

CHEMIN CUEILLANT PRÉSENTE SON GIEE

« DYNAMIQUE COLLECTIVE POUR UNE AGROÉCOLOGIE PAYSANNE EN MINERVOIS »

2020–2026

LIEN ENTRE PRATIQUES AGROÉCOLOGIQUES ET FERTILITÉ DES SOLS



Date de rédaction : 03/04/2023

Rédaction : Mélissa Moles (animatrice technique)

LE GIEE, C'EST QUOI ?

Le GIEE est un Groupement d'Intérêt Economique et Environnemental. C'est un groupe de paysans et de paysannes qui expérimentent ensemble des pratiques agroécologiques, pendant une durée déterminée (3 ou 6 ans).

A Chemin Cueillant, le GIEE porte à la fois sur la fertilité des sols (animation technique : Mélissa Moles) et sur les alternatives phytosanitaires (animation technique : Laura Lecomte).

Ici, le groupe est constitué de 20 paysans et paysannes (vigne, maraichage, arbo) et dure 6 ans (2021-2026). L'objectif final est d'arriver à relier les pratiques agroécologiques avec des résultats concrets de fertilité des sols et de partager ces résultats à un public plus large, des retours d'expérience en quelques sortes.



Cette œuvre de Chemin Cueillant est mise à disposition sous [licence Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.fr).

Pour voir une copie de cette licence, visitez <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.fr> ou écrivez à Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

LE TROMBINOSCOPE DU GIEE



A mi-parcours du GIEE, nous faisons un résumé des avancées du groupe sur la partie « Fertilité durable des sols ». L'objectif dans cette partie est d'établir des liens entre les pratiques agroécologiques expérimentées sur les fermes et des indicateurs de fertilité mesurées au sein de notre « Labo paysan », un laboratoire d'analyse de sol paysan et autonome situé dans les bureaux de Chemin Cueillant.

LE DÉROULÉ DU GIEE DEPUIS 2021

Au lancement du GIEE, en décembre 2020, des analyses de sol ont été réalisées chez tous les membres du GIEE. Des restitutions collectives ont eu lieu au cours de l'année 2021, par filière (une pour la vigne, et une autre pour le maraîchage).

Le groupe ayant exprimé la volonté d'approfondir ces analyses de sol avec des indicateurs de fertilité supplémentaires, nous nous sommes rendus à la SCIC Rhizobiome, dans le Tarn, pour nous former aux analyses de sol en autonomie.

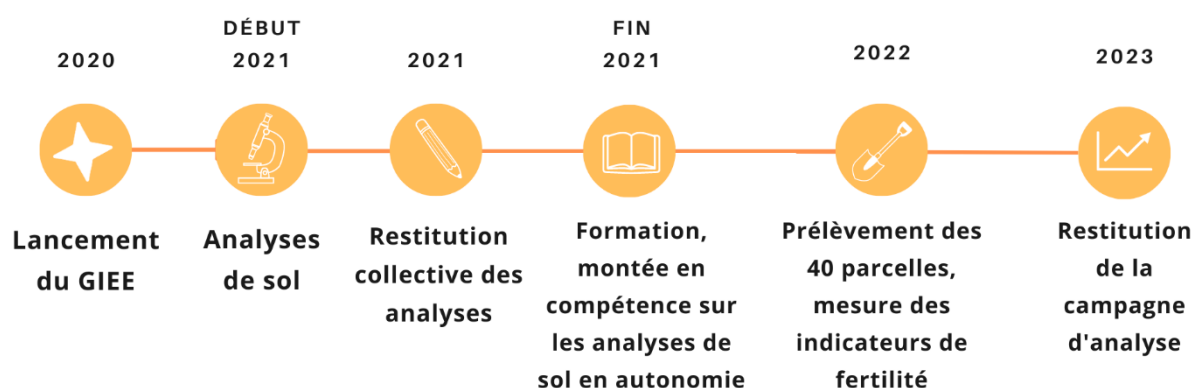
2 indicateurs de fertilité ont été choisis par le groupe pour mesure et suivi pendant les 6 années du GIEE : le carbone actif et la respiration des sols.

Pour cela, une série de prélèvement de sol a été effectuée sur 2 parcelles/ferme entre le 19/10/22 et le 26/10/22, soit dans un délai d'une semaine. Au total, 40 parcelles ont été prélevées, avec des particularités différentes pour chacune.

Nous avons pris le parti de ne pas réaliser des expé/essais standardisés ; nous avons plutôt opté pour un suivi in situ de pratiques effectivement réalisées par les membres du groupe. Ce choix nous permet de suivre une grande diversité de pratiques sur 6 ans, et leurs effets sur le sol, plutôt qu'observer 2 ou 3 pratiques identiques dans des essais standardisés. A l'issue de ces prospections nous obtiendrons un répertoire de pratiques documenté, comprenant observations sur le sol (10 indicateurs de fertilité, dont 2 mesurés en autonomie) et retours d'expérience.

Cela ne signifie pas que les expérimentations ne sont pas rigoureusement menées. Les échantillons sont comparables dans la mesure où ils ont tous reçu le même traitement : une semaine de séchage, puis 3 jours d'incubation à 28°C pendant 3 jours, avant d'être analysés au sein du « Labo paysan ».

LA CHRONOLOGIE DU GIEE

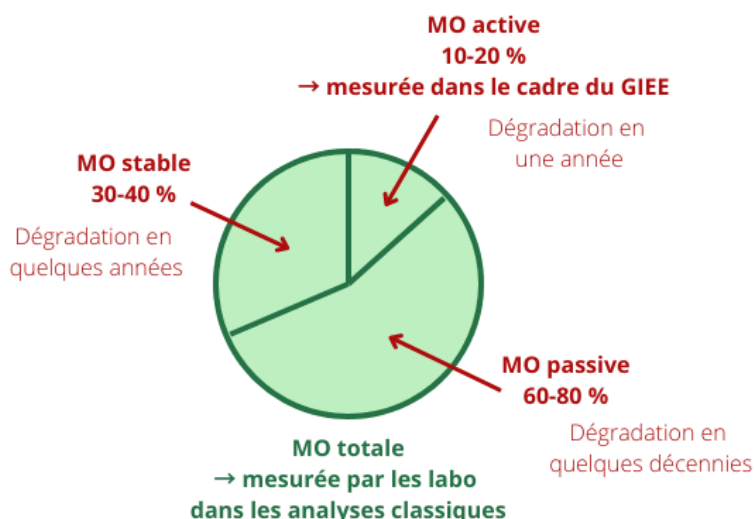


LE CARBONE ACTIF

La matière organique (MO) active ne représente que 10 à 20 % de la MO totale du sol, soit la partie qui est rapidement minéralisable par les organismes vivants. Pour autant, une analyse de sol classique réalisée en laboratoire présente la proportion de MO totale, tout type de MO confondue : celle qui se décompose en quelques décennies, celle qui se décompose en quelques années, et celle qui est minéralisée dans l'année.

* Matière organique <i>NF ISO 10694</i>	18.1	g/kg
* C. organique total <i>NF ISO 10694</i>	10.5	g/kg
* Azote Total <i>NF ISO 13 878 (méthode Dumas)</i>	1.49	g/kg
Rapport C/N	7.0	

Figure 1 : Indicateurs présents sur une analyse de sol classique, réalisée en labo



Afin de mieux piloter la fertilité de son sol d'une année à l'autre et adapter ses pratiques en conséquence, nous nous consacrerons donc à la mesure de la fraction active.

Le protocole proposé pour doser le carbone actif s'appelle le POXC. L'unité de mesure est le **mg de C / kg de sol**.

LA RESPIRATION DES SOLS

La mesure de cet indicateur permet de mesurer l'activité biologique d'un sol, soit l'activité des bactéries, champignons et insectes invisibles à l'œil nu qui minéralisent la MO. La minéralisation est l'action par laquelle la MO est transformée par les microorganismes en matière minérale, assimilable par les cultures. On rappelle que les plantes sont incapables d'assimiler des nutriments sous forme organique, seulement sous forme minérale (sauf exception : les acides aminés sont assimilables au niveau du système racinaire). Par conséquent, on peut comprendre à quel point la présence et le travail de ces êtres vivants dans le sol est indispensable.

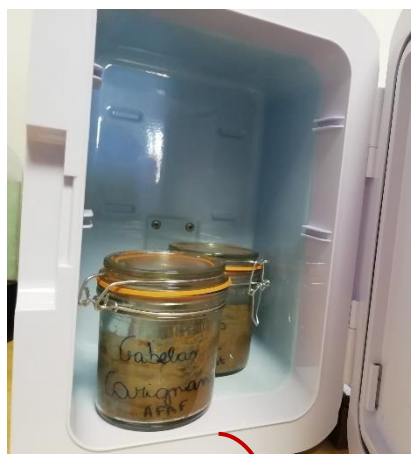
Le principe du protocole est de doser le CO₂ dégagé par ces micro-organismes au cours de leur activité biologique (de leur respiration). Néanmoins, la présence de CO₂ contenu dans l'air peut fausser cette mesure. C'est pourquoi le CO₂ atmosphérique est également

dosé à part, puis soustrait au CO₂ total mesuré. Le résultat qu'on obtient est celui de l'activité biologique seule, soit la quantité de CO₂ dégagée par les organismes vivants. L'unité de mesure de cet indicateur est le **µg de C- CO₂ / kg de sol**.

A noter que les 2 indicateurs mesurés peuvent être interprétés indépendamment l'un de l'autre. Mais il est plus intéressant de les interpréter ensemble, car cela permet de savoir si la MO active dosée pourra être plus ou moins minéralisée par les microorganismes (puisqu'on les aura dosés au préalable).



Titration réalisée pour la mesure de la respiration des sols



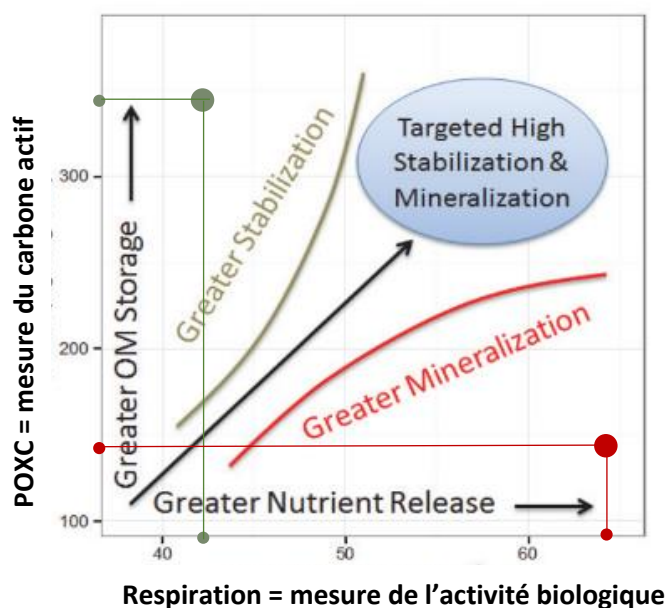
Mise à l'incubation des échantillons de sol, pour l'analyse de la respiration



Set-up du labo paysan
Au 1^{er} plan : le dispositif de titrage

POUR INTERPRÉTER LES RÉSULTATS

Pour mettre en lien les 2 résultats du carbone actif et de la respiration, on peut s'appuyer sur l'article scientifique d'Hurisso et al., un article paru en 2016 qui fait le lien entre le résultat du carbone actif et la respiration des sols. Pour résumer leur propos, le graphique suivant a été présenté lors de la restitution du 05/01/2023.



Graphique issu de l'article de Hurisso & al. (2016) présentant le rapport entre POXC et respiration, stabilisation et minéralisation.

L'idée de ce schéma est de montrer qu'à forte activité biologique et basse teneur en carbone dans le sol (point rouge), le sol évolue dans une dynamique de **minéralisation**.

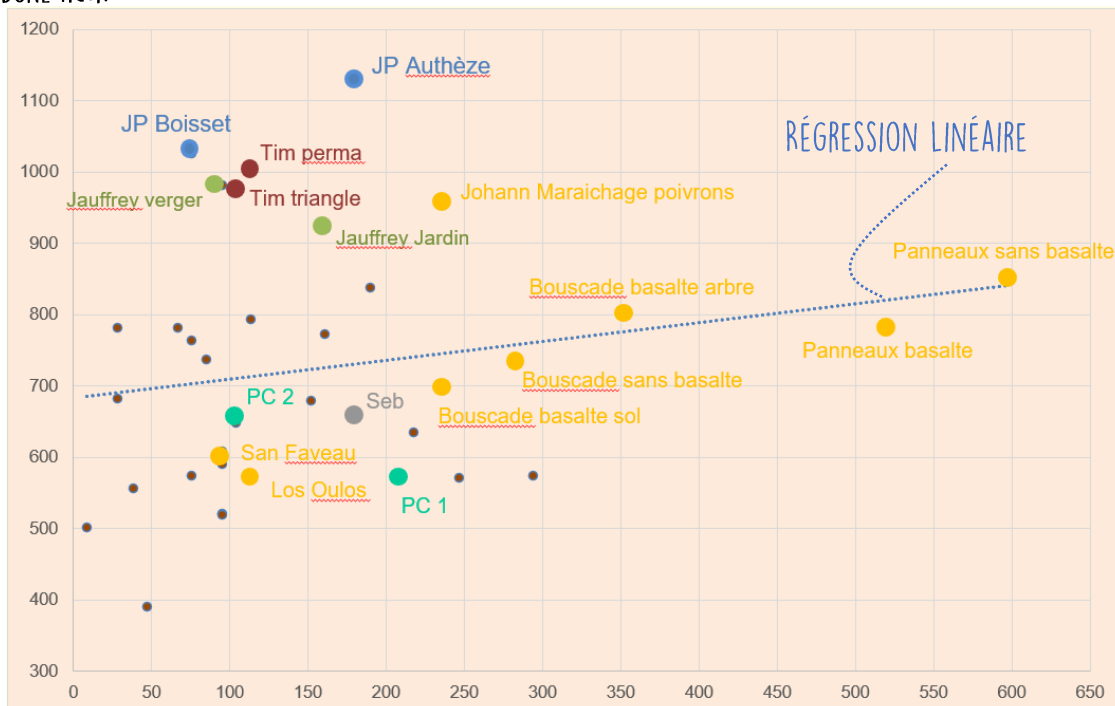
Dans l'autre cas, lorsqu'on obtient une faible activité biologique et une grande teneur en carbone dans le sol (point vert), c'est que le sol se situe dans une dynamique de **stabilisation** = stockage du carbone dans le sol.

En fait la MO n'est pas seulement impliquée dans la minéralisation. Elle est aussi impliquée dans la structure du sol, la rétention d'eau et de cations (= nutriments pour les cultures).

L'objectif de cet article est justement de signifier que même si le sol n'est pas dans une dynamique de minéralisation (parce que l'activité biologique est insuffisante), cela ne signifie pas qu'il n'y a aucune dynamique en cours : il y a un stockage de carbone dans le sol, et ce carbone assure la structuration du sol, la rétention d'eau et des cations. Finalement ce qui nous intéresse ici, c'est de savoir comment se déplacer le long de la courbe centrale (la *least square line* = la courbe des moindres carrés = une régression linéaire sur Excel), et c'est de comprendre comment être à l'équilibre entre minéralisation et stockage du carbone, et par quelles pratiques.

RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE – MARAICHAGE ARBO

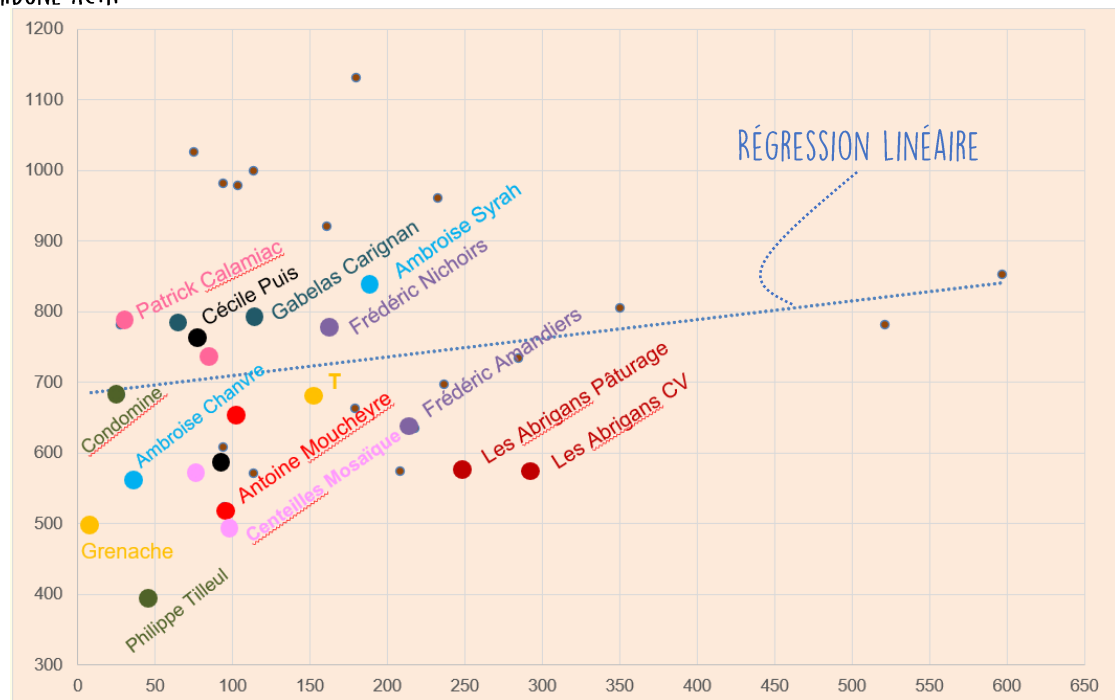
CARBONE ACTIF



RESPIRATION

RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE – VIGNE

CARBONE ACTIF



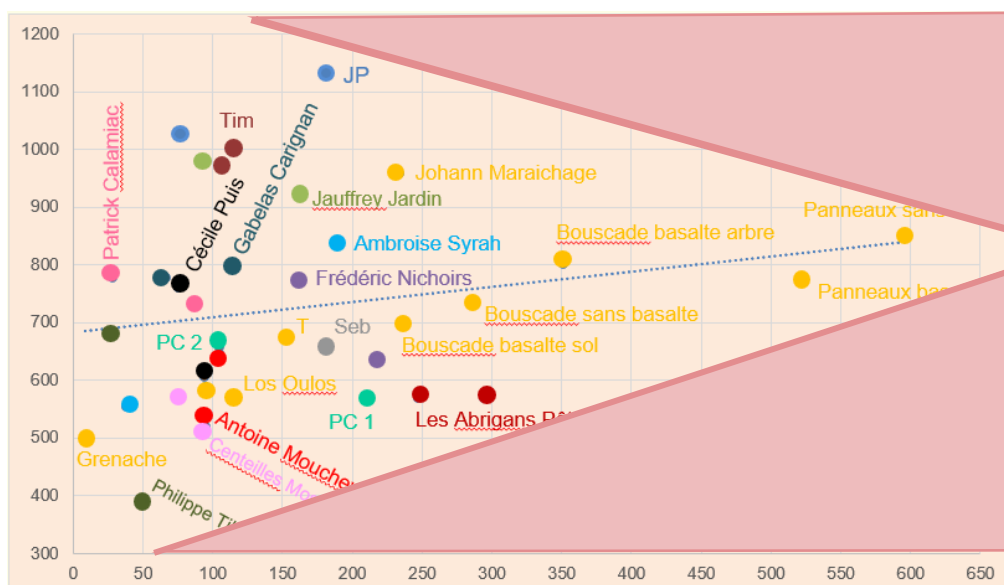
RESPIRATION



Cette œuvre de Chemin Cueillant est mise à disposition sous [licence Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.fr).

Pour voir une copie de cette licence, visitez <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.fr> ou écrivez à Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

LECTURE DES SEUILS DE FERTILITÉ



Sur ce graphique qui répertorie les 40 parcelles, on observe des seuils au-delà desquels nos sols méditerranéens n'expriment plus aucune activité biologique (triangles roses) et sur grâce auxquels on peut établir des tendances : dans notre échantillon, les sols avec les plus petites activités biologiques sont majoritairement des sols soit très caillouteux, soit tassés et soit peu enherbés, soit les 3 (parcelles situées sur toute la partie gauche du graphique, tout particulièrement entre 0 et 50 μg de C-CO₂/kg de sol).

La majorité des sols maraichers évoluent entre **80 et 300** μg de C-CO₂/kg de sol, et la majorité des sols de vigne entre **0 et 180** μg de C-CO₂/kg de sol. Sans grande surprise, les sols de vigne évoluent sur une gamme d'activité biologique inférieure à celle du maraîchage.

Le carbone actif en maraîchage et en arbo évolue entre **600 à 1200** μg de C/kg de sol, ce qui représente une très large gamme de résultats. En revanche, en vigne, le carbone actif s'étend sur une gamme restreinte de **400 à 800** μg de C/kg de sol. La gamme est non seulement plus restreinte, mais aussi nettement inférieure -en valeur absolue- comparé aux sols maraîchers.

On pourra surveiller ce seuil pour voir s'il évolue positivement avec le temps et avec l'évolution des pratiques sur les 36 parcelles prospectées.

POUR ALLER PLUS LOIN DANS L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

La relation entre carbone actif et respiration proposée par Hurisso & al. donne déjà une première interprétation :

« Mon sol se situe dans une dynamique de **minéralisation** »

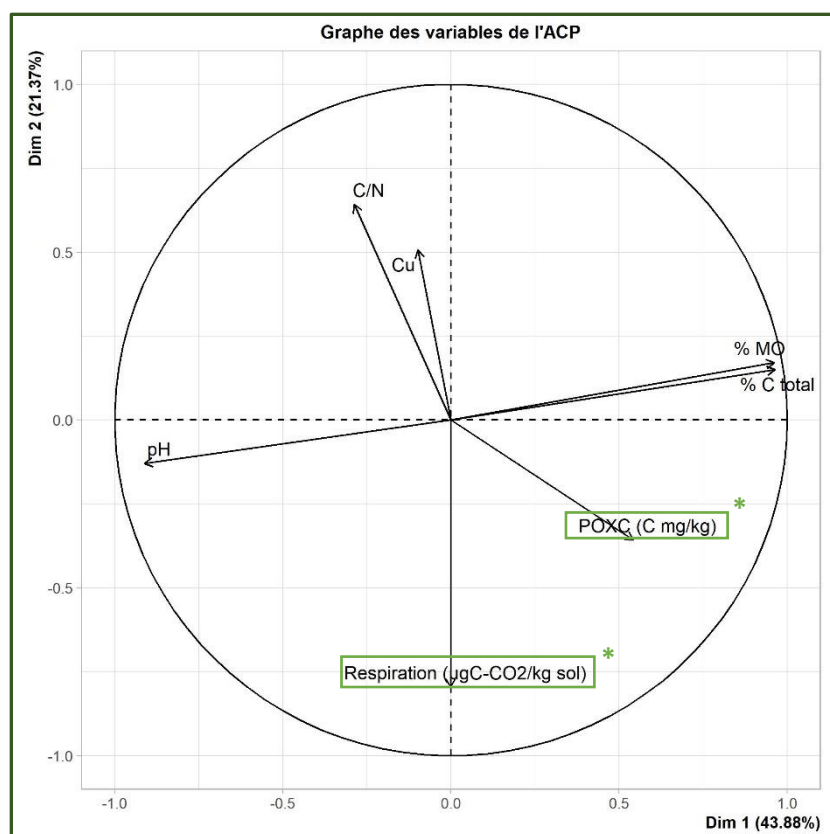
« Mon sol se situe dans une dynamique de **stockage du carbone** et le carbone est impliqué dans la structure du sol, dans la rétention d'eau et de cations »

On peut aller encore plus loin dans l'interprétation en analysant les corrélations entre le carbone actif, l'activité biologique, le type de sol, le % de MO, le type de fertilisation, la pratique du labour ou du non-labour ect... Tous les indicateurs de fertilité et les pratiques qu'on souhaite explorer.

L'idée est de comprendre quelles pratiques favorisent la fertilité et l'activité biologique et surtout lesquelles ne les favorisent pas.

Pour cela, nous avons réalisé des ACP (analyse en composantes principales). C'est une analyse statistique qui nous permet d'établir des corrélations entre pratiques agricoles et indicateurs de fertilité.

CORRELATION ENTRE LES INDICATEURS DE FERTILITÉ



Ce graphique représente la corrélation entre les 7 indicateurs mesurés :
 *carbone actif (POXC),
 *respiration, % de MO, % de C total, C/N, pH et teneur en cuivre.

COMMENT LIRE CE GRAPHIQUE ?

Les indicateurs sont corrélés si les flèches pointent dans la même direction, et anti-corrélés si elles pointent dans des directions opposées.

* mesurés au labo paysan



Cette œuvre de Chemin Cueillant est mise à disposition sous [licence Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.fr).

Pour voir une copie de cette licence, visitez <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.fr> ou écrivez à Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

HYPOTHÈSES À SUIVRE EN 2023

Toutes ces hypothèses sont consignées dans une grille de suivi qui sera remobilisée lors des expés 2023. Elle nous servira de point de départ. Cf. PJ.

pH et % de MO : les plus grands pH mesurés (souvent entre 8 et 9) apparaissent quand on mesure les plus grands % de MO et de carbone total.

Hypothèse : dans le jeu de données, les sols qui ont un pH élevé sont calcaires. Les sols calcaires sont riches en Ca^{2+} et souvent en argiles, ils forment des complexes organo-minéraux stables, ce qui protège les MO de la minéralisation par les micro-organismes. C'est une des raisons qui explique le fait que le pH des sols est corrélé avec la teneur en MO.

A tester : les relations entre MO%, carbone actif et calcaire actif %.

Respiration et taux de cuivre : on note une corrélation entre la respiration et le taux de cuivre dans les sols. La longueur des flèches donne aussi une indication sur la fiabilité de la corrélation. Ici, les flèches n'atteignent pas le cercle extérieur. La corrélation est incertaine, elle est à vérifier dans les prochaines années d'expé.

Hypothèse : le taux de cuivre impacte l'activité biologique du sol, et donc le processus de minéralisation, et la disponibilité des nutriments pour la culture.

% de MO et carbone total : le % de MO est corrélé au % de carbone total. Tout va bien : le rapport qu'il y a entre les 2 est un produit en croix, le carbone total est un composant de la MO.

Les non-corrélations sont aussi intéressantes à noter :

MO et activité biologique : il n'existe pas de corrélation particulière entre le % de MO et l'activité biologique.

Hypothèse : les sols riches en MO ne sont pas forcément qui respirent le plus.

En fait, ce qui influence beaucoup l'activité biologique c'est le micro-climat. Par exemple, le site de Tim est plus en altitude, à l'ombre et sur sol un peu acide, cela fait considérablement chuter l'activité biologique par rapport aux autres sites. Au contraire, l'irrigation booste considérablement l'activité biologique (résultats très nets sur les données de Rhizobiome), surtout pour les années sèches.

A tester : des comparaisons en fonction de l'irrigation. On pourrait catégoriser les sites en fonction de leurs micro-climats (tendance frais, tendance, chaud, séchant, etc...)

pH et respiration : l'ACP ne révèle pas non plus de corrélation entre le pH et l'activité biologique, aussi limitant soit le pH pour la vie du sol.

Hypothèse : un pH à 8,5 ne conditionne pas autant la vie du sol la vie du sol que le taux de cuivre par exemple.





Mesure du carbone actif

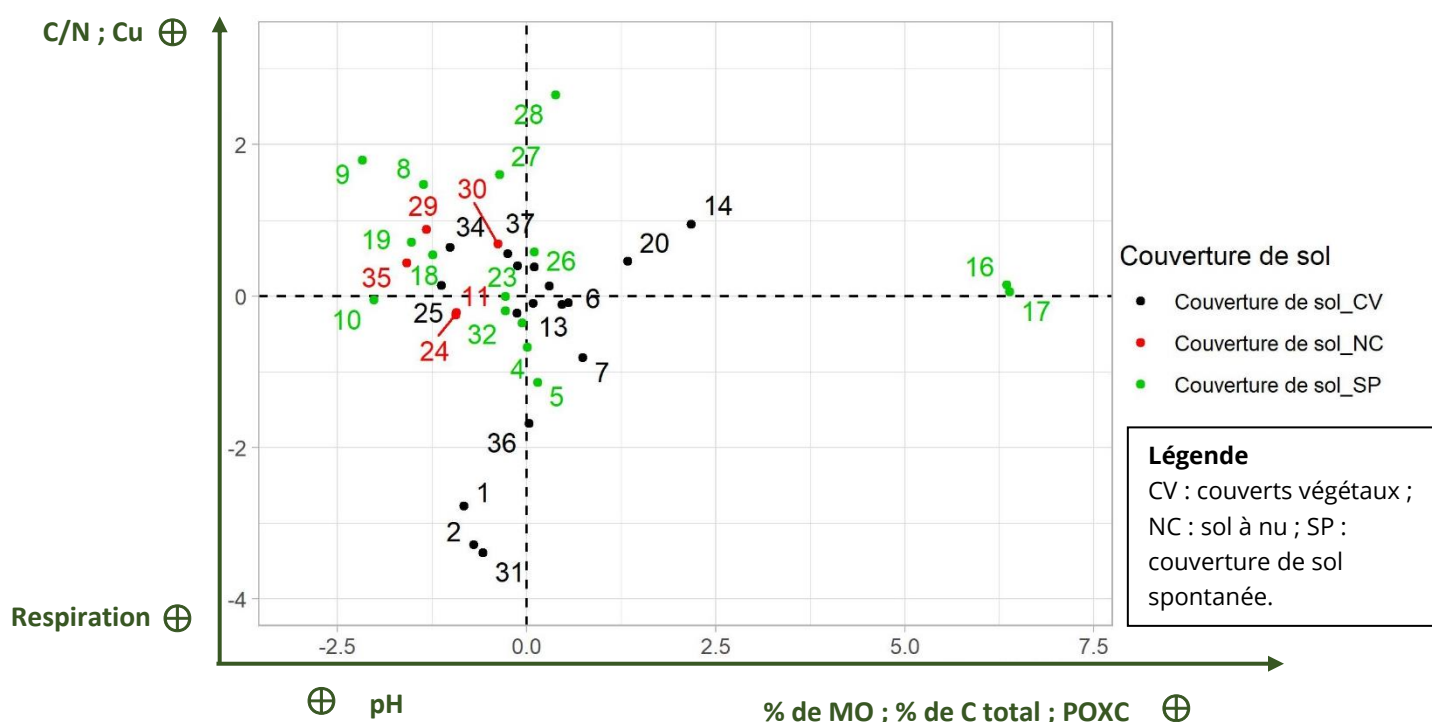


Préparation des échantillons



Mise à l'incubation

CORRÉLATION ENTRE INDICATEURS DE FERTILITÉ ET PRATIQUES AGROÉCOLOGIQUES



HYPOTHÈSES À SUIVRE EN 2023

Toutes ces hypothèses sont consignées dans une grille de suivi qui sera remobilisée lors des expés 2023. Elle nous servira de point de départ. Cf. PJ.

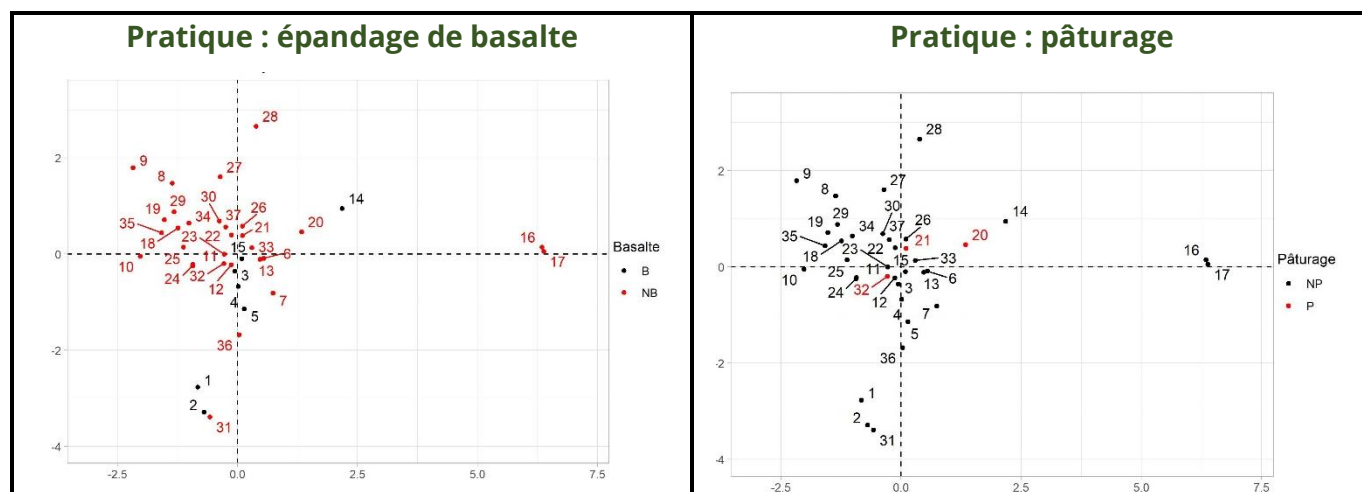
Couverture de sol : les sols non couverts se situent dans la partie supérieure gauche du graphique, là où les activités biologiques sont les plus petites et où les teneurs en carbone actif sont les plus faibles.

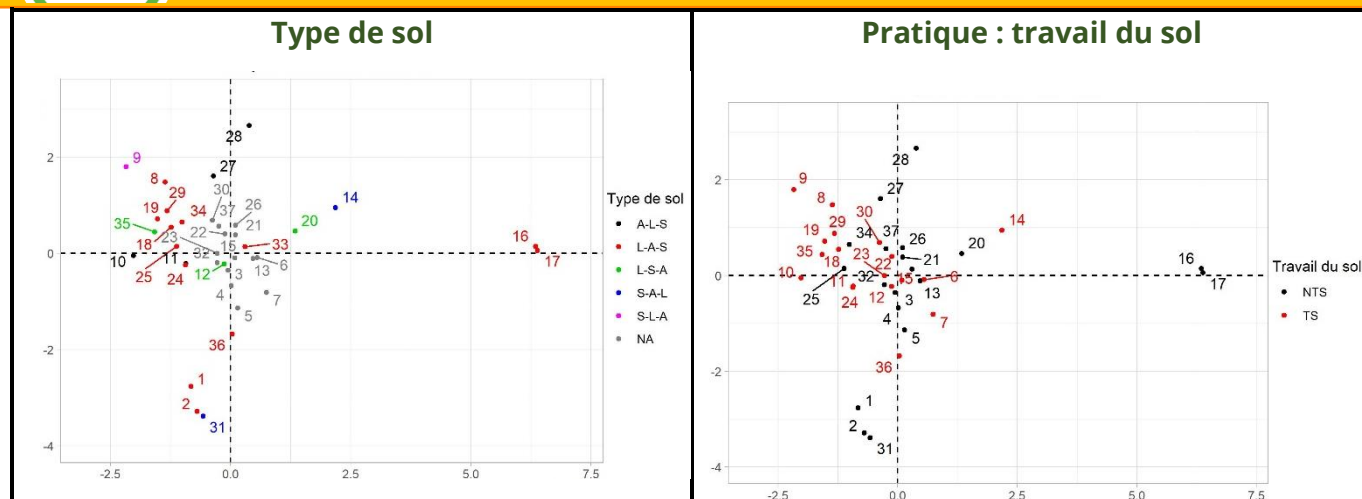
Hypothèse : Les sols à nu sont ceux qui minéralisent le moins et qui stockent le moins de carbone.

Complément d'information : en étudiant les mélanges de couverts végétaux semés, on constate que les plus grandes activités biologiques enregistrées sont sur des sols ayant accueillis un couvert de Fabacées. Puisqu'elles sont fixatrices d'azote atmosphérique et que cet azote est restitué au sol à la destruction du couvert, on peut faire l'hypothèse que la présence de Fabacées dans un couvert végétal favorise l'activité biologique du sol.

Travail du sol : la majorité des parcelles travaillées se situent dans le même quadrant que les sols non couverts. Elles présentent une activité biologique très faible et des quantités de carbone assimilable très petites. Hypothèse : le travail du sol ne favorise pas particulièrement la minéralisation, ni le stockage du carbone.

Toutefois, ces observations sont assez subjectives dans la mesure où il est difficile de qualifier ce qui relève du travail du sol et du non-travail du sol. A partir de quand un sol est-il qualifié de « travaillé » ? Un objectif de l'année 2023 serait de s'accorder collectivement sur la définition de ce qu'est un sol travaillé et de ce qu'il n'est pas.





Basalte : en première année d'épandage, difficile de noter objectivement les effets du basalte. Il semblerait que les respirations soient plus élevées sur les parcelles qui ont été amendées (5 parcelles sur les 7 testées se situent dans la partie inférieure du graphique, là où l'activité biologique est la plus grande).

Pour cette expé, il est nécessaire de poursuivre les épandages pendant quelques années de manière à objectiver l'hypothèse selon laquelle le basalte favorise l'activité biologique¹

Hypothèse : le basalte favorise l'activité biologique.

A faire en 2023 : un graphique en bâton pour illustrer les différentes modalités basalte (témoin, basalte + compost, basalte...)

Pâturage : avec 3 parcelles analysées cette année, difficile d'établir des liens entre cette pratique et les indicateurs de fertilité. Néanmoins, il y aura d'avantages de parcelles pâturées dans l'échantillon en 2023.

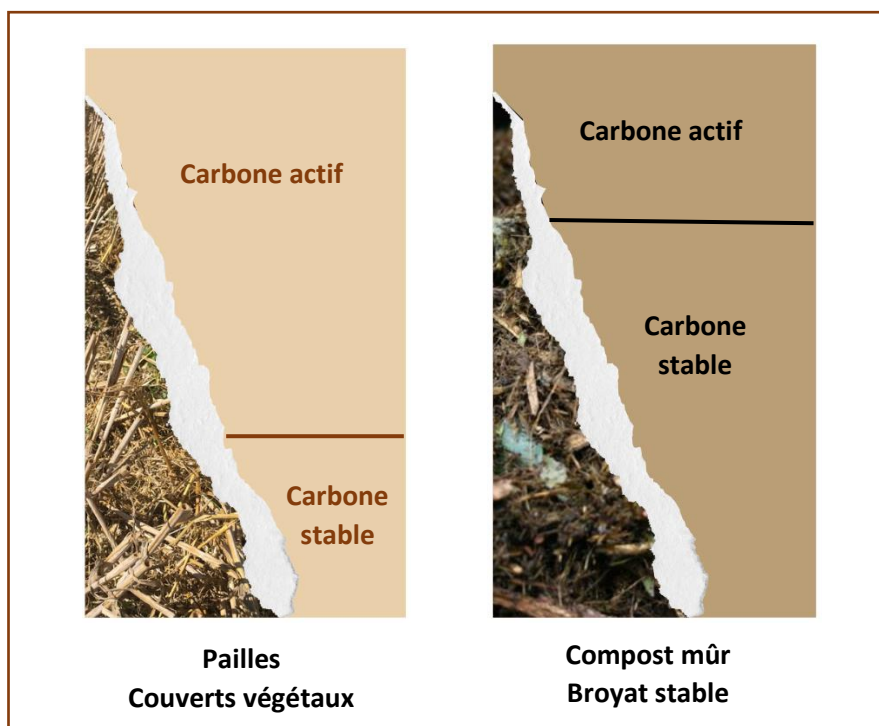
Type de sol : on constate ici que la majorité des sols fins (limons fins, argiles) et lourds présentent les plus petites activités biologiques.

Hypothèse : les sols lourds et fins bloquent l'activité biologique

¹ Éric Petiot et Patrick Goater, *Les alternatives biologiques aux pesticides: solutions naturelles au jardin et en agriculture*, Jardiner nature (Escalquens: Terran, 2020).

POSSIBILITÉS D'ÉVOLUTION

Ce qui a été identifié pendant la restitution, c'est qu'on peut jouer sur le type de matière organique pour faire varier les résultats : soit des MO actives, soit des MO stables, pour favoriser tantôt la minéralisation, tantôt le stockage de carbone.



En optant pour des matières organiques de type paille ou couverts végétaux qui n'ont pas encore lignifié, on intègre dans le sol des matières plutôt actives qui favorisent la minéralisation.

En optant pour les matières organiques de type compost mûr ou broyat stable, on augmente la quantité de carbone stable et on favorise la structure du sol.

CONCLUSIONS

Ce qu'on retient à l'issue de la première année :

- Finalement, la **quantité** de MO (% de MO, % de carbone total, d'azote total...) a autant d'importance que sa **qualité (active** de type pailles ou résidus de CV non lignifié ; **stable** de type compost mûr...). On retient qu'on peut jouer sur le type de MO à implanter pour faire varier les résultats obtenus.
- Ce qu'on retient également, c'est que les sols présentant des forts % de MO ne sont pas nécessairement ceux qui sont les plus actifs au niveau de la sphère microbiologique, qu'ils ne sont pas particulièrement aptes à minéraliser et à rendre disponible les éléments nutritifs pour la plante.
- On note aussi que globalement, nos sols minervois stockent assez mal le carbone et respirent peu. C'est une caractéristique des conditions pédoclimatiques méditerranéennes sous lesquelles on évolue.
- Les sols ayant accueillis un couvert de Fabacées ont des activités biologiques plus élevées que les sols ayant accueillis des CV sans Fabacées ou n'ayant pas du tout accueillis de CV.
- Ce qui conditionne l'activité biologique d'un sol, c'est visiblement d'avantages le taux de cuivre que le pH du sol.
- Les sols présentant des grands % de MO ne sont pas forcément ceux où on enregistre les plus grandes activités biologiques.
- Les sols à nu sont ceux qui minéralisent le moins et qui stockent le moins de carbone.
- Le travail du sol ne favorise pas particulièrement la minéralisation.

