

RÉFLÉCHIR À DES SYSTÈMES LÉGUMIERS BIOLOGIQUES ET DURABLES

QUELS LEVIERS POUR GÉRER LA FERTILITÉ DES SOLS ?



1. QUELS LEVIERS POUR GERER LA FERTILITE EN PHOSPHORE (P) ET POTASSIUM (K) ?

Le phosphore et le potassium sont des éléments peu mobiles dans le sol, en particulier le phosphore, et qui risquent peu d'être perdus dans l'air ou dans l'eau. Toutefois les Légumes de Plein Champ (LPC) ont des besoins élevés et ces éléments sont exportés lors de la récolte. Il est donc nécessaire de rester vigilant à la disponibilité de ces éléments dans les parcelles.

CARACTÉRISTIQUES DES SYSTEMES EN PRODUCTION DE LPC

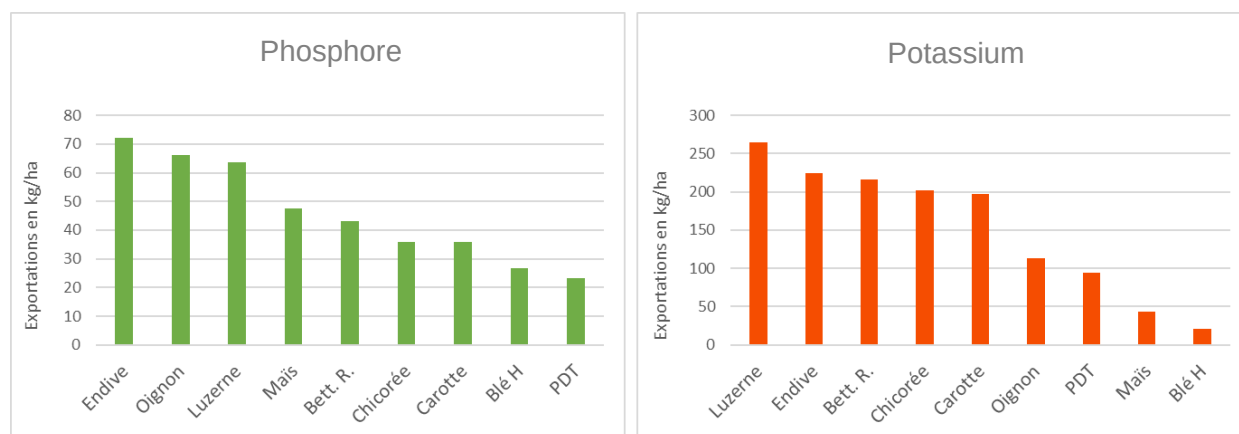


Figure 1. Exportation de phosphore et potassium pour différentes cultures pour un rendement moyen (le rendement moyen est calculé parmi les producteurs mobilisés dans l'étude, Agro-Transfert, projets VivLéBio)

- Fortes exportations de potassium par les légumes racines
 - Fortes exportations de phosphore par l'endive et l'oignon
 - La luzerne exporte beaucoup de phosphore et de potassium
 - Peu de bilans P-K réalisés par les producteurs biologiques
- ➔ Possibilité de déficits importants au bout de plusieurs années (10 à 15 ans)

La figure 2 présente la balance moyenne entre apports (engrais) et exportations (récolte) de phosphore et de potasse de la rotation, en kg/ha/an (Bilan = apports – exportations). Ce bilan ne prend pas en compte le stock initial en P et en K du sol.

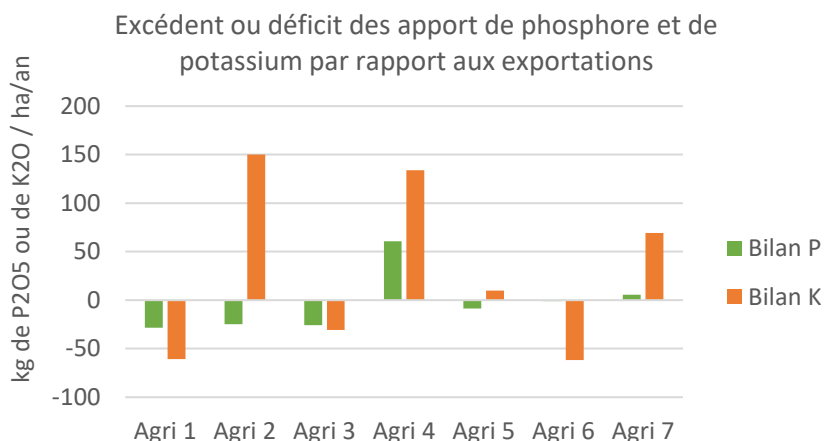


Figure 2. Bilan en phosphore et potassium de différentes exploitations

Sur les 7 exploitations enquêtées, les risques de

déficit de phosphore ou de potassium sont finalement très faibles. Concernant le **phosphore**, 3 systèmes sont tout juste à l'équilibre, et 3 sont en déficit plus marqué. Les déficits peuvent entraîner à long terme des carences pour les légumes, notamment dans les systèmes avec luzerne (si cette dernière est récoltée).

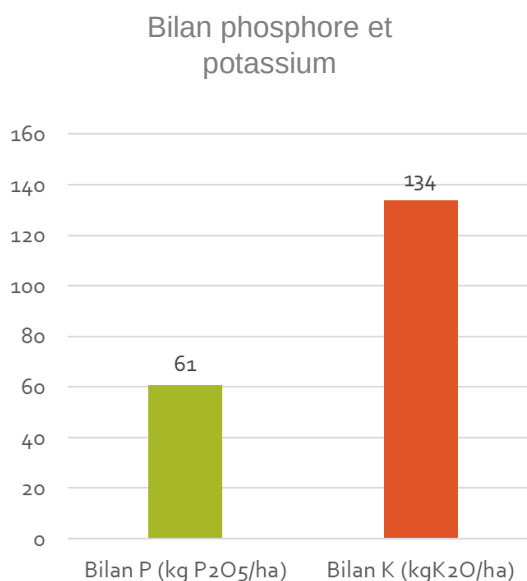
En ce qui concerne le **potassium**, les situations observées sont très variables, avec une exploitation à l'équilibre, trois exploitations en déficit et trois exploitations en fort surplus. Les apports réguliers de vinasse pour assurer l'alimentation azotée des cultures au printemps, peut créer à long terme un excédent de potassium dans le sol.

EXEMPLES DE BALANCES P ET K DE 2 SYSTEMES CONTRASTÉS

Exploitation 4 : Apports importants de fumier (exploitation avec élevage), LPC 3ans/7

Cultures Exp 4	Apports
Pdt	Vinasse c. 3T/ha
Triticale	Fientes de Poules 4T/ha
Potimarron	Fientes de Poules 2T/ha + Fumier bovin composté 35T/ha
Triticale	Fientes de Poules 4T/ha
Maïs	Fientes de Poules 2T/ha + Fumier bovin composté 35T/ha
Carotte	

Export P	Apports P	Export K	Apports K
36	97	73	207



➔ Des apports en P et K bien supérieurs aux besoins des cultures

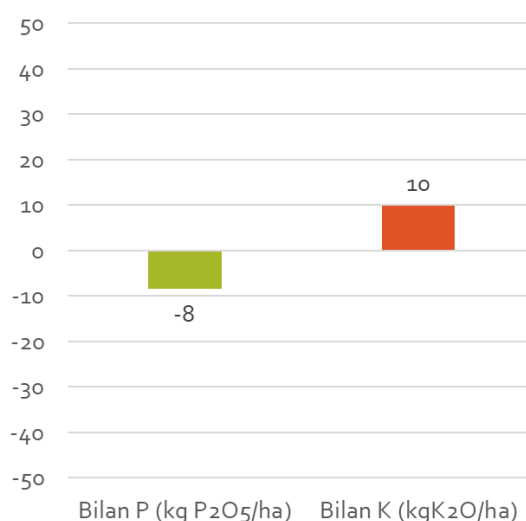
Les apports diversifiés de vinasse, fientes de poules et fumier bovin composté compensent largement les exportations des cultures : un surplus important de phosphore et de potassium est constaté à l'échelle de la rotation. Ces excès peuvent provoquer un déséquilibre chimique du sol, et donc une mauvaise nutrition des cultures légumières. L'excès de potasse peut limiter la résistance des légumes aux stress biotiques et abiotiques, tandis que l'excès de phosphore peut entraîner une pollution du sol et de l'eau.

Exploitation 5 : Apports d'engrais du commerce, luzerne de 3 ans, LPC 3 ans/11

Cultures Exp 5	Apports
Pdt	Vinasse c. 4T/ha + écumes de sucrerie 5T/ha
Blé	Vinasse c. 2T/ha
Betterave rouge	Vinasse c. 4T/ha + farine de viande 0,6T/ha
Blé	Vinasse c. 2T/ha
Maïs	Vinasse c. 4T/ha+ écumes de sucrerie 6T/ha
Carotte	
Blé	Vinasse c. 2T/ha
Luzerne 3 ans	
Blé	

Export P	Apports P	Export K	Apports K
45	37	145	154

Bilan phosphore et potassium



→ Des apports en P et K bien relativement bien équilibrés par rapport aux besoins des cultures

Les apports réguliers de vinasse permettent de compenser les exportations importantes de la luzerne, de la betterave rouge et de la pomme de terre. Les bilans P et K sont relativement à l'équilibre. Ces résultats concordent avec le raisonnement de la stratégie de fumure du producteur, qui raisonne autant les apports de phosphore et de potasse que ceux d'azote dans ses parcelles.

EN CONCLUSION

Les principaux leviers pour gérer la fertilité en potassium et phosphore des parcelles sont :

- La réalisation régulière d'analyses de sol et de bilans d'exportations des cultures
- Des apports par les engrais et amendements organiques (selon la composition de ces engrais)
- L'intégration de plantes et couverts d'interculture à grandes capacités d'exploration racinaire qui vont capter le P et le K en profondeur et le remobiliser

Pour obtenir des balances équilibrées, le phosphore et le potassium sont à raisonner au même titre que l'azote.

Une vigilance particulière devra être apportée à l'intégration de luzerne et de légumes dans la rotation, car ce sont des cultures fortement exportatrices.



2. QUELS LEVIERS POUR GERER LE STOCKAGE DU CARBONE DANS LE SOL ET L'APPROVISIONNEMENT EN MATIERE ORGANIQUE

CYCLE DU CARBONE DANS LE SOL

Le carbone organique (Corg) du sol est contenu dans la matière organique. 1 kg C org = 1,72 à 2 kg de matière organique environ.

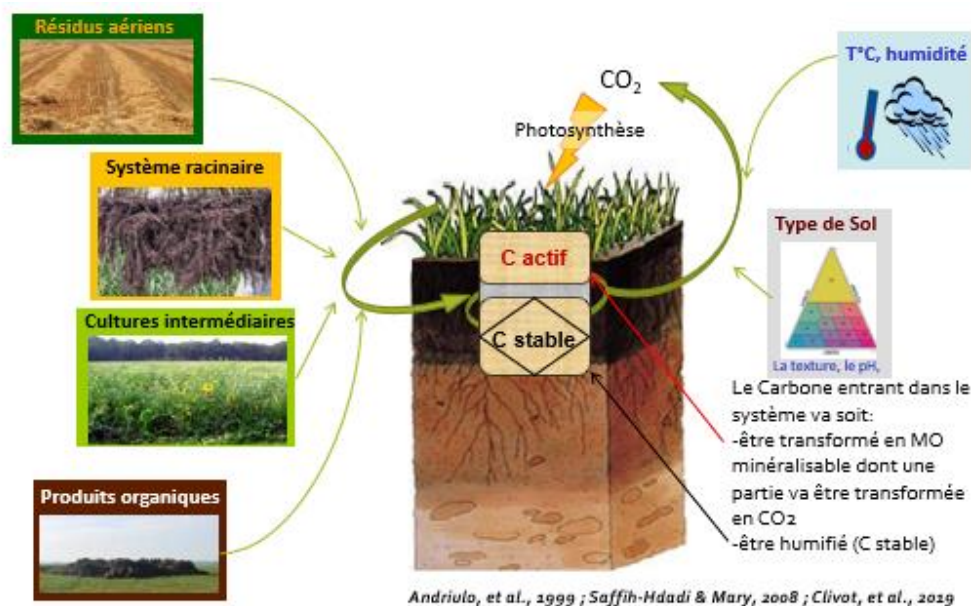


Figure 3. Flux de carbone dans le sol

Le diagramme ci-dessus reprend le bilan des entrées et des sorties de Corg dans le sol. Les principales entrées sont :

- Les résidus des cultures (parties aériennes et racinaires)
- L'enfouissement des cultures intermédiaires
- Les produits organiques

Le Corg va par la suite soit :

- être humifié (carbone stable)
- être transformé en matière organique minéralisable, dont une partie va être transformée en CO₂.

STOCK DE CARBONE

Le stock de carbone représente la masse de carbone dans le sol. Ce stock a un impact sur la fertilité long terme du sol : capacité d'humification / minéralisation, fourniture d'azote, capacité d'échange cationique, etc. Il joue donc principalement sur la **disponibilité des éléments minéraux** assimilables par les plantes.

L'évolution du stock de carbone du sol dépend :

- **De la vitesse de minéralisation** conditionnée par la structure du sol, la teneur en CaCO_3 , la teneur en argile, le pH, le C/N et le climat.
- **Des pratiques agricoles** : fréquence des apports organiques et leur composition, restitution de biomasse par les cultures...
- **Du stock initial** : estimé à partir de teneur en C org et de la densité apparente de la couche minéralisante.

L'objectif de [SIMEOS-AMG, outil développé par Agro-Transfert à partir du modèle AMG lui-même développé par l'INRAE](#), est de simuler l'évolution de ce stock dans le temps en fonction des entrées et des sorties de carbone pour chaque culture de la rotation.

TENEUR EN CARBONE

La teneur en carbone organique (% C org) correspond à la concentration en carbone sur une profondeur donnée. La fertilité physique de l'horizon superficiel dépend de cette teneur, qui va jouer sur la **stabilité structurale** : portance, battance, tassement, capacité de rétention de l'eau, ressuyage.

Le labour ne diminue pas le stock de carbone du sol, il le répartit sur l'horizon de travail au lieu de le concentrer en surface.

CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES DE PRODUCTION DE LPC BIO

Sur les 7 parcelles évaluées, 5 sont en déstockage de carbone.

Ces résultats sont à prendre avec du recul. Ils dépendent :

- de facteurs sur lesquels l'agriculteur n'a pas la main comme la **nature de son sol** ;
- de la part de **cultures racinaires** dans la rotation, qui restituent très peu de carbone au sol ;
- des **pratiques** de l'agriculteur (apports d'engrais, couverts d'interculture, gestion des résidus, etc.).

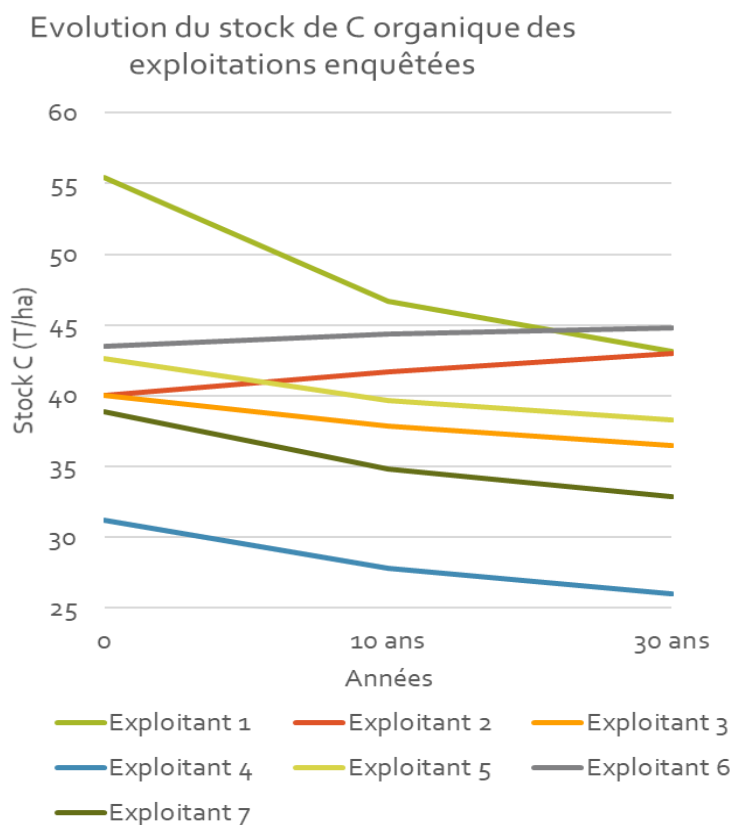
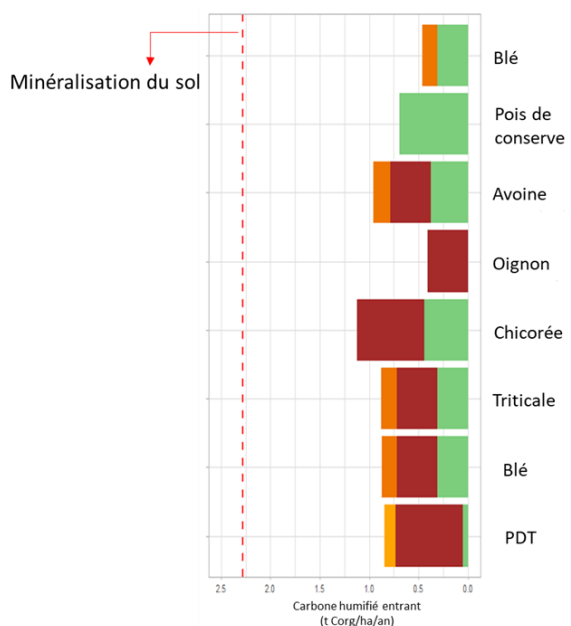


Figure 4. Simulation de l'évolution du stock de carbone organique pendant 30 ans dans les exploitations enquêtées

EXEMPLE DE DEUX SYSTEMES

Exemple d'un système en fort déstockage de carbone de 12 t de C org /ha en 30 ans, dû à la forte minéralisation liée à la nature du sol, non compensée par les apports de biomasse.



- Terres de marais (stock initial important)
- Parcelle limono sableuse à forte minéralisation
- Apports de fertilisants à faible C/N (vinasses)
- Absence de couverts dans la rotation
- Restitution des pailles de céréales (4 ans/7)

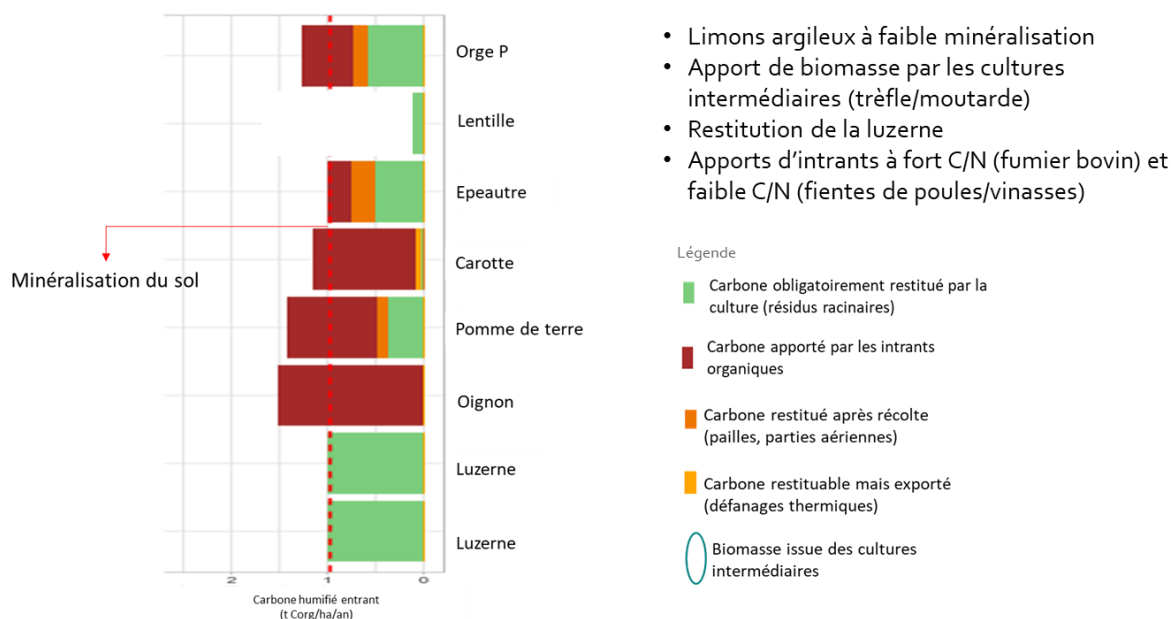
Légende

- Carbone obligatoirement restitué par la culture (résidus racinaires)
- Carbone apporté par les intrants organiques
- Carbone restitué après récolte (pailles, parties aériennes)
- Carbone restitué mais exporté (défanages thermiques)
- Biomasse issue des cultures intermédiaires

Chez cet exploitant, la parcelle étudiée est de nature limono-sableuse, ce sont des terres de marais fortement chargées en matières organiques. De ce fait, le stock de matière organique initial est très important, ainsi que la minéralisation du sol. Bien que l'exploitant restitue ses pailles, l'absence d'engrais à forte teneur en carbone et la forte minéralisation du sol entraînent un déstockage important de carbone dans la parcelle, non compensé par ces apports. Ici, c'est avant tout la nature du sol qui favorise le déstockage du carbone du sol.

Le déficit de carbone (environ 1,5 t de C org/ha/an) pourrait être compensé par un apport moyen annuel d'environ 1,8t de compost de déchets verts (le coefficient K₁, ou proportion d'humus formé à partir du carbone organique frais apporté, du compost de déchets verts étant de 0,8).

Exemple d'un système à l'équilibre, avec un léger stockage de 2 t de Corg /ha en 30 ans dû à une faible minéralisation liée à la nature du sol, avec de nombreux apports organiques



Chez cet exploitant, la parcelle est constituée de limons argileux à teneur en carbone moyenne, qui minéralisent moins que chez le premier exploitant (1 t Corg minéralisée par ha et par an contre 2,25t C org). Par ailleurs, la restitution de la luzerne au sol, ainsi que l'apport d'amendements organiques à fort C/N (fumier bovin) permet de compenser la minéralisation du sol.

QUELS LEVIERS DE GESTION POUR ENTREtenir LE STOCK DE CARBONE DU SOL ?

- **La connaissance de son sol et de sa dynamique de minéralisation** est une première étape indispensable pour fixer ses objectifs d'entretien du stock de carbone organique. L'entretien du stock de carbone consiste à restituer du carbone au sol, via les engrais organiques, les résidus de cultures et les couverts.
- **La restitution via les résidus de culture** : La part de carbone restituée au sol augmente avec l'introduction dans la rotation de cultures à forte restitution de carbone, comme le maïs et la luzerne. La restitution des pailles est également significative, mais en moins mesure.
- **Les engrais organiques** : les engrais au ratio carbone/azote (C/N) élevés apportent de plus grandes quantités de C au sol (cf. Figure 5). Attention toutefois à la faim d'azote qui peut en découler pour la culture suivante !
- **Les couverts d'interculture** : La capacité des couverts à entretenir le stock de matière organique du sol est directement corrélée à leur biomasse, mais aussi et à leur C/N : plus le ratio C/N est faible, plus le carbone contenu dans les résidus sera assimilé dans l'humus stable du sol. Cela justifie l'implantation de légumineuses en interculture, dont les C/N sont plus faibles que les graminées. Pour en savoir plus sur les couverts, voir les résultats du projet "Multifonctionnalité des couverts d'interculture" : <http://cultivons-les-couverts.agro-transfert-rt.org/projet/index.html>

Amendement/ Engrais organique	C/N	K ₁
Farine d'os	4	
Farine de sang	4	
Farine de viande	5	
Farine de plumes	5	
Vinasse de betterave	7 à 9	0,5-0,6
Fientes de volailles sèches	8 à 10	0,35-0,45
Compost de fumiers de volailles	9 à 12	0,4-0,5
Fumier de volailles	9 à 13	0,4-0,5
Compost de fumiers d'ovins	11 à 13	0,65-0,75
Compost de fumiers de bovins	12 à 16	0,65-0,75
Fumier de vaches laitières	14 à 18	0,6-0,7
Fumier d'ovins	17 à 20	0,6-0,7
Fumier de chevaux	20 à 30	0,45-0,55
Fumier de caprins	28-32	0,3-0,4
Compost de déchets verts	20 à 60	0,75-0,85
Pailles de céréales	50-150	0,10-0,20
BRF	60-150	

Figure 5 : Ratio C/N et coefficient humique (K₁) des principaux engrais et amendements organiques disponibles en

Sources :

- Guide technique Produire des légumes biologiques, généralités et principes techniques, ITAB, 2016 ;
- Gérer l'état organique des sols dans les exploitations agricoles, Agro-Transfert Ressources et Territoires, 2019.

EN CONCLUSION

L'entretien du stock de carbone est déterminant pour la fertilité à long terme du sol. Or, les exploitations enquêtées dans le cadre de VivLéBio peuvent inquiéter, étant donné le déstockage de carbone présenté. La fréquence élevée de cultures racinaires, qui restituent peu de carbone au sol, explique en partie le déstockage de carbone estimé.

Les principaux leviers de gestion à mobiliser pour limiter ce déstockage sont l'utilisation d'engrais organiques à fort C/N, l'implantation de couverts d'interculture et l'introduction de cultures à forte restitution (maïs, luzerne).



CONTACTS

Julie LEROY

03 22 85 35 22 – j.leroy@agro-transfert-rt.org

Aïcha RONCEUX

03 64 35 00 12 – a.ronceux@agro-transfert-rt.org

Jean-Baptiste FEVRIER

03 22 85 35 21 – jb.fevrier@agro-transfert-rt.org

Avec le soutien financier



Partenaires techniques



• BIO EN HAUTS-DE-FRANCE •



Partenaires scientifiques



Partenaires associés

