



• **Bio Ariège-Garonne** •

Le groupement des agriculteurs **BIO**
d'Ariège et de Haute-Garonne

Accompagner les maraîchers dans l'amélioration de la fertilité de leurs sols



Action du plan Ecophyto piloté par les ministères en charge de l'agriculture, de l'écologie, de la santé et de la recherche, avec l'appui technique et financier de l'Office français de la Biodiversité.



Table des matières

Lexique et abréviations	1
I. Présentation de la mission réalisée	3
A. Le groupe DEPHY FERME.....	3
II. Accompagnements individuels sur la fertilité des sols	5
1. Axe de travail.....	5
2. Qu'est-ce que la fertilité des sols et comment suivre son évolution ?	6
2. Matériels et méthodes	9
Diagnostic initial : Etats des lieux des pratiques impactant la fertilité	10
3. Résultats des suivis individuels	13
A. La Ferme des Matilous – Bertrand Buzaré	14
B. Les Jardins de Canabera – Maïté Milian & Eric Baures	17
C. Madame Maraîche – Sabrina Chauvellie.....	24
Bibliographie.....	27

Lexique et abréviations

Amendement : apport de matières organiques composées de molécules complexes et plus lentement minéralisées (ex : lignine), de sorte que leur dégradation/minéralisation stimule la vie biologique du sol (vers de terre, mésofaune, bactéries, champignons). Une partie de ces matières organiques n'est pas minéralisée mais humifiée, ce qui accroît la stabilité structurale du sol.

Biomasse microbienne (BM) : Indicateur d'analyse biologique de sol qui renseigne sur la quantité totale de carbone « stockée » dans les microorganismes (cellules, membranes, organites...) du sol ⁽⁵⁾.

CASDAR : Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural. Programme de financements destinés aux projets de développement agricole et rural.

CEC : Capacité d'Echange Cationique. C'est un indicateur très répandu dans les analyses de sol, qui renseigne sur le nombre de sites disponibles pour la fixation de cations ⁽⁴⁾.

Engrais : fertilisant composé de matière organiques généralement riches en azote assimilable et peu complexes, de sorte que l'azote est libéré avec peu ou pas de minéralisation.

GIEE : Groupement d'Intérêt Economique et Environnemental.

Ha : hectare. Unité de surface de référence en agriculture. Un hectare équivaut à 10 000 m².

Minéralisation : processus de dégradation des molécules organiques complexes (protéines, glucides, lipides) issues de la matière organique en molécules organiques simples (oses, acides gras, acides aminés) puis en éléments minéraux (CO₂, nitrates, phosphates...) ⁽³⁾.

MO : Matière Organique. Ce terme désigne tout ce qui est composé de molécules organiques (glucides, lipides, protéines, acides nucléiques). Tous les êtres vivants sont composés de matières organiques (cellules, membranes cellulaires et donc par extension les tissus et les organes sont constitués de matière organique) ⁽⁵⁾.

MO libre : matière organique partiellement ou complètement transformée dans le sol dont la taille est supérieure à 0,05 mm. Elle est dite « libre » car peu liée au complexe organo-minéral et donc plus accessible aux microorganismes pour être dégradée/minéralisée ⁽⁵⁾.

MO liée : matière organique du sol transformée et stabilisée, dont la taille est inférieure à 0,05 mm. Cette MO est très liée au complexe organo-minéral et est plus lentement minéralisée par les microorganismes ⁽⁵⁾.

Patentkali : engrais minéral utilisable en Agriculture Biologique, notamment riche en potasse et en magnésium.

Structure : Répartition, assemblage des éléments minéraux et organiques dans le sol entre eux ⁽²⁾.

Texture : Répartition des éléments minéraux selon leur taille.

I. Présentation de la mission réalisée

A. Le groupe DEPHY FERME

i. Contexte territorial et historique de la formation du groupe

L'animation de groupes de travail de maraîcher.ères

La filière maraîchage de l'association anime depuis 2014 différents groupes de travail qui se sont succédés au cours des années.

Un projet **CASDAR** a été mené de 2014 à 2017 autour de la problématique suivante : « Comment maîtriser l'enherbement des exploitations maraîchères biologiques de la vallée Arize-Lèze ? Sept d'entre eux-elles ont décidé de continuer ce travail en centrant leur réflexion sur les couverts végétaux. C'est ainsi que ce projet a débouché en 2017 sur la formation d'un **GIEE**, au travers de la problématique suivante : « *Tester des couverts végétaux en maraîchage biologique en piémonts pyrénéens : de l'engrais vert à l'implantation dans un couvert* ». Les couverts végétaux s'inscrivent dans la thématique de la gestion de l'enherbement, initialement traitée dans le **CASDAR**, mais couvrent également deux autres aspects du maraîchage biologique : l'amélioration ou l'entretien de la fertilité des sols et la limitation du temps de travail. Ce groupe était composé officiellement de onze maraîcher.ère-s et de cinq autres membres non-officiels, qui suivait activement les travaux du groupe.

L'année 2021 marquant la fin des financements pour le **GIEE** Couverts Végétaux, 8 des maraîcher.ère-s émirent le souhait de poursuivre les rencontres et le travail collectif, en élargissant les thématiques à d'autres aspects que les couverts végétaux. Delphine Da Costa, animatrice de ce groupe, rechercha alors un autre type de groupe de travail dans lequel les maraîcher.ère-s pourraient continuer à travailler ensemble en bénéficiant de financements publics. Elle s'orienta finalement vers le réseau de groupes DEPHY FERME, sur les conseils d'un technicien de la Chambre d'Agriculture de l'Ariège, notamment en raison de la durée d'un tel projet (cinq ans), et également car les financements accordés lui permettaient de consacrer

la moitié de son temps de travail à ce groupe, contre une trentaine de jours dans le cadre d'un financement **GIEE**.

Au fur et à mesure des réunions et discussions, le groupe s'étoffait pour atteindre le nombre de douze fermes participantes, toutes en Agriculture Biologique.

Le groupe DEPHY Maraîchage Bio Ariège-Garonne

Le groupe se compose de douze exploitations maraîchères bios, dont neuf sont situées en Haute-Garonne et trois en Ariège. Leur localisation sur ces deux départements est visible sur la figure 1.



Légende :

1 : GAEC Légumes en Salat (Thomas BROUE & Florian BEGARD)
2 : Théo Le Dantec (La Ferme des Mille Pas)
3 : GAEC La Ferme du Matet

4 : Alban REVEILLE (La Ferme Intention)
5 : Sabrina CHAUVELLIE (Madame Maraîche)
6 : GAEC du Champ Boule
7 : Mathieu DOUCERE (SCEA Le Champ des Grenouilles)
8 : Mélissa JUSTAMON & Jean-François MABIT (Les Jardins du Buréou)

9 : Maïté MILIAN & Eric BAURES (Les Jardins de Canabera)
10 : Pierre BESSE
11 : Clément BRUNET
12 : Bertrand BUZARE (La Ferme des Matilous)

Figure 1 - Localisation des différentes fermes membres du DEPHY (Source : Bio Ariège-Garonne)

Une partie des maraîcher·ère·s du groupe travaille ensemble depuis plusieurs années sur la thématique des couverts végétaux mais souhaitait au travers du DEPHY pouvoir élargir leurs axes de réflexion. Ainsi, alors qu'il a fallu donner un titre au projet de ce groupe, le titre suivant a été retenu :

Tester de nouvelles pratiques agroécologiques sur des fermes maraîchères et les diffuser sur le territoire : améliorer la fertilité du sol, maîtriser l'enherbement, gérer l'eau de manière économe et diminuer le temps de travail.

Une cinquième thématique autour de l'accueil et le maintien de la biodiversité sur les fermes pour héberger les auxiliaires de culture a été adoptée par le groupe a posteriori.

De plus, les maraîcher·ère·s ont la volonté de diffuser les connaissances produites au sein du groupe, mais également aux autres maraîcher·ère·s du territoire, bios ou non bios. C'est pourquoi le critère de transmission, inhérent à un groupe DEPHY FERME, convenait aussi aux membres du groupe.

Les fermes du DEPHY présentent des profils assez variés, bien que tous en maraîchage diversifié, avec des espaces cultivés allant de 2 000 m² à 1 ha. Les installé·e·s les plus récents en sont à leur deuxième année de maraîchage, tandis que le doyen du groupe est installé sur le territoire depuis 35 ans.

II. Accompagnements individuels sur la fertilité des sols

1. Axe de travail

Les membres du DEPHY ont émis le souhait de débiter les travaux de groupe en abordant la thématique de la fertilité des sols, clé de voûte d'un système maraîcher en agriculture biologique. Les sols étant des milieux très variés, un accompagnement individuel, en plus du collectif, devait être mis en place pour suivre l'évolution des fermes sur les cinq années du DEPHY.

Il a alors été décidé d'articuler cet accompagnement autour de la problématique suivante :

Comment accompagner les maraîchers·ères bios dans l'amélioration de la fertilité de leurs sols, selon leurs différentes problématiques de terrain ?

Pour répondre à cette problématique, il est avant tout nécessaire d'en définir le terme principal : la fertilité des sols.

2. Qu'est-ce que la fertilité des sols et comment suivre son évolution ?

La fertilité des sols

Dans son article *Des indicateurs de la fertilité des sols*, Jean-Claude Fardeau retient la définition de fertilité des sols proposée par la Société de Science du Sol Américaine (SSSA), en tant que « la qualité d'un sol lui permettant de fournir les éléments nutritifs en quantités adéquates et équilibrées entre elles pour assurer la croissance des plantes ou de cultures données » ⁽¹⁾.

La fertilité d'un sol se divise en trois compartiments :

1. La fertilité physique : elle est caractérisée par d'une part la **texture** du sol (teneur en sables, limons et argiles), qui influe sur d'autres paramètres tels que sa densité ou sa porosité. La porosité renseigne directement sur la capacité du sol à retenir l'air et l'eau ou à permettre aux racines de se développer. D'autre part, la fertilité physique prend également en compte la **structure** du sol, très liée à sa **texture** et à sa composante biologique ⁽²⁾.
2. La fertilité chimique : cet aspect de la fertilité des sols se caractérise par un contexte chimique favorable au développement des racines et des organismes du sol (pH, éléments minéraux disponibles).
3. La fertilité biologique : elle consiste en tous les êtres vivants présents dans le sol : vers de terre, insectes, bactéries, champignons, protozoaires, nématodes... Les sols sont capables d'abriter une multitude d'espèces qui assurent des fonctions complémentaires au sein du milieu.

Ces compartiments ne sont pas immuables et interagissent entre eux. Par exemple, la porosité du sol, donc la quantité d'air et d'eau qui peut s'y infiltrer, ou son pH influencent directement la quantité et la nature des êtres vivants qui peuvent s'y développer. A l'inverse, une activité intense des vers de terre, à travers la formation de galeries et la sécrétion de

mucus qui colle les particules minérales entre elles, jouera un rôle fondamental sur la fertilité physique du sol.

La vie biologique des sols est hétérotrophe, c'est-à-dire qu'elle a besoin d'ingérer de la matière organique d'origine extérieure pour synthétiser sa propre matière organique. En se nourrissant de matière organique, les micro-organismes transforment celle-ci en éléments minéraux assimilables par les plantes. Ce procédé s'appelle la **minéralisation** de la **MO** ⁽³⁾.

Indicateurs de la fertilité des sols

Cette fertilité peut être évaluée à l'aide de différents indicateurs. Nous nous concentrerons ici sur l'explication des indicateurs dits « classiques », ainsi que sur les indicateurs biologiques mis au point par le laboratoire Celesta-lab, dont il est question dans la suite du rapport.

La granulométrie

Le sol analysé est passé dans différents tamis afin de séparer les particules de tailles différentes. Selon leur taille, elles sont ensuite comptabilisées dans les différents types de particules, tels que visibles sur la figure 2.

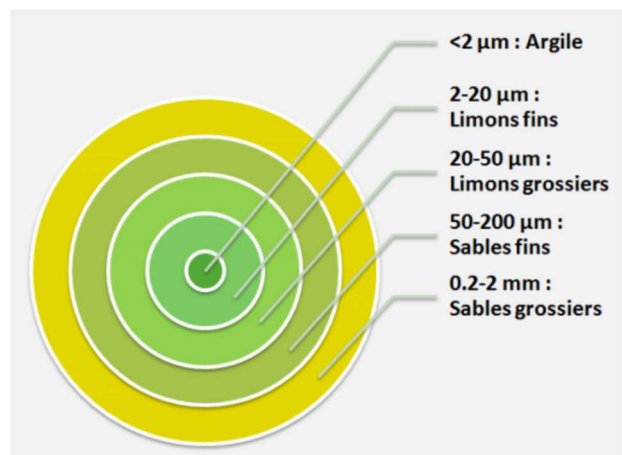


Figure 2 - Schéma présentant les différentes granulométries selon la taille des particules du sol (Source : Capinov)

La disponibilité en éléments minéraux et la CEC

Ces indicateurs permettent de connaître la quantité de cations (ions chargés positivement) présents dans le sol et assimilables par la plante. Les plus courants sont le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le phosphore (P), le potassium (K) et le sodium (Na).

La **CEC** renseigne quant à elle sur la capacité du sol à fixer ces éléments. Elle mesure pour cela le nombre de sites à disposition dans le sol pour que les cations s'y fixent ⁽⁴⁾.

Les facteurs influençant cette **CEC** sont la quantité d'argile dans les sols et le taux de **MO**. En effet, les argiles et l'humus, matière organique stable dans les sols, sont chargées négativement, c'est pourquoi ils retiennent les éléments minéraux sous forme de cations. Alors qu'il n'est pas possible de modifier le taux d'argile d'un sol, il est possible d'influer sur la quantité d'humus des sols en faisant des apports de **MO**, dont une partie en se dégradant aboutira à la formation d'humus dans les sols.

La quantité de MO

Cet indicateur est obtenu en multipliant la quantité de carbone actif mesurée par un coefficient de 1,72. On obtient alors une quantité de **MO** en % du total de sol.

Le fractionnement des MOs

Le fractionnement consiste à séparer les **MOs** dont la taille est supérieure à 50 µm (la **MO libre**) de celles plus fines et celles liées dans le complexe organo-minéral du sol (la **MO liée**)⁽⁴⁾. Concrètement, cela s'effectue en dispersant les particules dans un milieu aqueux, puis en les tamisant.

Le laboratoire calcule également les rapports C/N de la **MO libre et liée**. Ces rapports renseignent sur la qualité de ces **MOs** ainsi que sur leur état de « digestion » ⁽⁵⁾. En effet, plus un C/N est élevé, plus la matière dont il est question est riche en carbone par rapport à la quantité d'azote contenue. Elle est dégradée plus lentement et aboutit à la formation de matières organiques stables. A l'inverse, une **MO** avec un C/N bas signifie qu'elle est rapidement dégradée et libère beaucoup d'azote lors de sa décomposition ⁽³⁾.

La biomasse microbienne

Cet indicateur calcule la quantité de carbone contenue dans la **biomasse microbienne** du sol. Il est exprimé en deux unités :

- En mg de C/kg de terre pour évaluer la quantité de micro-organismes, de carbone vivant ;
- En % du carbone organique du sol : il renseigne alors sur l'aptitude de cette biomasse à se développer dans le sol ⁽⁵⁾. Une faible valeur peut être due à une trop

faible quantité d'apports nutritifs pour cette biomasse, ou à d'autres facteurs physico-chimiques (pH, conditions anaérobies, hydromorphie...).

Les activités de minéralisation du carbone et de l'azote

L'objectif de cet indicateur est de quantifier le carbone et l'azote potentiellement minéralisable dans le sol. Pour cela, un échantillon de sol est incubé en laboratoire à une température de 28°C pendant 28 jours ⁽⁵⁾. On obtient ainsi des quantités de carbone et d'azote exprimés en mg/kg de terre/28 jours et des coefficients de **minéralisation** liés à ces quantités.

2. Matériels et méthodes

L'accompagnement individuel est un suivi défini pour tout groupe DEPHY FERME, qui se divise en trois phases : le diagnostic initial, l'élaboration du projet d'amélioration et le suivi de ce projet.

Afin de faciliter la lecture de ce document, la figure 3 résume de manière chronologique les évènements qui sont détaillés dans cette partie.

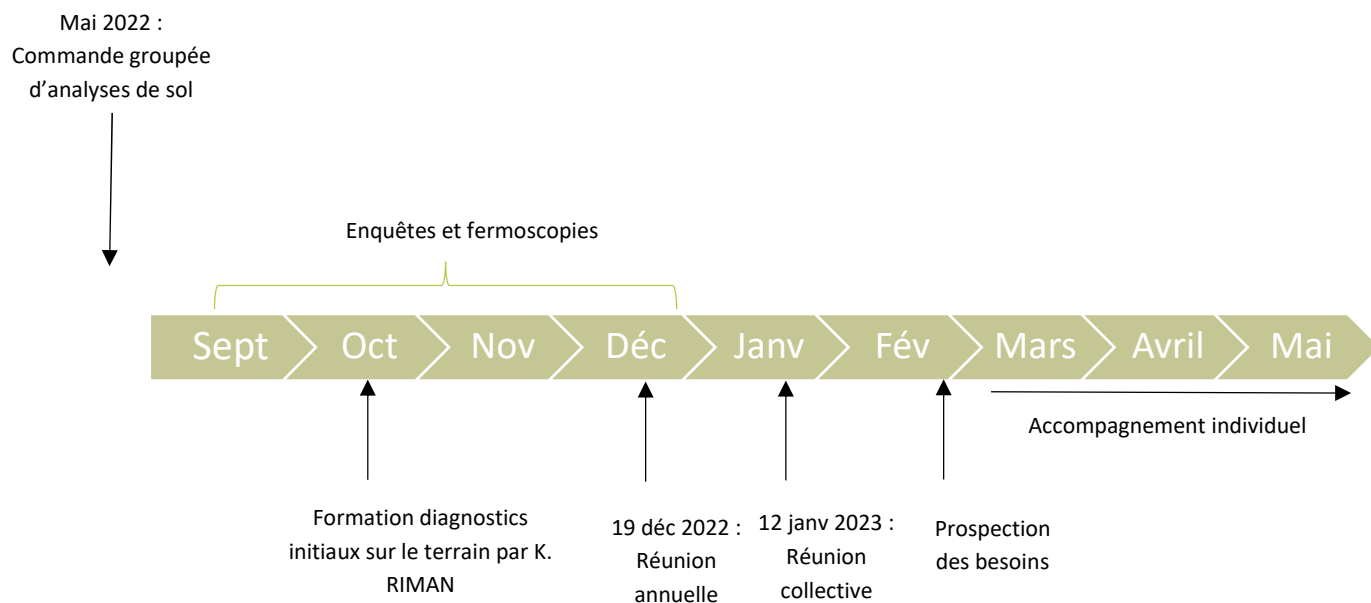


Figure 3 - Schéma récapitulatif des évènements marquants de l'année liés aux activités du groupe DEPHY et à la mission principale (Source personnelle)

Diagnostic initial : Etats des lieux des pratiques impactant la fertilité

i. Réalisation de fermoscopies « focus fertilité » et d'une synthèse

La première étape a été de réaliser un état des lieux des pratiques que chaque maraîcher·ère a mis au point sur sa ferme, de son installation à aujourd'hui, et pouvant impacter de près ou de loin la fertilité de son sol. Pour ce faire, un questionnaire en cinq parties a été créé :

- Informations générales : année d'installation, informations météorologiques, type de sol de la ferme, objectif(s) de fertilité visé(s)... ;
- Sol et fertilisation : informations relatives à l'apport d'**amendements** et de fertilisants sur les sols de la ferme ;
- Travail du sol : Type(s) de travail du sol réalisé(s) sur la ferme et raison(s) de ce(s) choix ;
- Irrigation : informations relatives à la gestion de l'irrigation, et quel est l'objectif derrière ces choix ;
- Traitements : nature des traitements phytosanitaires effectués sur les cultures, s'il y en a.

Il a ensuite été soumis à chaque membre du groupe DEPHY, au travers de visites de leurs fermes. Au-delà des questions posées, cela nous a permis de comprendre comment chacune envisageait la gestion de son système de culture, de l'installation jusqu'à des projections futures. Ces visions sont toutes différentes les unes des autres, en fonction des objectifs de chacun·e.

Ces questionnaires ont été valorisés sous forme de fiches synthèses que l'on appelle fermoscopie.

Au total, douze fermoscopies ont été réalisées et publiées sur les différentes plateformes utilisées par Bio Ariège Garonne :

- Forum public de Bio Ariège-Garonne : <https://www.bio-ariege-garonne.fr/forum/viewtopic.php?f=128&t=483>

- Communication dans le journal trimestriel de l'association (Feuille bio de décembre 2022) : <https://www.bio-ariege-garonne.fr/uploads/documentstelecharger/publications/Feuilles%20Bio%20Ari%C3%A8ge%20Garonne/2022/Feuille%20bio%20Decembre%202022%20-%20BDef.pdf>
- Page **Ecophytopic** du groupe DEPHY) : <https://ecophytopic.fr/dephy/groupe-dephy-maraichage-bio-ariege-garonne>

ii. *Diagnostics initiaux : analyses de sol et diagnostics de terrain*

En parallèle de ces enquêtes se sont tenues différentes formations et rencontres techniques visant à se former, au travers de diagnostics de terrain, aux méthodes d'évaluation des pratiques des maraîchers sur la fertilité.

De plus, au mois de mai 2022, 10 analyses biologiques des sols de 10 fermes du groupe DEPHY ont été réalisées par le laboratoire Celesta-lab. Une analyse biologique regroupe les indicateurs physico-chimiques classiques et les indicateurs biologiques exposés précédemment, à savoir le fractionnement des MOs, la biomasse microbienne et les activités de minéralisation du carbone et de l'azote.

Karim RIMAN, intervenant partenaire du groupe DEPHY, a interprété ces analyses lors de la réunion annuelle du groupe en décembre 2022 et lors d'une journée technique supplémentaire, en janvier 2023.

Interprétation des analyses de sol : rencontres techniques DEPHY (19 décembre 2022 et 12 janvier 2023)

Le 19 décembre 2022 s'est tenue la première réunion annuelle du groupe DEPHY, qui était l'occasion de dresser un bilan des actions menées en 2022 et de celles que les membres souhaitent poursuivre en 2023. La matinée de cette réunion était consacrée à une initiation à l'interprétation d'une analyse de sol, composée :

- D'une partie théorique présentant le fonctionnement des sols, leur biologie et les différentes matières organiques,
- D'une étude de cas concret qui s'appuyait sur la lecture d'une analyse de sol d'un maraîcher du groupe.

Les membres du DEPHY se sont ensuite réunis une seconde fois, le 12 janvier 2023, avec une nouvelle fois la présence de Karim RIMAN par visioconférence l'après-midi, afin de d'aborder les neuf interprétations d'analyses restantes. Au total, 6 analyses supplémentaires ont été lues par Karim et les maraîcher·ère·s présent·e·s.

Parmi les 3 restantes, un maraîcher n'a pas souhaité avoir d'interprétation ultérieure. Concernant les deux autres, les interprétations ont été réalisées dans le cadre de leur accompagnement individuel, grâce aux références et à l'expérience acquises au travers des précédentes interventions de Karim RIMAN.

Formation diagnostics initiaux par Karim RIMAN

Au début du mois d'octobre était organisée une formation sur deux jours consécutifs dont l'objectif était de former les maraîcher·ère·s, DEPHY et hors DEPHY, aux méthodes d'évaluation de la fertilité afin de les rendre plus autonomes dans le choix des pratiques.

Lors de cette formation, Karim RIMAN et les apprenant·e·s ont visité six fermes, toutes du DEPHY, sur lesquelles différents tests ont été réalisés : un test du boudin et l'extraction d'une carotte à l'aide d'une tarière, afin d'approcher la **texture** du sol, ainsi qu'un test bêche afin d'identifier le type de structure.

Ces diagnostics de sol, les interprétations d'analyses et les fermoscopies ont servi de supports de travail initiaux et représentent, avec des recherches bibliographiques, l'essentiel du matériel théorique utilisé pour la mise en œuvre des suivis individuels. Ces documents sont disponibles sur le lien suivant : <https://www.bio-ariege-garonne.fr/forum/viewforum.php?f=128> .

Interprétation des tests bêche

Les tests bêche réalisés au cours de ces diagnostics, sont lus et interprétés à l'aide de la grille de lecture mise au point par des enseignants de l'école d'ingénieurs ISARA ⁽⁶⁾.

3. Résultats des suivis individuels

A. La Ferme des Matilous – Bertrand Buzaré

i. Situation initiale

Bertrand Buzaré est un agriculteur installé depuis 2013 à Venerque (31) sur une ancienne ferme céréalière conventionnelle, sur plusieurs ateliers de productions : maraîchage, petits fruits et transformation, miel, céréales et œufs. Les sols de la ferme sont majoritairement limono-sablo-argileux (Lsa).

Il est le seul membre du groupe à ne pas réaliser ce que l'on appelle du maraîchage diversifié ; il cultive en effet uniquement des courges, pommes de terre primeurs, oignons de conservation, fraises ainsi que des plants qu'il vend pour des particuliers.

Bertrand met en place depuis quelques années des couverts végétaux lorsque son interculture le permet, et pilote en outre sa fertilité avec l'apport de composts de déchets verts comme **amendement** avant chaque plantation, complété par des apports d'**engrais** en bouchons Orga3, du tourteau de ricin et du **Patentkali** lorsque les besoins des cultures l'exigent.

ii. Accompagnement au travers du DEPHY

Diagnostic initial

Bertrand a bénéficié d'un diagnostic initial par Karim RIMAN, le 6 octobre 2022, avec comme attente de pouvoir dresser un état des lieux de la fertilité de son sol.

Le test bêche et la mesure de la résistance au pénétromètre réalisés lors de ce diagnostic ont permis de mettre en lumière une **structure** du sol grumeleuse et riche en racines jusqu'à 8 cm, puis une zone de tassement jusqu'à 20 cm, avant que le sol ne redevienne plus meuble. La figure 4 illustre ce diagnostic.



Figure 4 - Photo du test bêche réalisé chez Bertrand Buzaré

Pour résoudre ces problèmes de structure, Bertrand a l'intention de continuer l'effort fait sur les couverts végétaux, notamment avec des céréales et de la luzerne.

Interprétation de l'analyse de sol

Contacté dans les jours suivants la journée technique d'interprétation des analyses de sol, à laquelle il était absent, il a souhaité bénéficier des connaissances transmises par Karim Riman.

Voici les interprétations et les recommandations que nous avons pu formuler :

Le fractionnement des Matières Organiques (MO)

	teneur en % de sol	teneur en % de MO	azote (g/kg)	C/N
MO totale	2,6		1,07	14,1
MO liée	2,1	82	0,87	14,3
MO libre	0,5	18	0,20	13,5

Figure 5 - Tableau du fractionnement des matières organiques issu de l'analyse de sol de la Ferme des Matilous (Source interne à l'association)

- La teneur en **MO** totale du sol de Bertrand est de 2,6 %, ce qui est une teneur satisfaisante, mais qui peut toutefois facilement atteindre 3 à 4 % pour une ferme en maraîchage biologique.
- La proportion entre **MO liée** et **MO libre** (82 % et 18 %) est courant pour un sol de grandes cultures, ce qui s'explique par le passif céréalier de la ferme. En maraîchage, le ratio observé couramment se situe à 70 % de **MO liée** et 30 % de **MO libre**.

Les activités de minéralisation du carbone et de l'azote

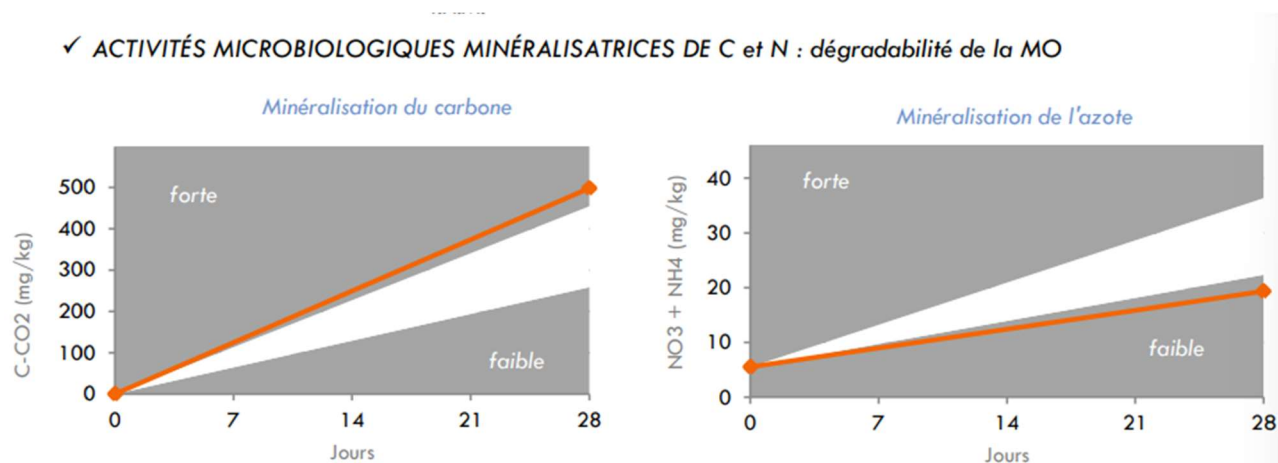


Figure 6 - Graphiques illustrant les activités de minéralisation du carbone et de l'azote du sol de la Ferme des Matilous (Source interne à l'association)

Les graphiques indiquent deux tendances différentes pour la **minéralisation** du carbone et de l'azote :

- Le cycle du carbone semble fonctionner correctement, avec une quantité élevée de carbone minéralisé en 28 jours (500 mg/kg). La **biomasse microbienne** dégrade rapidement le carbone organique présent dans les matières apportées (issu principalement des apports de compost de déchets verts).
- En revanche, la quantité d'azote minéralisé en 28 jours (13,8 mg/kg) est classée comme faible selon le référentiel du laboratoire.

Cette différence entre les deux dynamiques de **minéralisation** peut s'expliquer par les apports réalisés par Bertrand : le compost de déchets verts est une matière organique « mûre », qui a déjà libéré une partie de son azote facilement minéralisable avant d'être épandue, et qui est plus riche en matières carbonées. La matière organique fraîche est passée par le processus de compostage, la partie énergétique (le carbone facilement disponible) a déjà été réorganisé ou minéralisé. A l'inverse, l'apport d'Orga3 (**engrais** en bouchons) a un effet plus fertilisant, l'azote est assimilable presque directement par les plantes, sa dégradation ne requiert que peu d'activité de **minéralisation** par la **biomasse microbienne**.

De plus, la quantité de **biomasse microbienne** présente dans les sols analysés est de 316 mg/kg de terre. Cette valeur est correcte mais il est possible en maraîchage biologique d'atteindre facilement des ordres de grandeur de 400 à 500 mg/kg de terre, voire plus. La **biomasse microbienne** semble bien se nourrir des matières organiques apportées, mais il est possible de l'augmenter en augmentant les efforts faits sur les **amendements**.

Les autres indicateurs de l'analyse de sol ne présentent pas d'autres points de vigilance (**CEC** élevée, pH correct, pas de risques de carences ou de faim d'azote).

Synthèse

A l'issue de la lecture de cette analyse de sol, la principale amélioration suggérée à Bertrand est en premier lieu d'augmenter la quantité de **MO libre** de ses sols lors de ses prochaines campagnes de culture. Concrètement, cela se traduirait par des apports de matières organiques fraîches, riches en cellulose et peu compostées (tontes de gazon, résidus de cultures, restitution de couverts végétaux, fumiers, mulchs divers...). Ces apports permettraient d'augmenter la part de MO libre, d'augmenter la quantité d'azote organique dans les sols, minéralisable par les micro-organismes, ce qui exercerait également une influence positive sur leurs populations.

Nous en avons ensuite conclu que l'indicateur le plus pertinent pour suivre ce changement sera l'analyse de sol de « sortie » du groupe DEPHY, qui sera réalisée en 2026 afin d'évaluer l'impact des évolutions des pratiques au cours de la durée de vie du groupe. Ce choix nous a paru le plus adapté car l'évolution des taux de **MO** est un processus lent, qu'il n'est pas pertinent de réévaluer chaque année.

Quelques mois plus tard, lors d'une autre visite chez Bertrand, le maraîcher a souligné que cette lecture d'analyse lui avait permis de revoir son système de fertilisation pour les années à venir. Il compte en effet cette année compléter ses apports de compost de déchets verts par des apports de foin et de fumier de poules (disponible sur la ferme), et ne plus acheter d'**engrais** en bouchons.

B. Les Jardins de Canabera – Maïté Milian & Eric Baures

i. Situation initiale

Les Jardins de Canabera est une ferme maraîchère dirigée à l'origine par Frédéric Scelles, depuis 2018. Frédéric était un maraîcher volontaire et engagé dans le DEPHY, qui a décidé d'arrêter son activité agricole au 01 janvier 2023. Avant son départ, Frédéric nous a néanmoins mis en contact avec ses repreneurs, Maïté Milian et Éric Baures, un jeune couple ayant déjà une première expérience en maraîchage biologique. Nous les avons convié à la réunion annuelle du groupe DEPHY, afin qu'ils puissent se tenir au courant des actions menées cette année-là et faire connaissance avec les autres membres du groupe, avant de se positionner sur la question de reprendre ou non l'implication de Frédéric au sein de ce dernier.

Maïté et Éric ont appris le métier de maraîcher-ère grâce à la pratique. Ils sont tous deux très demandeurs d'informations relatives à la santé des sols et des plantes car ils demeurent convaincus que la production de légumes sains passe par un environnement vivant et en bonne santé.

Pour faciliter leur installation, nous leur avons fourni des informations relatives au système de culture de Frédéric, leur prédécesseur, qui avaient été renseignées dans la plateforme Agrosyst, système d'information qui centralise les données des groupes DEPHY à l'échelle nationale.

ii. Accompagnement au travers du DEPHY

Lecture d'analyse de sol

Nous nous sommes rendus une première fois chez Maïté et Éric le 17 mars 2023, afin de dresser avec eux un « point zéro » de leurs attentes vis-à-vis des travaux DEPHY, en collectif comme en individuel, avec les engagements que cela impliquerait pour eux.

Les jeunes maraîcher·ère·s se posaient beaucoup de questions sur la pratique des couverts végétaux, et nous avons commencé, au détour d'une visite de ferme, par leur présenter les différents types de couverts (été, automne, hiver) qui avaient été testés par les maraîcher·ère·s, précédemment dans le **GIEE** et dernièrement dans le DEPHY, ainsi que les intérêts et inconvénients des différentes espèces testées, seules ou en association.

Une fois le tour de la ferme terminé, nous avons lu ensemble l'analyse de sol réalisée en mai 2022 sur leur ferme, dans le cadre de la commande groupée du DEPHY, afin de leur apporter des repères et d'affiner leur pilotage de la fertilisation. Voici ce qui est ressorti de cette interprétation :

Caractérisation physico-chimique

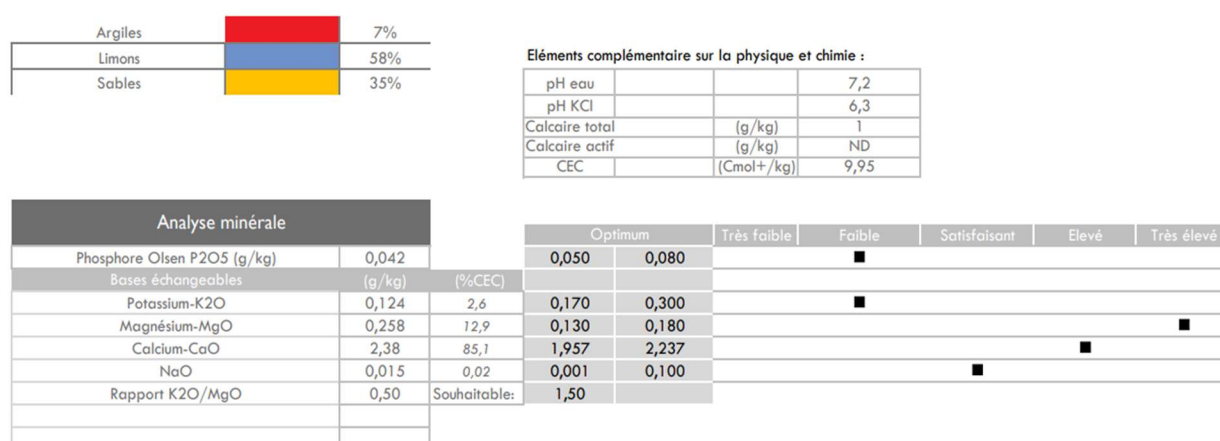


Figure 7 - Tableaux les différents indicateurs physico-chimiques du sol de la ferme (Source interne à l'association)

Trois points sont à retenir de ces tableaux :

- Le sol est majoritairement composé de limons et possède une faible teneur en argile.
- La **CEC** est relativement faible, d'après les référentiels communiqués par FERTISOLS ⁽⁴⁾, ce qui est a priori cohérent avec le faible taux d'argile des sols.

→ Le sol présente deux légères carences en phosphore assimilable et en potassium.

Avant de conclure quoi que ce soit sur ces constatations, il nous faut regarder les autres indicateurs de l'analyse, notamment les indicateurs des matières organiques ainsi que les indicateurs biologiques.

Le fractionnement des MOs

	teneur en % de sol	teneur en % de MO	azote (g/kg)	C/N
MO totale	2,6		1,33	11,6
MO liée	1,8	69	1,00	10,6
MO libre	0,8	31	0,33	14,5

Figure 8 - Tableau du fractionnement des matières organiques issu de l'analyse de sol des Jardins de Canabera (Source interne à l'association)

- La teneur totale en **MO** est de 2,6 % ce qui, comme pour le cas précédent de la Ferme des Matilous, est une teneur tout à fait satisfaisante, mais qui pourrait atteindre relativement facilement 3 à 4 % pour des sols de fermes en maraîchage biologique.
- Le ratio entre la **MO libre** et la **MO liée** est celui recherché dans des sols maraîchers (30 %/70 %) et leurs rapports C/N sont corrects.

La biomasse microbienne

Carbone	Biomasse Microbienne (BM)	
g/kg terre	mgC/kg terre	en % C
15,4	217	1,4
satisfaisant	satisfaisant un peu faible	faible

Figure 9 - Tableau présentant la quantité de biomasse microbienne présente dans les sols des Jardins de Canabera (Source interne à l'association)

- La quantité de **biomasse microbienne** est de 217 mg/kg de terre, ce qui est, d'après le référentiel du laboratoire, une valeur satisfaisante, mais qui peut encore une fois atteindre des niveaux plus élevés en maraîchage biologique. Selon Karim RIMAN, il est possible de viser au moins 400 à 500 mg/kg de terre.
- Ramenée à la quantité de carbone totale, le carbone contenu dans la **biomasse microbienne** (indicateur aussi nommé BM/C) ne représente que 1,4 % du total.
Dans notre cas, la dernière partie de l'analyse de sol, à savoir les activités de **minéralisation** du carbone et de l'azote, présente des valeurs classées comme satisfaisantes à fortes selon le laboratoire. Il est donc possible d'affirmer que la faible valeur de BM/C n'est pas due à un manque de « nourriture » pour les microorganismes du sol, qui minéralisent suffisamment le carbone et l'azote des matières organiques apportées.

Une fois les différents indicateurs parcourus, voici les remarques sur lesquelles il est possible de conclure :

- La capacité du sol à retenir et échanger les éléments minéraux est assez faible, notamment en raison des taux d'argile et de **MO** peu élevés. Comme il est impossible d'agir sur le taux d'argile du sol, la **CEC** peut être relevée en augmentant le taux de **MO** du sol.
- Des apports de **MO** contribueraient à développer la **biomasse microbienne** du sol, bien que d'autres facteurs pourraient expliquer la faible valeur trouvée. Par exemple, la quantité importante de limons augmente le risque d'obtenir une **structure** tassée si des opérations culturales sont réalisées dans de mauvaises conditions, ce qui pourrait diminuer la présence d'oxygène et d'eau dans le sol. Or, ce sont deux éléments indispensables au développement et au maintien d'une vie biologique opérationnelle.

A l'issue de cette lecture d'analyse, Maïté nous a fait part de ses interrogations sur la pratique d'apports de compost en tant qu'**amendement**. En effet, Frédéric leur avait assuré avant de quitter l'exploitation qu'il avait mis à la fin de la saison estivale du compost de déchets verts en quantité suffisante pour qu'ils n'aient pas à s'en préoccuper à l'arrivée du printemps.

Pour répondre à cette interrogation et statuer sur l'existence ou non de problèmes de structure du sol il est décidé de faire un test bêche, afin de voir si la matière organique est visible, à quelle profondeur et à quel stade de dégradation. Un test d'infiltration a également été réalisé afin de comprendre comment se comporte l'eau dans le sol de la ferme, très limoneux. Ces tests complètent le « point zéro » dans le suivi de l'amélioration de la fertilité des sols de la ferme de Maïté et Éric, en plus de la lecture de l'analyse de sol.

Diagnostic initial au test bêche

Le 20 avril 2023 s'est donc tenue cette seconde visite. Sur la figure 10 est visible l'échantillon de sol analysé au travers du test bêche. L'échantillon a été prélevé sur une planche en plein champ sur laquelle s'était implanté un couvert spontané. Nous avons estimé qu'il serait intéressant d'évaluer visuellement l'effet des racines de ce couvert sur la stabilité structurale du sol.



Figure 10 - Photo du bloc de terre analysé avec le test bêche aux Jardins de Canabera (Source personnelle)

L'échantillon prélevé à la bêche se tient sur la bêche, à l'exception d'un fragment qui s'est détaché au moment où il a été posé. Maïté s'attendait à ce que l'on observe une ou plusieurs distinctions marquées entre les horizons mais, comme on peut le voir sur la photo,

l'échantillon est plutôt homogène en termes de couleur, avec une absence de gradient de la surface vers la terre la plus en profondeur.

En décomposant ensuite l'échantillon en plusieurs mottes, nous avons pu néanmoins distinguer deux horizons différents :

- Le premier, de 0 à 8 cm, peuplé de racines du couvert végétal spontané présent au moment du test, qui possédait une **structure** très grumeleuse. D'après la grille de lecture du test bêche, cet horizon possède une **structure** de type Γ (gamma).
- Le second, de 8 à 20 cm, un peu plus compact et présentant moins de racines. A partir de la grille de lecture, nous avons qualifié sa **structure** de Δb .

Cependant, la présence de vers de terre (des juvéniles pour la plupart, donc plus difficiles à identifier) a été observée dans les deux horizons, qui étaient également tous deux très poreux. Aucun blocage structurel remarquable n'a été identifié, ce qui est un résultat plutôt encourageant. Toutefois, nous n'avons également pas observé d'horizon de surface qui aurait été plus riche en matière organique, lié aux apports du maraîcher précédent, ou de traces de descente de cette matière vers les horizons plus profonds par les vers de terre.

Test d'infiltration

Enfin, nous avons tenté de réaliser un test d'infiltration, qui s'est toutefois avéré compliqué à mener à terme. En effet, pour le préparer, nous avons enlevé la végétation présente à l'endroit où nous voulions placer le cylindre, de sorte que dès les premiers apports d'eau, les petites mottes de surface se sont désagrégées, ce qui a formé une couche lisse en surface. Par la suite, l'eau s'infiltrait à des vitesses très lentes. Cette couche aboutit lorsqu'elle sèche à une croûte de battance. Elle rend le sol moins perméable et peut gêner la levée des graines à travers la surface du sol. Ce phénomène observé lors de notre tentative est caractéristique des sols limoneux. Pour limiter l'apparition de cette croûte lors d'un épisode ou d'une irrigation, **le maintien d'une couverture permanente du sol est primordial, et ce test a permis aux maraîcher·ère·s de constater la fragilité d'un tel sol face aux intempéries ou à l'irrigation s'il est laissé nu.**

C. Madame Maraîche – Sabrina Chauvellie

i. Situation initiale

Sabrina est une maraîchère récemment installée, qui cultive des légumes sur 8 000 m² à Cazères (31). L'année 2023 est sa seconde année de maraîchage complète. Bien que son système de culture en soit encore au stade de mise en place, Sabrina possède déjà une idée précise de la manière dont elle veut conduire ses cultures : son objectif est de réaliser le moins d'interventions possibles sur son sol et d'atteindre un haut niveau de fertilité.

Concrètement, elle ne réalise presque aucun travail du sol (à l'exception le plus souvent d'un passage de grelinette pour décompacter le sol avant l'installation des cultures), ne fait aucun traitement et réalise des apports annuels conséquents en compost mûr (15 t/ha en 2021 et 30 t/ha en 2022) afin d'enrichir son sol en matière organique. Elle complète ces apports avec des **engrais** en bouchons pour certaines cultures exigeantes.

ii. Accompagnement au travers du DEPHY

La ferme de Sabrina est l'une des deux du groupe n'ayant pas bénéficié de la commande groupée d'analyses biologiques de sol en mai 2022. Elle en avait néanmoins réalisé une à son installation en 2020 avec le laboratoire Eurofins Galys, mais qui ne comprenait pas les indicateurs biologiques (cf. parties 2.A et 2.B).

Lors de notre prise de contact au début de l'année 2023, elle ne nous a pas fait part de problème particulier sur sa ferme en termes de fertilité, à l'exception peut-être d'un manque de vigueur et de rendements faibles de ses cultures l'année passée, alors qu'elle n'avait selon elle pas suffisamment maîtrisé ses apports d'**amendements**. Nous avons lu ensemble son analyse de sol faite à l'installation, afin de voir avec quel degré d'autonomie les stocks d'éléments nutritifs dans ses sols étaient capables ou non de subvenir aux besoins des cultures, et s'il existait ou un plusieurs problèmes qui pouvaient entraver ces flux de matière (comme un pH trop bas, par exemple).

Interprétation analyse de sol

L'analyse granulométrique estime que la **texture** du sol de la ferme est sablo-argilo-limoneuse, avec 14,9 % d'argile. Elle indique également que le taux de **MO** du sol est faible selon son référentiel, à 1,4 % du total du sol.

Le sol a un pH neutre et ne révèle pas de carences particulières en éléments minéraux. Le point notoire de cette analyse de sol est sa **CEC**, visible dans la figure 11.



Figure 11 - Extrait de l'analyse de sol de Sabrina Chauvellerie (Source interne à l'association)

La **CEC** est de 57,9 meq/kg de terre. Or, les analyses Celesta-lab expriment cet indicateur en Cmol+/kg, il n'est à première vue pas possible de savoir si la taille de cette **CEC** est correcte ou non selon le référentiel de ce laboratoire. En convertissant cette valeur dans l'unité désirée⁽⁸⁾, on obtient une **CEC** en Cmol+/kg de 5,79.

Le sol de la ferme possède donc un petit réservoir en éléments minéraux, ce qui peut expliquer les faibles rendements que Sabrina a connu l'année précédente. Comme le taux d'argile n'est pas négligeable et que le taux de **MO** est faible, il est possible d'imaginer que la **CEC** pourrait être bien plus élevée si Sabrina continue ses apports de matières organiques en quantités importantes. De plus, il est apparu assez clair que le moyen le plus adapté pour suivre l'évolution du taux de **MO** de son sol et de sa **CEC** était qu'elle participe à la commande groupée d'analyses de sol prévue à la fin des cinq années du DEPHY, car ce sont des indicateurs qui évoluent lentement.

Afin qu'elle bénéficie d'un point de comparaison « initial », nous lui avons proposé de réaliser une analyse biologique. En soumettant cette idée à Sabrina, nous avons ensuite décidé ensemble de réaliser un test bêche le jour des prélèvements à. Elle en fera un nouveau dans

cinq ans, afin de pouvoir lier les observations de terrain aux indicateurs qui seront calculés par Celesta-lab.

Test bêche et prélèvements pour analyse biologique – 17 mai 2023

Le test a été réalisé sous serre, sur un sol nu où venaient d’être récoltées des cultures de carottes et d’épinards. Sabrina a l’intention d’y implanter un engrais vert au début de l’été. Le dernier apport de compost de déchets verts, encore visible en surface, a été fait avant l’implantation des cultures, à la fin de l’été 2022.

L’échantillon prélevé lors du test est visible sur la figure 12.



Figure 12 - Photo du bloc de terre analysé lors du test bêche chez Sabrina Chauvellerie

Le bloc de terre, à première vue plutôt compact, se tient bien sur la bêche. L’échantillon, qui fait 18 cm, est homogène en termes de couleur et de structure. En détachant des morceaux de sol, nous sommes tombées sur de nombreux vers de terre (des juvéniles pour la plupart) ou des galeries creusées. La lame du couteau pénètre facilement dans l’échantillon, et la présence de racines jusqu’à environ 15 cm ne laisse pas présager de risque de compaction pour le moment. Nous qualifions la **structure** de l’échantillon de Δb .

Sabrina attendait en partie de ce test de voir où en était la dégradation du compost qu’elle avait apporté quelques mois plus tôt. La figure 13 est intéressante, car elle montre que

ce compost descend dans les centimètres plus en profondeur du sol, grâce aux galeries creusées par les vers de terre.



Figure 13 - Photo illustrant le transfert de la matière organique, suivant les galeries creusées par les vers de terre (Source personnelle)

Le test bêche nous a donc montré des résultats encourageants pour la suite, avec une **structure** en cours d'amélioration, notamment en continuant les apports réguliers en matière organique.

Bibliographie

- (1) FARDEAU Jean-Claude. *Des indicateurs de la fertilité des sols*. Etude et Gestion des Sols, 2015. Disponible sur : https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2017/09/EGS_22_1_2206_77_100_Fardeau.pdf
- (2) PEIGNE Joséphine. *La structure du sol*. L'institut Agro. Disponible sur : https://www.supagro.fr/ress-pepites/AC/co/StructureduSol_1.html
- (3) World Wide Fund for Nature. *Cycle de la matière organique*. Publié le 29 septembre 2020. Disponible sur : https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2020-12/20211130_Fiche-pratique_07-Matiere-organique_Veni-verdi-WWF.pdf
- (4) FERTISOLS. *La Capacité d'Echange Cationique*. Publié le 14 septembre 2020. Disponible sur : https://aura.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Auvergne-Rhone-Alpes/177_Eve-agriressources/fertisols/Fiches_FERTISOLS/Fiche_II.09.pdf
- SALDUCCI Xavier. *Les matières organiques : l'énergie solaire des sols*. Association BASE et
- (5) Celesta-lab. Publié le 20 novembre 2014. Disponible sur : <https://asso-base.fr/+presentation-de-CELESTA-LAB+.html>
- (6) ISARA Lyon. *Test bêche – Guide d'utilisation*. Publié en décembre 2016. Disponible sur : https://orgprints.org/id/eprint/32099/1/peigne-et-al-2016-GuideTestBeche-ISARA_Lyon.pdf

