le premier horizon, en concentrant en surface la matière organique. Le labour agronomique entre 15 et 17 cm de profondeur est un bon compromis au labour classique : il permet de maîtriser les adventices tout en conservant une activité biologique assez importante et une structure souple. De plus, un travail fréquent du sol stimule la dégradation de l'humus par une oxygénation et un travail trop profond consommera d'autant plus de pétrole, et donc augmentera les pertes globales en carbone. Cependant, **la suppression totale du travail du sol est risquée, particulièrement en agriculture biologique**, car la maîtrise des adventices est difficile sans un minimum d'interventions mécaniques.

QUELS SONT LES LEVIERS LES PLUS EFFICACES ?

L'étude GES INRA menée en 2013 a comparé l'efficacité de ces différentes pratiques pour stocker du carbone. Cependant, **les pratiques considérées dans l'étude ont des potentiels de stockage très contrastés**, et pour certaines, l'incertitude est énorme (figure 7).



Les couverts ont des effets très positifs mais les techniques sont difficiles à maîtriser et la réussite est dépendante du climat.

Les exploitations avec élevage permettent d'avoir plus de souplesse dans la valorisation des couverts et des cultures.

La réduction du labour et l'implantation de couverts doit s'intégrer dans une rotation variée et diversifiée. L'agriculture de conservation nécessite des matériels spécifiques, le "graal" étant actuellement pour certains l'atteinte du système ABC ou Agriculture Biologique de Conservation, c'est-à-dire la suppression totale de tout travail du sol en agriculture biologique, avec une couverture permanente des sols et une rotation diversifiée.

Stocker le carbone dans le sol en agriculture : pas si simple !

Le stockage de carbone n'est pas infini et finit par atteindre un palier, plus ou moins rapidement, selon les conditions pédoclimatiques. **Le phénomène est réversible**, c'est-à-dire que l'abandon d'une pratique « vertueuse » et stockante peut conduire à un déstockage du carbone accumulé laborieusement. **Le stockage dépend grandement de l'affectation du sol** : nous avons vu que les prairies permanentes et les forêts étaient des puits de carbone et les prairies temporaires contribuaient également au stockage, mais dans une moindre mesure. Changer l'affectation de ces surfaces conduirait à un relargage plus ou moins massif de carbone accumulé.

Le stockage de carbone est lié à des changements de pratiques agricoles, donc à un accompagnement de ces changements, avec notamment une réflexion au-delà de la parcelle, à l'échelle de l'exploitation, de l'agencement du paysage et des filières. Les marges de manœuvre restent importantes en agriculture, mais ont un coût plus ou moins important selon les exploitations.

Le stockage de carbone dans les sols ne doit pas se faire uniquement dans un objectif environnemental, et doit plutôt se voir comme une adaptation au changement climatique : mieux mon sol fonctionnera, plus il sera résilient. Il ne faut pas non plus réduire la matière organique au seul élément carbone, et raisonner globalement la fertilisation, avec les apports de N, P, K et micro-éléments. **La priorité est avant tout de ne pas dé-stocker davantage de carbone et de ne pas appauvrir ses sols en matière organique.**

MAIS IL FAUT RETENIR qu'en zone d'élevage, la bonne répartition des épandages d'effluents et leur régularité ainsi que l'intensification des prairies (contribution à l'autonomie fourragère) sont les principaux leviers efficaces pour atteindre cet objectif.

CONTACT



Chambre d'Agriculture de la Loire ■ Tél. 04 77 92 12 12
Marie-Françoise FABRE, Conseillère agronomie
marie-francoise.fabre@loire.chambagri.fr



www.loire.chambre-agriculture.fr



3 Implantations proches de vous :
Saint-Priest-en-Jarez / Perreux / Feurs

Accueil téléphonique unique : 04 77 92 12 12
E-mail : cda42@loire.chambagri.fr - www.loire.chambre-agriculture.fr

La Chambre d'Agriculture de la Loire est certifiée par l'organisme certificateur AFNOR certification, selon un référentiel validé et reconnu au niveau national. Elle est agréée par le Ministère en charge de l'agriculture pour son activité de conseil indépendant à l'utilisation de produits phytopharmaceutiques sous le numéro IF01762, dans le cadre d'un agrément multi-sites porté par l'APCA.