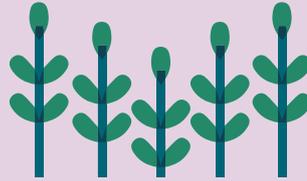
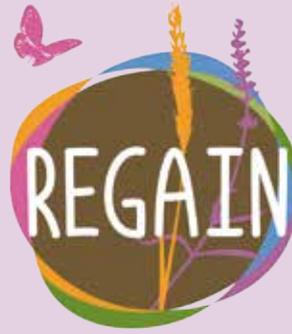




GUIDE PRATIQUE



PARC NATUREL RÉGIONAL DU VERDON

FERTILITÉ — DES SOLS — EN CULTURE DE LAVANDIN

CONNAISSANCES ET PRATIQUES AGROÉCOLOGIQUES
SUR LE PLATEAU DE VALENSOLE



Parc
naturel
régional
du Verdon
Une autre vie s'invente ici

SOMMAIRE

PRÉAMBULE

- 1 Édito
- 2 Introduction
- 3 La démarche REGAIN en bref

CONTEXTE

- 4 Le plateau de Valensole, un territoire agricole à enjeux
- 6 La préservation de l'eau et de la biodiversité
- 8 Les sols du plateau
- 10 Une diversité d'itinéraires techniques sur le plateau

COMMENT UTILISER CE GUIDE ?

Ce guide est composé d'un livret et d'un ensemble de fiches techniques. Le livret vous présente le contexte agricole du plateau de Valensole, les caractéristiques de ses sols, et synthétise l'ensemble des résultats du projet REGAIN. Les 5 fiches techniques vous proposent plusieurs tests à réaliser au champ pour mieux connaître vos sols.

PROPRIÉTÉS DES SOLS

- 12 **Texture et structure du sol**
 - Qu'est-ce que la texture ?
 - Qu'est-ce qu'une bonne structure de sol ?
 - Comment améliorer mon sol ?
 - Pourquoi parle-t-on de matièreS organiqueS ?

Nutrition des plantes

- 14
 - La biodisponibilité de l'azote
 - La biodisponibilité du phosphore
 - Le pH du sol & le complexe argilo-humique
 - Les sols du plateau : des sols calcaires, à faibles capacités de fixation

Rôles de la vie du sol

- 16
 - Les organismes du sol et leurs actions

RÉSULTATS D'ANALYSES

- 20
 - Influence des pratiques avant la plantation du lavandin
 - Effet du type de fertilisation
 - Différentes techniques pour gérer l'inter-rang
 - Allier rentabilité et préservation de la vie des sols
 - Un meilleur sol pour une culture de lavandin résiliente face à la sécheresse

FICHES TECHNIQUES

- **Test bêche** : observer la structure de mon sol
- **Test du boudin** : connaître la texture de mon sol
- **Slake test** : tester la stabilité structurale de mon sol
- **Test du slip** : évaluer l'activité biologique de mon sol
- **Plantes bio-indicatrices** : ce qu'elles me disent sur mon sol

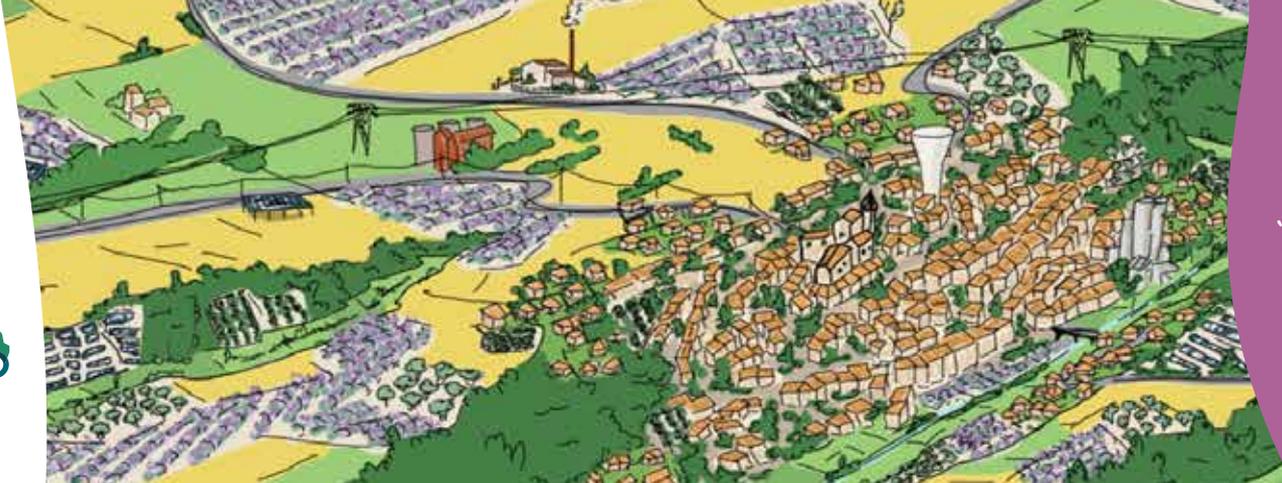


Illustration : ©Sophie Albespy

ÉDITO

Le sol est un milieu bien complexe ! Beaucoup plus qu'un simple support pour les cultures, c'est un écosystème vivant qui fournit aux plantes les nutriments et l'eau dont elles ont besoin. C'est aussi un filtre qui nous permet d'avoir de l'eau potable ou encore de réduire les risques d'inondation. Enfin, grâce à sa capacité à stocker d'immenses quantités de carbone, il a un rôle essentiel dans la lutte contre le changement climatique.

Le sol, le maintien ou la reconquête de sa fertilité sont au centre de la démarche REGAIN qui accompagne depuis 2014 les lavandiculteur.trice.s du plateau de Valensole dans la transition de leurs pratiques vers l'agroécologie.

La force de la démarche REGAIN réside dans sa dimension collective et pluridisciplinaire : la Chambre d'agriculture des Alpes-de-Haute-Provence, le Parc naturel régional du Verdon, la Société du Canal de Provence et la chaire d'entreprise Agrosys de Montpellier Supagro ont ainsi uni leurs compétences pour répondre aux enjeux agronomiques, économiques et environnementaux de l'agriculture sur le plateau de Valensole.

Associant le suivi des pratiques agricoles, les rencontres techniques et les formations à des travaux de recherche, le collectif REGAIN a capitalisé de précieuses connaissances sur les sols du territoire et sur les pratiques permettant d'allier protection de l'eau, des sols, de la biodiversité, des paysages, et rentabilité économique pour les exploitations.

Ce guide distille ces résultats à travers des témoignages, des analyses mais aussi des fiches pratiques. Il s'adresse à tous et à toutes, et avant tout aux agriculteur.trice.s du plateau de Valensole qui sont l'essence de la démarche REGAIN !

- **Bernard Clap**, président du Parc naturel régional du Verdon
- **Frédéric Esmiol**, président de la Chambre d'agriculture des Alpes-de-Haute-Provence
- **Jean-Luc Ivaldi**, directeur général de la Société du Canal de Provence
- **Anne-Lucie Wack**, directrice générale de Montpellier Supagro



Illustration : ©Fabrice Hibert

INTRODUCTION

LE PLATEAU DE VALENSOLE,

situé au cœur de la Provence, est un territoire agricole et touristique connu pour ses champs de blé dur, lavandin et autres plantes à parfum (sauge sclarée, immortelle...). C'est aussi un territoire qui combine biodiversité protégée (site Natura 2000) et protection de la ressource aquatique (Zone Vulnérable Nitrates, ZVN).

C'est dans ce contexte de défis écologiques, agronomiques et sociaux que des partenaires locaux se sont rassemblés : le Parc naturel régional du Verdon, la Chambre d'agriculture des Alpes-de-Haute-Provence, la Société du Canal de Provence, et la chaire d'entreprises AgroSYS. Ensemble, ils ont créé en 2014 la démarche REGAIN qui a pour but d'accompagner les lavandiculteur.trice.s du plateau de Valensole dans leur transition agroécologique. Le projet rassemble aujourd'hui une cinquantaine d'exploitations, dont trente participent au Réseau Sol qui étudie plus spécifiquement les caractéristiques des sols agricoles du plateau de Valensole et l'impact des différentes pratiques sur leur fertilité et leur pérennité.

©Jean-Claude Lacassin.



Ce guide a pour objectif de rassembler et synthétiser les principaux résultats du projet REGAIN qui ont été récoltés depuis 2014.

À travers des témoignages et résultats d'études, vous trouverez dans ce guide des informations sur les sols agricoles du plateau de Valensole et les premières observations des effets des différents systèmes de culture sur leur fertilité, en lien avec les résultats économiques des exploitations. Et comme on n'observe jamais assez son sol pour mieux le comprendre, le guide comporte des fiches pratiques qui vous donneront les modes d'emploi et illustrations de tests simples pour observer et mieux comprendre vos sols.



Ce guide s'adresse à l'ensemble des agriculteurs et agricultrices du plateau de Valensole

qui souhaitent suivre le projet et connaître les techniques agricoles testées sur les fermes du plateau, en prenant en compte les contraintes agronomiques, économiques et personnelles de chacune d'entre elles. Ce guide souhaite balayer l'ensemble des types d'exploitations du plateau, qu'elles soient conventionnelles, biologiques, intensives ou extensives.



©Perrine Puyberthier (Parc du Verdon).

REGAIN

LA DÉMARCHE REGAIN EN BREF

Autour du Parc du Verdon, les acteurs du territoire se sont réunis en 2014 pour créer la démarche REGAIN. Le but du projet est d'**accompagner les agriculteur.trice.s du plateau de Valensole dans la transition agroécologique par le développement de pratiques performantes, résilientes et préservant l'environnement.**

Si l'objectif de départ était de les rassembler autour de la reconquête de la fertilité des sols, les actions se sont rapidement diversifiées vers l'accompagnement à la plantation de haies, les réflexions autour d'une irrigation résiliente des cultures, et la gestion de la fertilisation azotée en grande culture pour diminuer la dépendance aux intrants et réduire la pression de l'agriculture sur les eaux souterraines.



LE RÉSEAU SOL EN BREF :

- 29 exploitations agricoles en 2019,
- 50 parcelles de lavandin plantées en 2017,
- Des pratiques très différentes : conventionnel, bio, intensive, extensive, couverture végétale inter-rang, apports de matière organique...
- Des sols aux caractéristiques différentes.

Pour plus d'informations sur la démarche REGAIN et les différents projets menés par les partenaires, allez voir le site internet : <https://agrosys.fr/regain/>



PARTENAIRES DE LA DÉMARCHE REGAIN :
Parc naturel régional du Verdon, Chambre d'agriculture du 04, Société du Canal de Provence, chaire AgroSYS



Cette transition agroécologique des exploitations du plateau de Valensole passe donc par la recherche de systèmes innovants et durables, avec les agriculteurs et agricultrices du territoire.

Aujourd'hui, les actions menées par les partenaires de REGAIN se déclinent en plusieurs axes :

- Cultiver la diversité des agrosystèmes : à travers la diversification des cultures et la plantation d'arbres.
- Replacer le sol et la matière organique au centre des préoccupations : animation du « Réseau Sol » par le Parc du Verdon.
- Optimiser l'efficacité des intrants et réduire leurs impacts : animation du « Réseau Irrigation » par la Société du canal de Provence et animation du « Réseau Fertilisation » par la Chambre d'agriculture du 04.

Réseau Irrigation animé par la SCP

Suivi de fermes pour identifier les leviers à une irrigation résiliente du lavandin dans un contexte de changement climatique.

Réseau Fertilisation animé par la CA04

Aide au pilotage de la fertilisation azotée des cultures pour réduire les coûts de production et diminuer la pression de l'agriculture sur l'environnement, en particulier sur les eaux souterraines.

LE PLATEAU DE VALENSOLE, UN TERRITOIRE AGRICOLE À ENJEUX

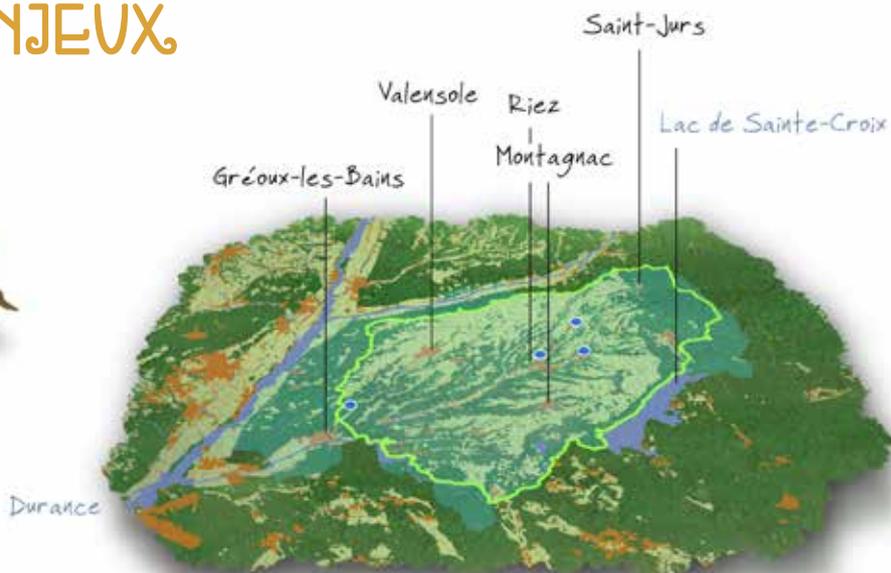


Illustration : ©Fabrice Hlbert

Le plateau de Valensole est un territoire de 500 km² qui fait partie du Parc naturel régional du Verdon. Il est principalement tourné vers l'agriculture mais il accueille aussi un tourisme important depuis plusieurs années, notamment autour de la lavande et des plantes à parfum. L'agriculture du plateau, dont les surfaces et rendements en huile essentielle de lavandin ne cessent d'augmenter, mobilise les ressources naturelles et met en tension l'environnement et les eaux de surface et souterraines. Sur ce territoire, il y a cinq aires d'alimentation de captage d'eau potable qui sont menacées par des pollutions liées à l'agriculture. En outre, le plateau de Valensole est placé en Zone Vulnérable Nitrates (ZVN), c'est-à-dire que le territoire est sujet aux pollutions azotées d'origine agricole. Être dans une ZVN implique notamment des restrictions au niveau des épandages agricoles, et des directives à suivre pour protéger les eaux et les terres locales. De plus, l'ensemble des communes du plateau sont dans un zonage Natura 2000 qui vise, via une gestion équilibrée et partagée, à protéger des espèces et des milieux. Enfin, le changement climatique, qui se traduit localement par des épisodes de pluies et de chaleurs plus intenses et plus fréquents, pose la question de la pérennisation de l'agriculture actuelle.

L'ÉVOLUTION DE L'AGRICULTURE DU TERRITOIRE

Le plateau de Valensole est historiquement une zone d'agro-sylvo-pastoralisme qui comprenait la culture de chênes truffiers, d'amandiers en agroforesterie, de légumineuses rustiques, de cultures céréalières, de prairies et de bois pour le

- zones de captage
- zone vulnérable aux nitrates
- périmètre de zone Natura 2000 du plateau de Valensole
- lacs et rivières
- territoires artificialisés
- territoires agricoles
- forêts et milieux semi-naturels

pâturage des ovins principalement. C'est à partir des années 1930 que la culture de lavandes et lavandins apparaît face à un déclin progressif de l'élevage et des vergers d'amandiers. La culture des plantes à parfum devient de plus en plus populaire pour devenir, après la Seconde Guerre mondiale, une des deux principales cultures pratiquées sur le plateau de Valensole, avec le blé dur. Cette double monoculture a été développée en parallèle de l'agrandissement des parcelles, ce qui a permis une mécanisation rapide du territoire.

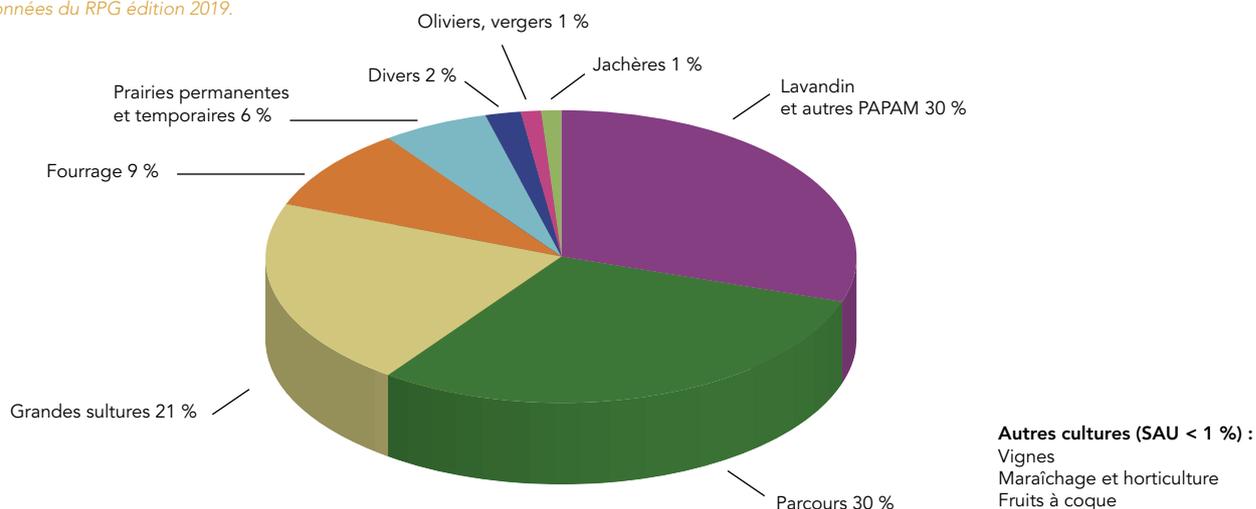
DIVERSIFICATION AGRICOLE DEPUIS LES ANNÉES 2000

Depuis les années 2000, l'agriculture sur le plateau de Valensole se diversifie de plus en plus pour quitter le modèle céréalière-lavandicole et se tourner vers de nouvelles productions adaptées au milieu.

Aujourd'hui, 24 000 ha, soit 250 exploitations agricoles en productions végétales, sont cultivés sur le plateau de Valensole, où les grandes cultures laissent progressivement place à des plantes à parfum, aromatiques et médicinales (PAPAM) diversifiées (sauge sclarée, coriandre, fenouil, immortelle, iris, roses...). Des cultures de diversification comme les pois chiches apparaissent pour complexifier et allonger les rotations.

LES ASSOLEMENTS DU PLATEAU EN 2019 (part de surface agricole utile)

à partir des données du RPG édition 2019.

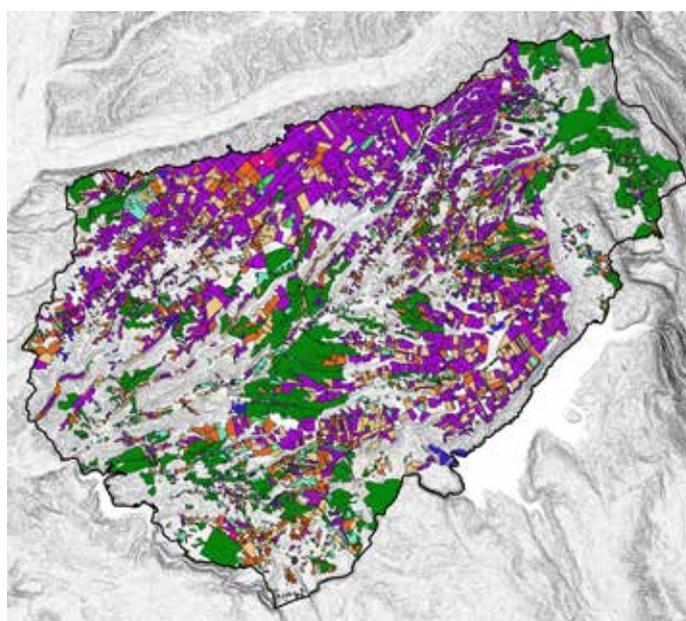


LE LAVANDIN, UNE FILIÈRE ANCRÉE DANS LE TERRITOIRE...

Aujourd'hui, la culture de lavandin s'étale sur plus de 25 000 ha en France et représente 90 % de la production mondiale. La surface en lavande et lavandin a augmenté de 7 % entre 2020 et 2021, et un quart se situe sur le plateau de Valensole : 8 446 ha en 2021 (FranceAgriMer). La majorité des exploitations lavandicoles de ce territoire sont conventionnelles, fortement mécanisées et pratiquent l'emploi de produits phytosanitaires - seulement 10 % de la SAU du lavandin est en bio. Les sols sont souvent très travaillés et les herbicides sont utilisés pour entretenir les inter-rangs.

... MAIS QUI CONNAÎT DES DIFFICULTÉS

La filière de PAPAM connaît depuis quelques années plusieurs difficultés. Le marché de l'huile essentielle de lavande et lavandin provençal, très favorable depuis les années 2000, n'en est pas moins soumis à des aléas économiques et des variations à la hausse ou la baisse parfois peu prévisibles. L'apparition des produits de synthèse et l'offre à bas prix de certains pays européens concurrencent le marché provençal et ont fait chuter son prix de vente de moitié en 2020. L'intensification des aléas climatiques et de la pression des ravageurs comme la cicadelle et la cécidomyie - des insectes qui se nourrissent de la sève ou des feuilles - fragilisent les cultures de lavandin du plateau. Et la perte progressive de fertilité des sols, depuis l'abandon de la polyculture-élevage d'avant-guerre, pousse les acteurs et actrices du territoire à trouver des solutions agronomiques pour pérenniser l'activité agricole.

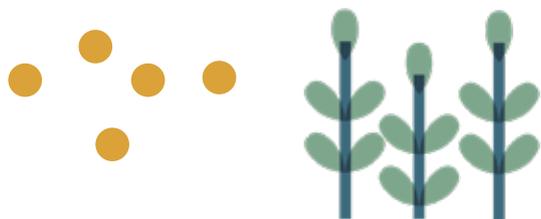


à partir des données RPG édition 2019 et IGN RGE ALTI®, par Eva Fontanel (Parc du Verdon)

- ▭ Périmètre plateau de Valensole
- ▭ Fourrage
- ▭ Fruits à coque
- ▭ Grandes cultures
- ▭ Jachère
- ▭ Lavandin et autres PAPAM
- ▭ Maraîchage et horticulture
- ▭ Oliviers, vergers
- ▭ Parcours
- ▭ Prairies permanentes et temporaires
- ▭ Vignes
- ▭ Divers

LES ENJEUX DU TERRITOIRE

- préserver la biodiversité,
- réduire la pression de l'agriculture sur l'eau et la biodiversité,
- lutter contre l'érosion pour reconquérir la qualité des sols et des eaux,
- assurer une transition vers des systèmes agricoles diversifiés, résilients et rentables.



LA PRÉSERVATION DE L'EAU ET DE LA BIODIVERSITÉ

POURQUOI RÉDUIRE LA PRESSION AGRICOLE SUR LE MILIEU AQUATIQUE ?

Un des enjeux majeurs du plateau de Valensole est de lutter contre la pollution des eaux de surface et souterraines par l'agriculture. Le territoire étant très agricole, la pression de cette activité sur les eaux est mesurable et l'ensemble des communes du plateau de Valensole sont classées en zones vulnérables nitrates. C'est-à-dire que ce sont des zones polluées ou susceptibles de l'être par les nitrates d'origine agricole. On retrouve encore également dans les eaux souterraines des molécules d'herbicides interdits depuis 2003, comme la 2,6-dichlorobenzamide (2,6 D). Ces produits persistants rendent les eaux des nappes et des captages impropres à la consommation.

Les polluants agricoles possèdent plusieurs voies de dissémination dans l'environnement. Une partie non négligeable des produits va être perdue dans l'atmosphère par volatilisation. Une autre partie va ruisseler, emportée par l'eau de pluie et l'eau d'irrigation, pour atteindre les cours d'eau. Le phénomène d'érosion aboutit aux mêmes dégâts. Les composés relativement solubles, comme les nitrates, vont aussi être lixiviés, c'est-à-dire emportés verticalement, pour rejoindre les nappes souterraines.

COMMENT PRÉSERVER LA BIODIVERSITÉ DES MILIEUX AGRICOLES ?

Le plateau de Valensole, très agricole, abrite des espèces animales et végétales non cultivées liées à ses milieux. Afin de préserver cette biodiversité, ce territoire est soumis à des directives Natura 2000 qui découlent d'une démarche européenne consistant à protéger un réseau de sites remarquables pour leur faune, leur flore et leurs milieux. Les deux directives appliquées sur le plateau sont la directive « Oiseaux » et la directive « Habitat Faune Flore » qui préservent 22 habitats et 102 espèces, animales (dont 51 oiseaux) et végétales, d'intérêt communautaire. Une des espèces les plus emblématiques est le Petit rhinolophe, une espèce de chauve-souris dont les populations sont en déclin en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Même si le plateau de Valensole est l'un des derniers bastions de l'espèce, 20 % des gîtes connus ont disparu en à peine une dizaine d'années. L'Outarde canepetière



QU'EST-CE QUI JOUE SUR LA DISPERSION DES POLLUANTS ?

- Les caractéristiques des produits : solubilité, rémanence...
- Le climat : fréquence et intensité des pluies, température, rayonnement solaire, vent, humidité,
- Les propriétés du sol et les caractéristiques de la parcelle : teneur en eau, porosité, température, pH, complexe argilo-humique, présence et actions des organismes du sol, intensité de la pente, présence de haies, d'arbres isolés, de bandes enherbées...
- Les pratiques agricoles : irrigation, travail du sol, couverture du sol...



LA ZONE VULNÉRABLE AUX NITRATES, QU'EST-CE QUE ÇA IMPLIQUE ?

- des périodes d'interdiction d'épandage de fertilisants azotés et la mise en place d'une couverture végétale hivernale des sols pour éviter le lessivage et l'érosion,
- la rédaction d'un cahier d'épandage et d'un plan prévisionnel de fumure pour calculer l'azote nécessaire à chaque culture,
- l'aménagement des bords de cours d'eau pour éviter la fuite de polluants,
- la limitation des apports azotés avec des taux seuils pour éviter le lessivage.

(*Tetrax tetrax*) est un oiseau steppique lui aussi présent sur le plateau de Valensole qui est l'un des derniers secteurs cultivés français abritant encore une petite population.

Protéger la biodiversité grâce à la mise en place de pratiques agroécologiques c'est assurer la durabilité des systèmes agricoles via le maintien des fonctions et services qu'assurent l'ensemble des organismes et qui sont indispensables aux cultures : recyclage des éléments, structuration du sol, pollinisation, protection contre l'érosion, prédation de ravageurs des cultures...

Voici quelques bonnes pratiques agricoles pour préserver et protéger cette biodiversité, et bénéficier des avantages agronomiques que procure un écosystème diversifié, équilibré et en pleine santé.

1 Préserver et replanter des infrastructures agro-écologiques (IAE) : haies, arbres isolés, bandes enherbées diversifiées (avec des semences d'origine locale) en bordure de champ... Ces IAE sont des zones refuges favorables aux auxiliaires des cultures (pollinisateurs, rapaces) et à une faune diversifiée. La Chevêche d'Athéna (*Athene noctua*) est une petite chouette qui, en chassant des micromammifères, contribue à réguler les populations de campagnols qui peuvent faire des dégâts sur les cultures. Depuis 2020, le Parc propose aux agriculteur.trice.s volontaires des nichoirs pour cette chouette qui favorisent son maintien, qui est aussi très lié à celui des vieux arbres isolés à cavités où elle niche et à la présence de bandes enherbées.

2 Favoriser certaines cultures et prairies (plantes fourragères) qui sont des habitats propices à la reproduction d'oiseaux en milieu ouvert comme l'Outarde canepetière. Ces oiseaux sont habitués aux travaux des champs mais si vous observez, lors des fauches de printemps ou de la récolte d'autres couverts, une Outarde femelle fuyant mais revenant devant la machine agricole, cela peut être un indice que son nid est proche et pourrait être détruit par le tracteur. Dans ce cas, si possible, appeler le Parc pour nous aider à identifier la nichée et la préserver ! Le Parc pourra alors proposer de ne pas récolter une petite partie du couvert pour sauvegarder les jeunes oiseaux qui ne peuvent pas encore se déplacer.

3 Préserver et maintenir les bâtiments agricoles qui hébergent des espèces de chauve-souris, dont le Petit-rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*), et des oiseaux comme la Chevêche d'Athéna et les hirondelles.

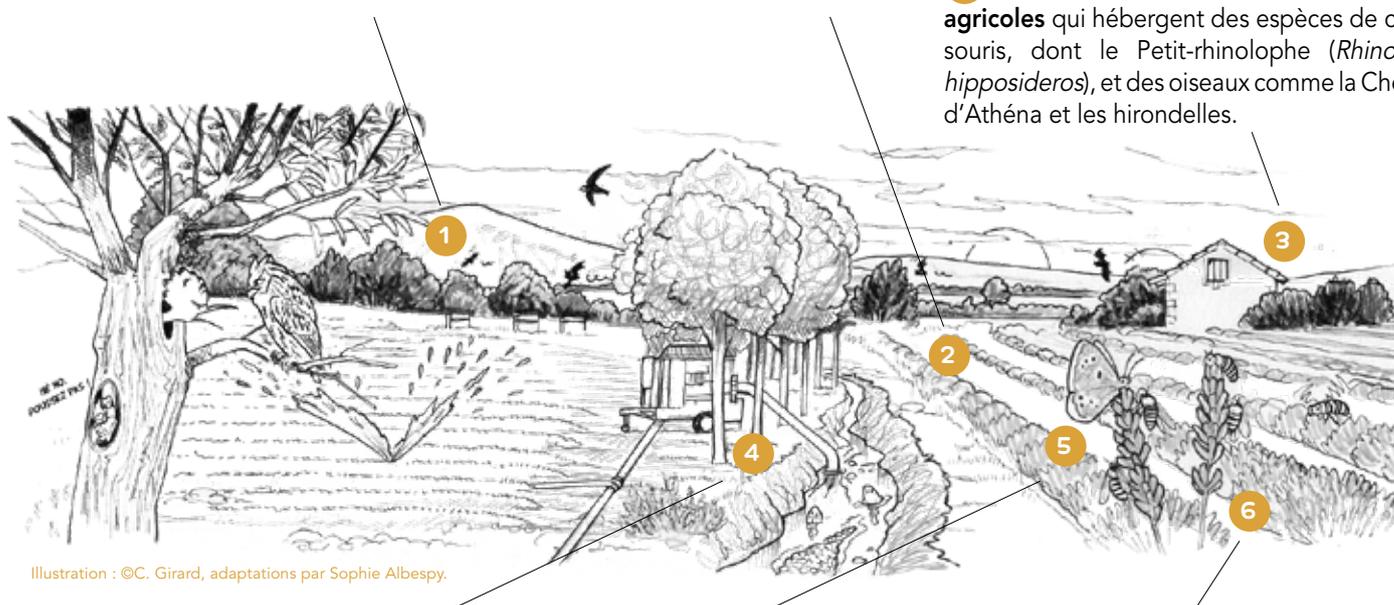
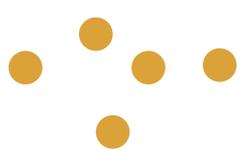


Illustration : ©C. Girard, adaptations par Sophie Albespy.

4 Laisser ou planter des bandes enherbées ou boisées en bordure de cours d'eau (min 5 m) pour atténuer les risques de ruissellement des polluants agricoles. Les végétaux et le sol de ces « zones tampons » jouent un rôle d'épurateur, et protègent ainsi les organismes aquatiques, comme l'Écrevisse à pattes blanches (*Austroptamobius pallipes* - espèce menacée de certains cours d'eau du plateau).

5 Réduire l'usage de produits phytosanitaires et d'engrais azotés pour préserver la biodiversité des sols et du milieu qui offrent des services écosystémiques et agronomiques non négligeables.

6 Planter des couverts végétaux en inter-rang sur des cultures pérennes (lavandin, verger, vigne...) pour offrir un habitat propice à la faune et la flore locale. Ces couvertures permettent de favoriser la biodiversité et de réduire l'érosion pour préserver les sols. Il est possible d'introduire des plantes messicoles (mélières) dans les semences pour favoriser la flore sauvage rare des espaces cultivés. De récentes études tendent à montrer que la présence de plantes messicoles pourrait être bénéfique à la mycorhization des sols, facteur important pour leur fertilité.



Pour aller plus loin : Vous trouverez, sur le site internet du parc du Verdon, davantage d'informations sur Natura 2000 et les enjeux biodiversité, ainsi que sur les MAE. Vous aurez également accès sur ce site à la *Pochette pédagogique du plateau de Valensole - Natura 2000* réalisée en 2013.

www.parcduverdon.fr volet "Action" puis "Biodiversité".

Sur le plateau de Valensole, certaines parcelles peuvent bénéficier de MAEC Outarde et Pastoralisme : les Mesures Agro-environnementales et Climatiques (MAEC) sont des mesures contractuelles visant à soutenir des actions agricoles en faveur de la biodiversité.

LES SOLS DU PLATEAU

Le plateau de Valensole s'est formé sur une période très longue (plus de 20 millions d'années) qui a débuté avec la formation des massifs alpins et préalpins. À cette époque, le bassin du plateau de Valensole était un grand fossé et les jeunes montagnes alpines et préalpines, qui étaient très « malléables et fragiles », ont été façonnées et érodées, de façon naturelle, pour venir remplir ce grand fossé entre - 10 et - 5 millions d'années.

Plus récemment, le plateau de Valensole a été profondément entaillé par les rivières de la Bléone, de l'Asse, du Verdon et d'autres ruisseaux comme le Colostre.

Lessols du plateau sont très hétérogènes. Ils s'étalent de 400 m à 800 m d'altitude et sont principalement définis par leur localisation. Sur les parties les plus hautes, on retrouve des sols très évolués - anciens - qui sont les sols rouges. Sur les versants de pente, ce sont des sols moins évolués - plus jeunes - et plus transformés, très enrichis en calcaire. Dans les vallons, on retrouve des sols encore plus jeunes, assez profonds, d'origine alluviale, mais qui sont aussi, vu l'étroitesse de certains vallons et vallées, recouverts par les colluvions qui descendent depuis les versants.

LES 5 TYPES DE SOLS DU PLATEAU

Les profils des différents types de sol que l'on retrouve sur le plateau de Valensole.

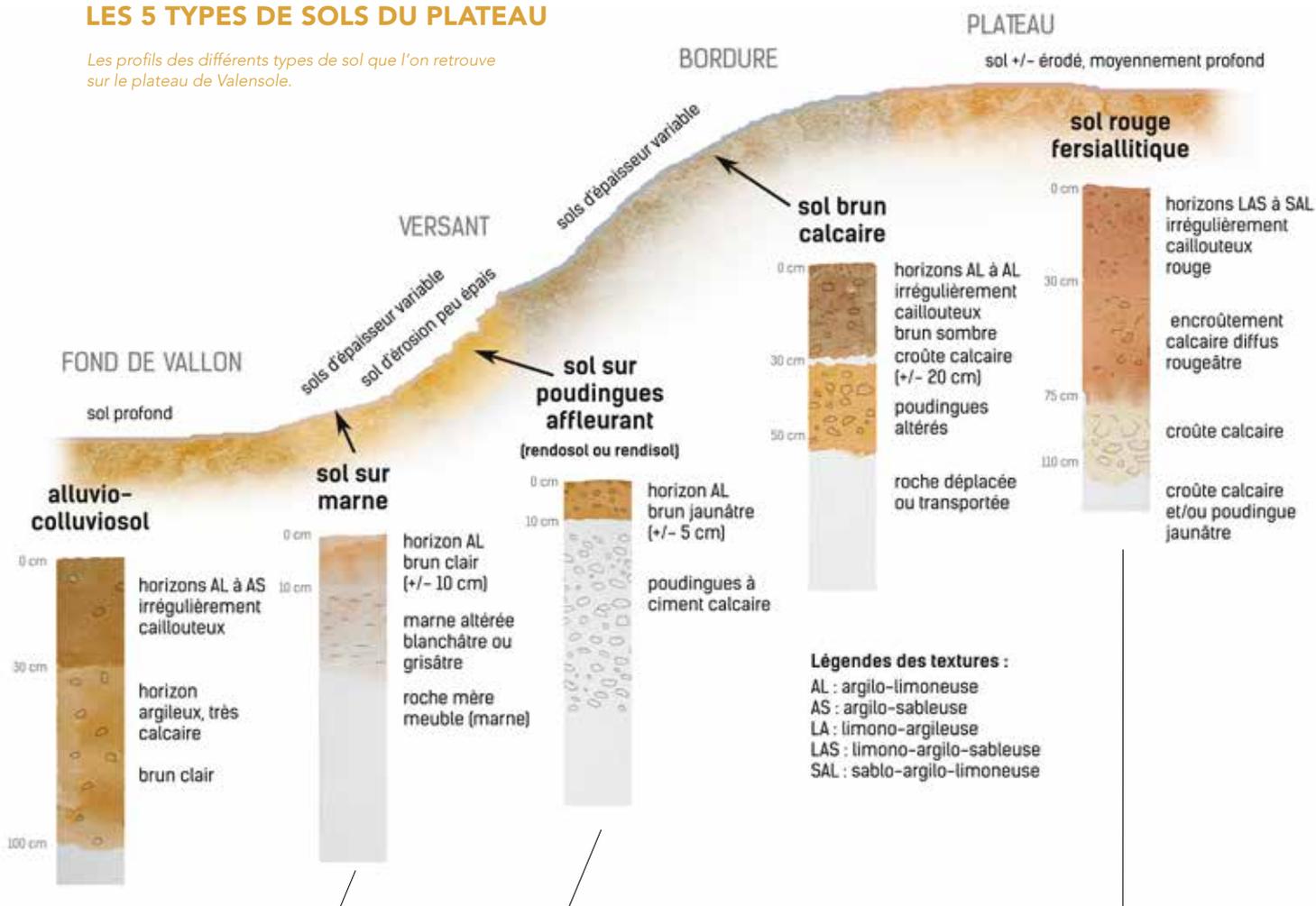


Illustration : ©Fabrice Hibert

Sol peu épais, souvent mal structuré et très calcaire, il est très sensible à l'érosion.

Sol peu épais et très caillouteux, il est très sensible à l'érosion lors de fortes pluies.

Sol souvent riche en cailloux donc très séchant, retient peu l'eau en profondeur. Il faut éviter de faire remonter la croûte calcaire à la surface par un travail profond du sol. Étant donné que le sol est ancien et formé sous un climat chaud et humide, pas de retour en arrière possible en cas de destruction et/ou d'érosion.

DES SOLS PAUVRES ET ÉRODÉS

Les sols du plateau de Valensole sont hétérogènes dans leur composition et souvent moyennement fertiles. Le taux de matières organiques sur les parcelles du Réseau Sol est assez faible (en moyenne 2.2 % de matières organiques par rapport au volume total de sol). Les observations de structure du sol sur les parcelles REGAIN ont souvent montré des problèmes de dégradation avec une faible stabilité structurale. Cette dégradation est liée à des pratiques agricoles relativement intensives qui conduisent à l'érosion progressive des sols tel que le travail excessif du sol.



©Jean-Claude Lacassin.



©Jean-Claude Lacassin.

Érosion hydraulique de sols agricoles du plateau de Valensole.

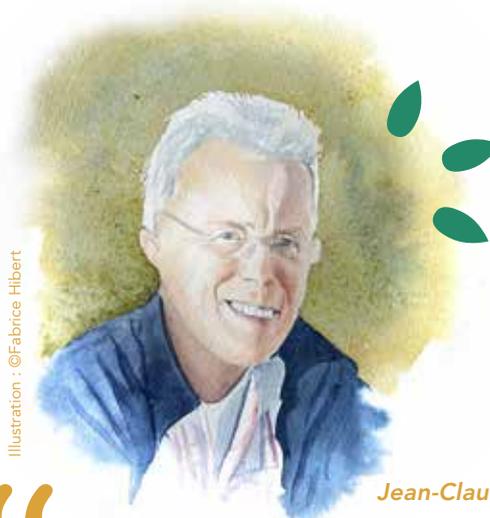


Illustration : ©Fabrice Hibert

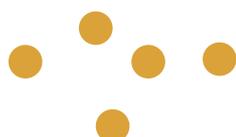
Jean-Claude Lacassin, SCP.

“

L'érosion c'est la perte latérale ou en profondeur de la terre fine, à tel point que sur le plateau, on observe trop souvent les cailloux en surface. C'est la principale cause de dégradation des sols agricoles, qui est favorisée par une combinaison de facteurs : l'agrandissement des parcelles, l'intensification de la mécanisation, le retrait des haies et de la biodiversité, et le recul de l'élevage. Cette dégradation des sols se traduit par une baisse de fertilité des parcelles, un déclin de la biodiversité, et une moindre tolérance au changement climatique. En effet, les sols stockent difficilement de l'eau et sont de plus en plus sensibles à la sécheresse.

Il est nécessaire de reconquérir la fertilité de nos sols, en favorisant au maximum l'enherbement inter-rangs des lavandins et des vergers, en couvrant les sols l'hiver, en limitant le travail du sol et en apportant de la matière organique locale et de qualité. Cette matière organique (MO) doit être de 2 types : de la MO appelée libre, qui va nourrir la vie du sol, et des MO liées qui vont former un complexe argilo-humique, assurer la bonne structuration du sol et augmenter sa pérennité. ”

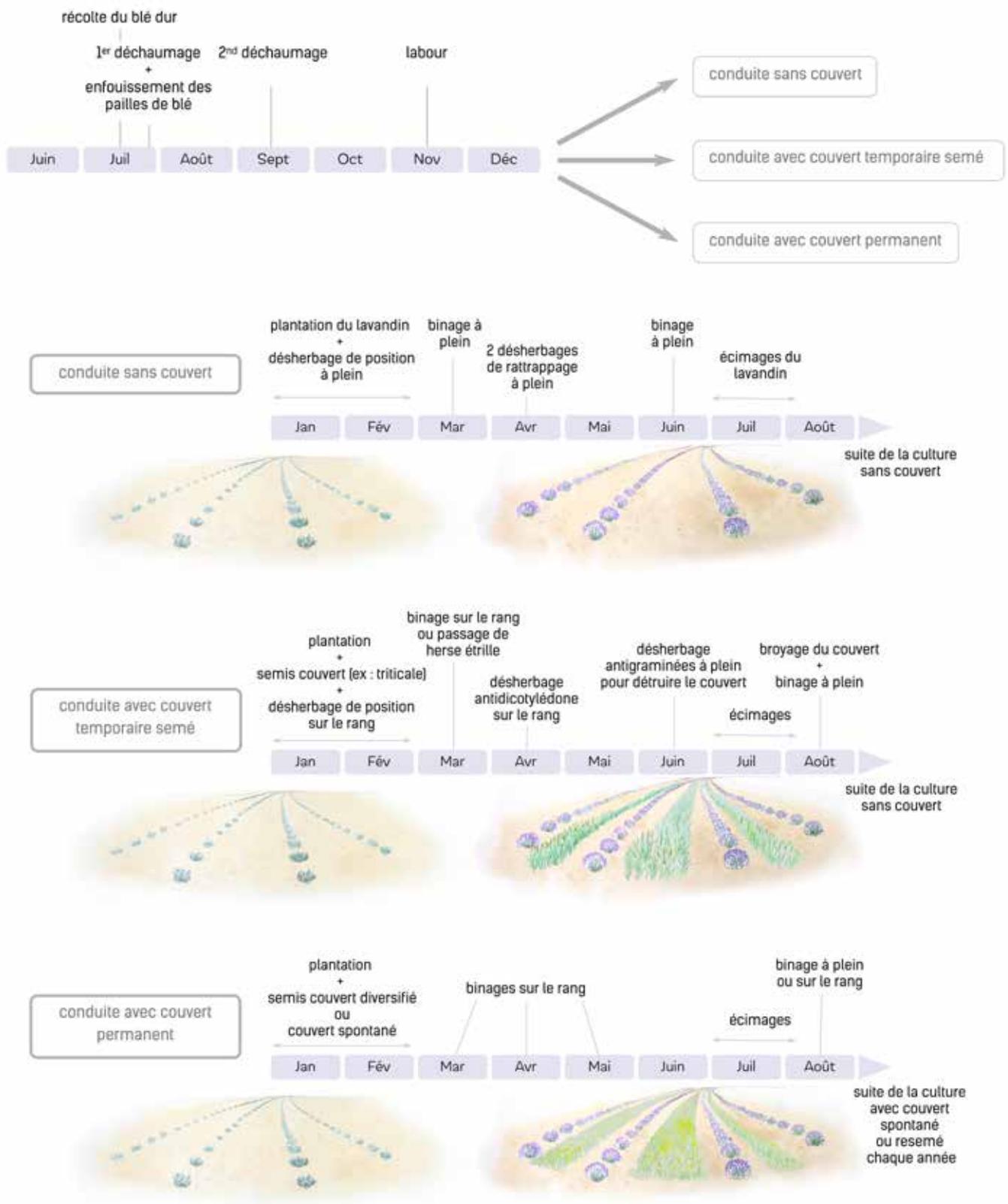
Témoignage de Jean-Claude Lacassin, ingénieur en pédologie à la Société du canal de Provence.



UNE DIVERSITÉ D'ITINÉRAIRES TECHNIQUES SUR LE PLATEAU

Les lavandiculteur.trice.s du plateau de Valensole mettent en place des itinéraires techniques très différents en fonction de leurs propres contraintes et objectifs. Cela se traduit par une hétérogénéité de conduites au sein même du réseau Sol de REGAIN, que se soit à la plantation ou sur lavandin mature :

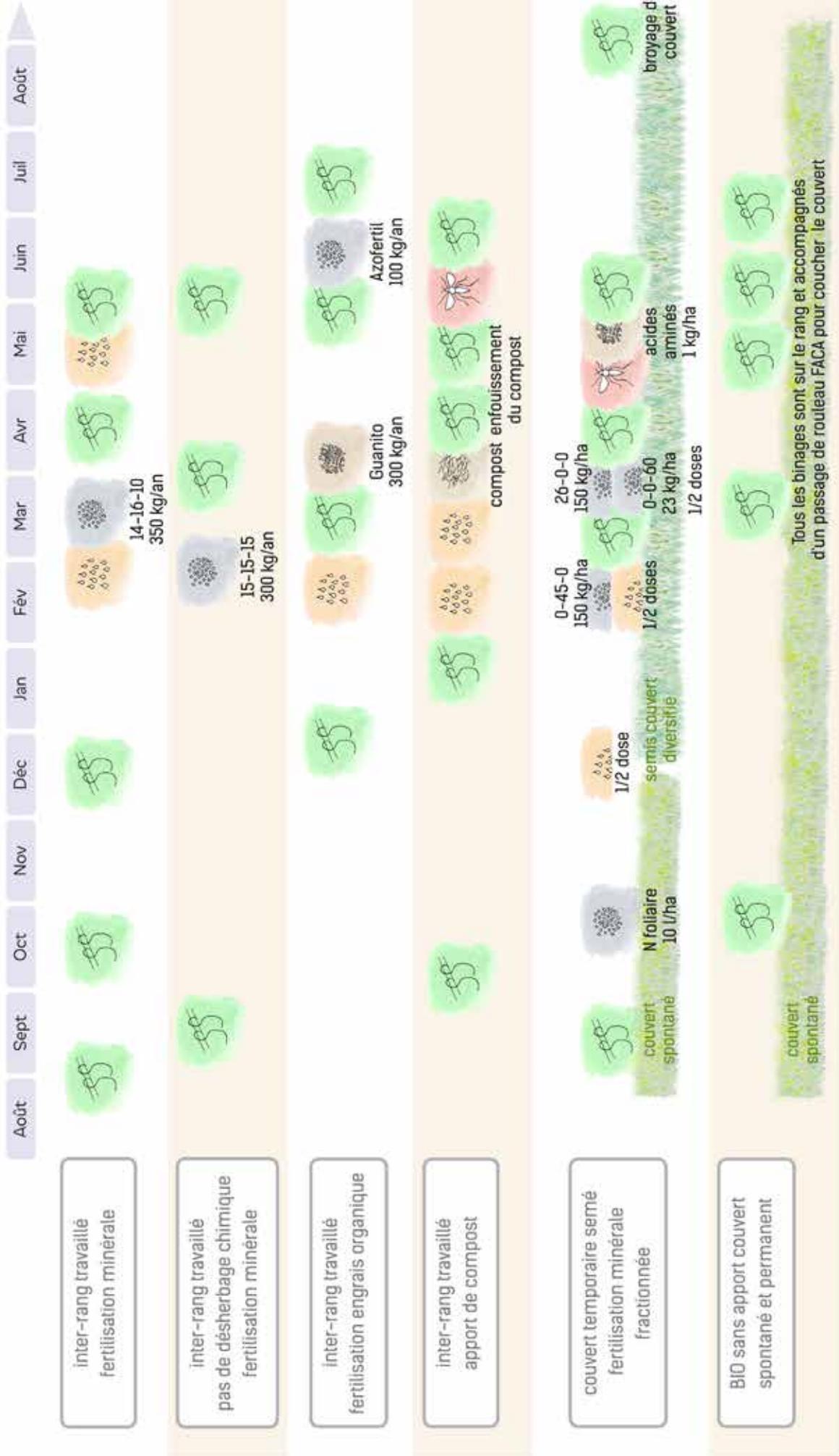
TROIS DIFFÉRENTES CONDUITES DU LAVANDIN À LA PLANTATION



Illustrations : ©Fabrice Hibert

LES CONDUITES EN LAVANDIN MATURE

Exemples des principaux itinéraires techniques en lavandin mature.



Tous les binages sont sur le rang et accompagnés d'un passage de rouleau FACA pour coucher le couvert

TEXTURE ET STRUCTURE DU SOL

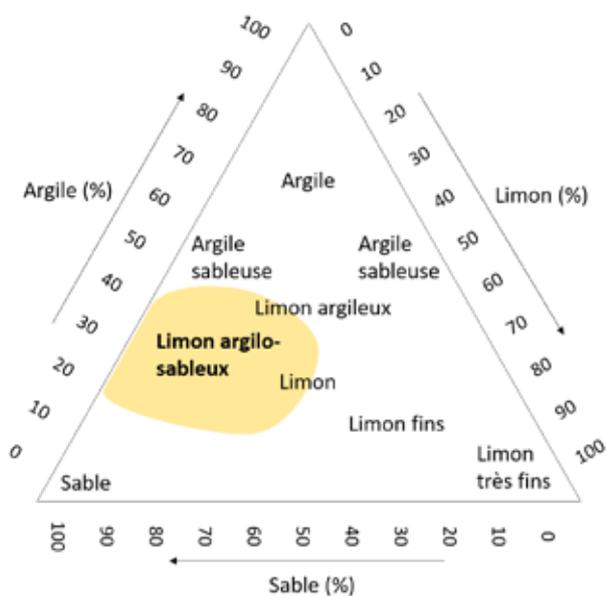
QU'EST-CE QUE LA TEXTURE ?

Elle est liée à la proportion des particules de la terre fine, en fonction de leur taille : argiles, limons, sables.

Éléments grossiers	Cailloux	20 cm
		2 cm
	Graviers	2 mm
Terre fine	Sables grossiers	0,2 mm
	Sables fins	0,05 mm
	Limons grossiers	0,02 mm
	Limons fins	0,002 mm
	Argiles	

Elle peut être appréciée de manière empirique et subjective sur le terrain ou mieux par l'analyse granulométrique en laboratoire. En fonction des pourcentages de chaque fraction (argile, limons, sables), le triangle des textures nous aide à définir dans quel type de texture on se trouve :

Illustration : ©Eva Fontanel



 Majorité des parcelles REGAIN Réseau Sol

Triangle des textures



Comment connaître la texture de mon sol ?

Voir fiche technique 3 « Test du boudin ».

Pourquoi connaître la texture de mon sol ?

Car elle va me permettre d'adapter le travail du sol et la gestion des intrants comme l'irrigation et la fertilisation. **On ne peut pas la modifier** mais on peut essayer de contrebalancer les contraintes agronomiques liées à la texture grâce aux pratiques agricoles.

Et au niveau du plateau de Valensole ?

La majorité (60 %) des parcelles du Réseau Sol possèdent une texture limono-argilo-sableuse, presque 1/3 des parcelles sont limono-sablo-argileuses et un peu plus de 10 % sont argilo-limono-sableuses. 94 % des parcelles ont une pierrosité moyenne à élevée (respectivement « entre 10 et 30 % » et « supérieure à 30 % » de cailloux).

Qu'est-ce que ça veut dire concrètement ?

Le travail du sol peut être complexe puisque la forte quantité d'argile rend les parcelles difficilement praticables lorsqu'il a plu. Mais l'argile permet aussi d'augmenter la capacité de stockage de l'eau, ce qui n'est pas négligeable pour les sols du plateau qui sont soumis à un climat plutôt sec.

La forte présence de limons favorise la création d'une croûte de battance lors de pluies qui « lissent » la surface et la rendent imperméable. Un fort taux de limons favorise aussi l'asphyxie des sols mais la présence de cailloux atténue ces phénomènes car ils protègent la surface et la porosité des fortes pluies.

QU'EST-CE QU'UNE BONNE STRUCTURE DE SOL ?

La structure correspond à l'agencement des particules de sol et dépend du type d'éléments constitutants et de leur cohésion. Une bonne structure est aérée, donc poreuse à l'eau et à l'air. Les particules de sol sont agrégées entre elles, offrant aux racines un environnement favorable. Une bonne structure présente une bonne stabilité face aux aléas extérieurs (pluie, tassement...). **Contrairement à la texture, la structure peut être améliorée (ou détériorée) par les pratiques agricoles.**

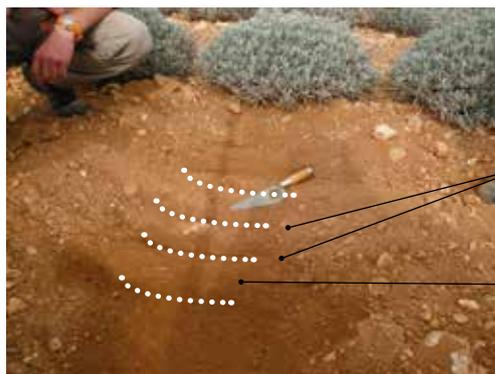
Qu'est-ce qui joue sur le type de structure du sol ?

- Les conditions pédoclimatiques : le soleil, la pluie, le gel... peuvent participer à la formation de croûtes imperméables et de crevasses. Les cultures traversent difficilement cette surface, l'eau et les éléments nutritifs sont rapidement bloqués.
- Les pratiques agricoles : les passages répétés d'engins lourds provoquent un tassement du sol, les apports de matières organiques et la couverture du sol aèrent sa structure.
- La composition du sol : l'état du complexe argilo-humique, la capacité d'échange cationique (CEC), le taux de matière organique... (voir partie "Nutrition des plantes").
- L'enracinement des plantes et le type de système racinaire (fasciculé ou pivotant) jouent directement sur la porosité du sol.
- Les organismes du sol créent de la porosité : les vers de terre et autres macroorganismes creusent des galeries, les microorganismes comme les bactéries produisent des substances qui agrègent les particules de sol entre elles et participent à la formation d'une structure grumeleuse.



©Eva Fontanel

Début de fissuration sur un inter-rang de lavandin du plateau de Valensole.

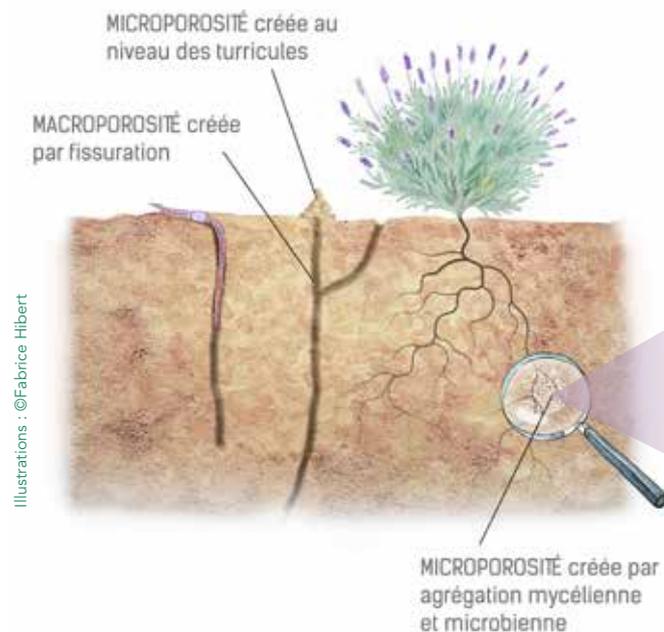


©Jean-Claude Lacassin

Tassement du sol par des engins agricoles en lavandin.

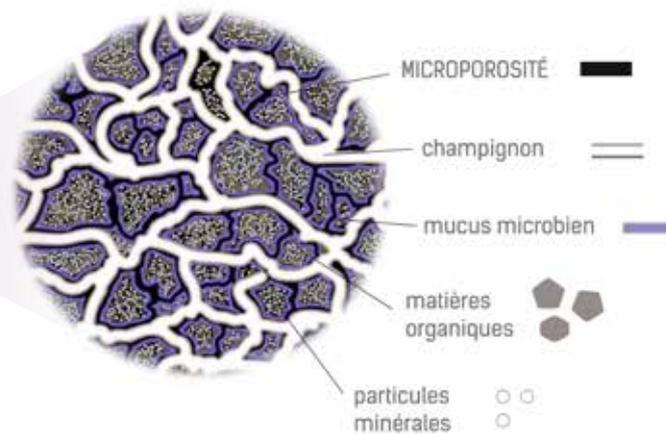
Passage des dents de bineuse

Zone bombée compacte



Illustrations : ©Fabrice Hibert

Agrégation microbienne et mycélienne : le mucus microbien et les champignons agrègent les particules de sol, créant ainsi une MICROPOROSITÉ et stabilisant les agrégats

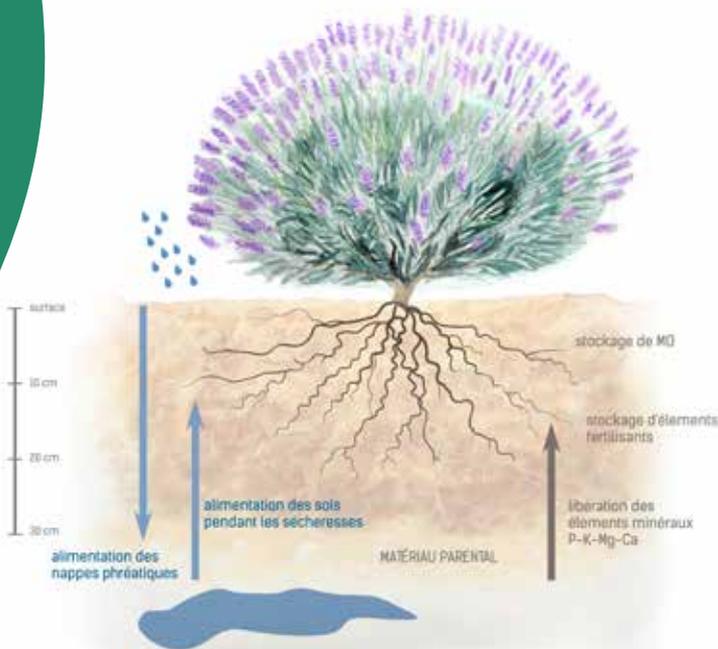


Comment qualifier les structures des sols du plateau ?

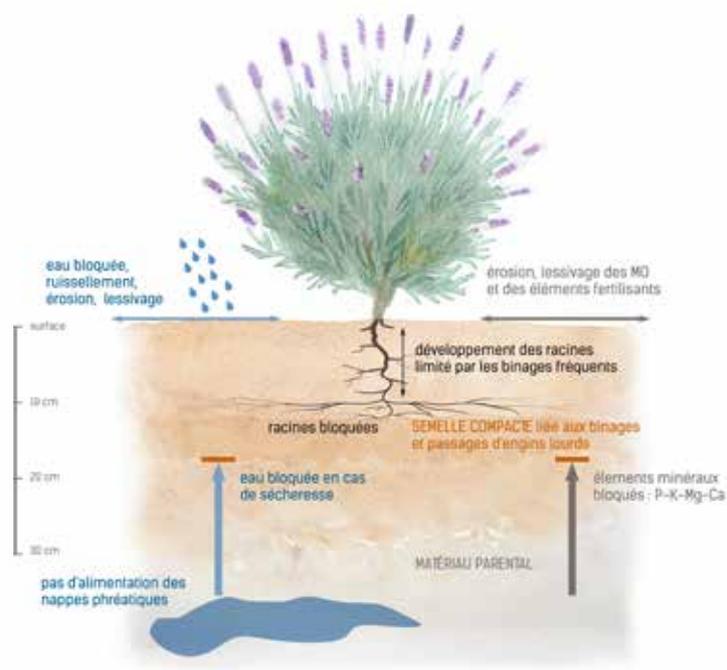
Elles sont globalement tassées par un travail du sol régulier. Le passage répété d'engins lourds crée une semelle compacte, entre 10 cm et 30 cm de profondeur, qui bloque les flux montants d'eau et de nutriments qui atteignent difficilement les racines. Le binage régulier du sol crée de la terre fine qui est rapidement érodée lors de fortes pluies, notamment à cause de la création de croûtes de battance. Le binage empêche aussi les racines de lavandin de se développer entre 0 et 10 cm, ce qui réduit la zone propice à la croissance des racines.

 **Comment connaître la structure de son sol ?**
Voir fiche technique 1 « Test bêche ».

Illustrations : ©Fabrice Hibert



Implantation d'un lavandin en sol idéal.



Implantation d'un lavandin en sol tassé, typique du plateau de Valensole

COMMENT AMÉLIORER LA STRUCTURE DE MON SOL ?

- Limiter ou supprimer certains travaux du sol qui peuvent perturber sa structuration, faite en partie par les micro et macroorganismes (voir partie « Rôles de la vie des sols ») et qui génèrent des zones de tassement.
- Couvrir le sol au maximum à l'aide de couverts végétaux diversifiés qui le fissurent, le protègent contre l'érosion et la battance, et qui l'enrichissent en matières organiques.
- Enrichir le sol en matières organiques qui
 - stimulent l'activité microbienne et donc la formation d'agrégats,
 - se complexent à l'argile pour former le complexe argilo-humique (CAH) qui confère au sol une bonne structure (voir partie « Nutrition des plantes »),
 - allègent le sol et augmentent sa rétention en eau.

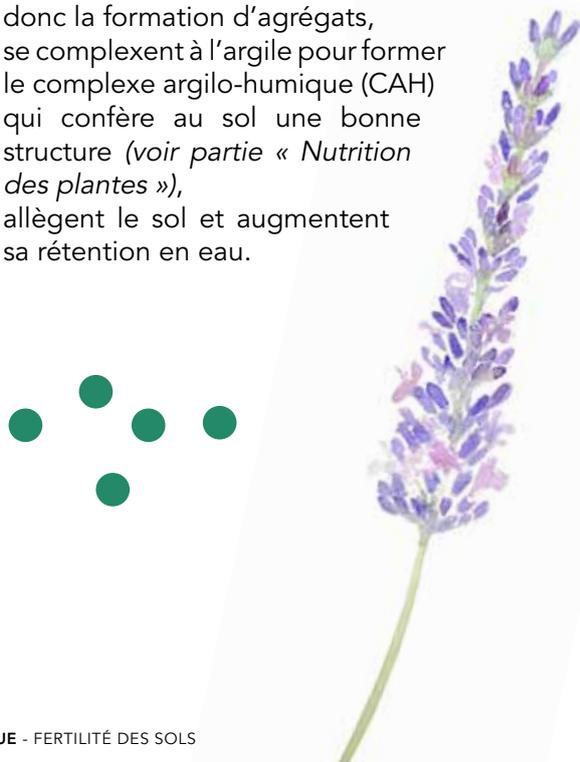


Illustration : ©Fabrice Hibert

Pourquoi parle-t-on de matièreS organiqueS ?

Il n'existe pas une mais DES matières organiques :

- les MO fraîches ou MO « libres » (résidus de culture, d'organismes) : source de nourriture pour la vie du sol et les plantes (après minéralisation),
- les MO vivantes (organismes vivants ou biomasse microbienne) qui dégradent la MO fraîche et libèrent ainsi des éléments minéraux disponibles pour les plantes,
- les MO humiques ou MO « liées » : qui sont plus ou moins stables et composent l'humus.

Ces matières organiques jouent plusieurs rôles. Elles sont source d'énergie à court et long terme pour la vie du sol et les cultures, elles permettent l'agrégation et la structuration des sols, elles améliorent la réserve en eau et en nutriments...

De manière générale, les parcelles du Réseau Sol sont pauvres en MO totale (2,2 % du sol). C'est le taux de MO liée qui est particulièrement faible (1,7 % en moyenne), ce qui se traduit par des sols peu structurés et peu stockants. Les teneurs en MO libre restent satisfaisantes mais quelques parcelles sont largement déficitaires, ce qui engendre une faible biomasse microbienne. Les résultats des analyses montrent que les sols du plateau sont « gourmands », c'est-à-dire qu'ils consomment rapidement la MO fraîche mais ne la stockent pas.

LA NUTRITION DES PLANTES

Les plantes ont besoin des éléments minéraux indispensables à leur croissance: azote (N), phosphore (P), potassium (K), calcium (Ca), magnésium (Mg), soufre (S), oligoéléments. Ces éléments sont présents sous forme :

- d'ions libres présents dans l'eau du sol (appelée la solution du sol), directement assimilables par les plantes (ou biodisponibles),
- adsorbés sur le complexe argilo-humique (CAH), facilement accessibles,
- associés à des molécules organiques ou inclus dans des molécules organiques (stockés et moins biodisponibles),
- bloqués dans des complexes chimiques (peu ou pas biodisponibles).

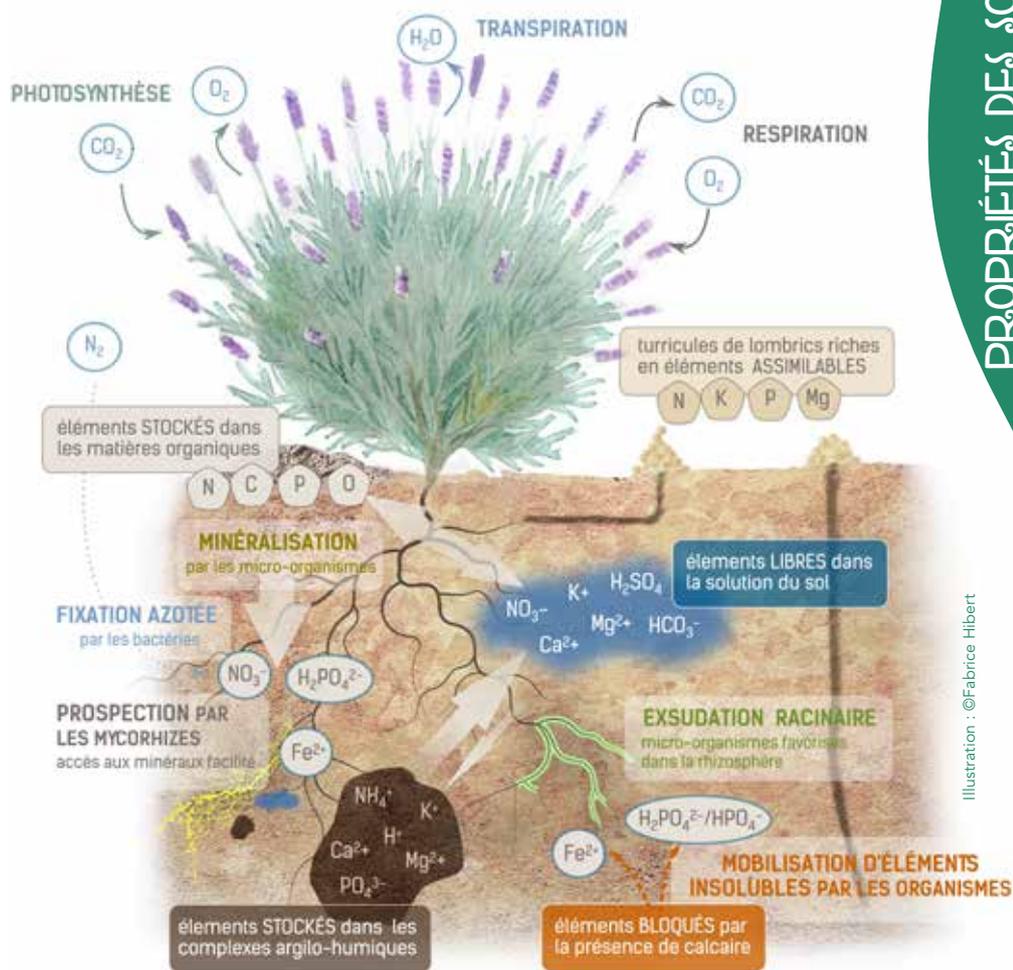


Illustration : ©Fabrice Hibert

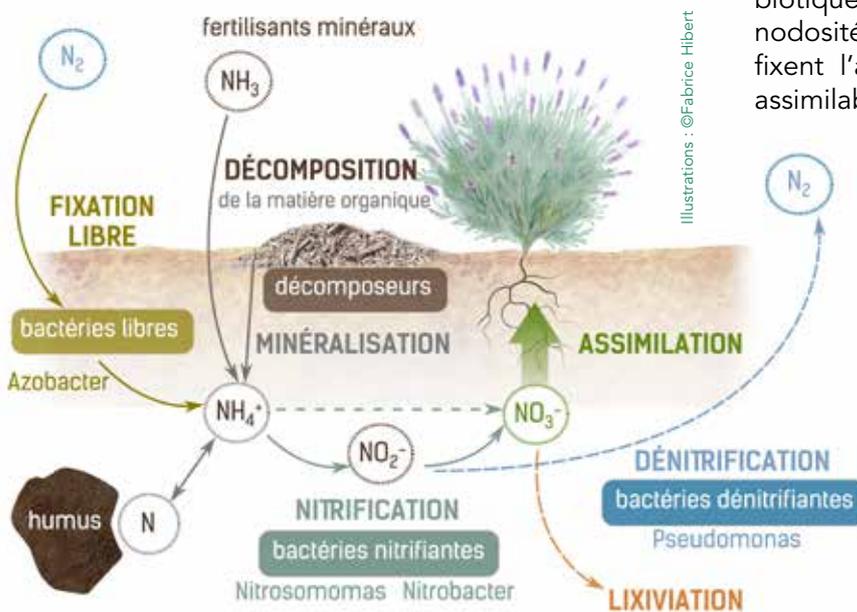
La nutrition du lavandin.

LA BIODISPONIBILITÉ DE L'AZOTE

L'azote est présent en quantité importante dans l'air (N_2), les matières organiques et certains fertilisants minéraux (NH_3). Mais l'azote est principalement assimilé par les végétaux sous la forme de nitrate (NO_3^-), et parfois d'ions ammonium (NH_4^+).

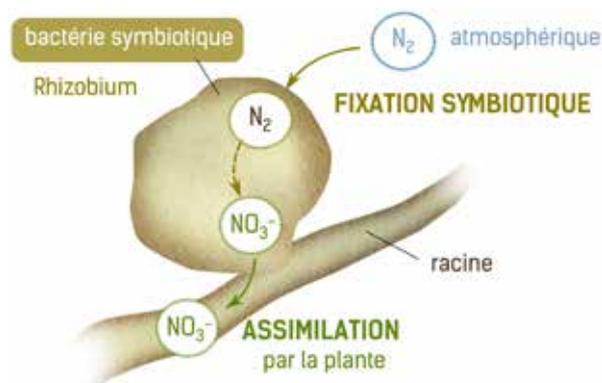
Des bactéries du sol sont capables de transformer l'azote d'origine organique en nitrates assimilables par les plantes par des processus biologiques. D'autres bactéries libres dans le sol fixent l'azote atmosphérique et le rendent disponible pour sa transformation en nitrate.

Certaines bactéries créent une association symbiotique avec les racines des plantes au sein d'une nodosité et facilitent la nutrition azotée puisqu'elles fixent l'azote de l'air et le rendent directement assimilable par les plantes.



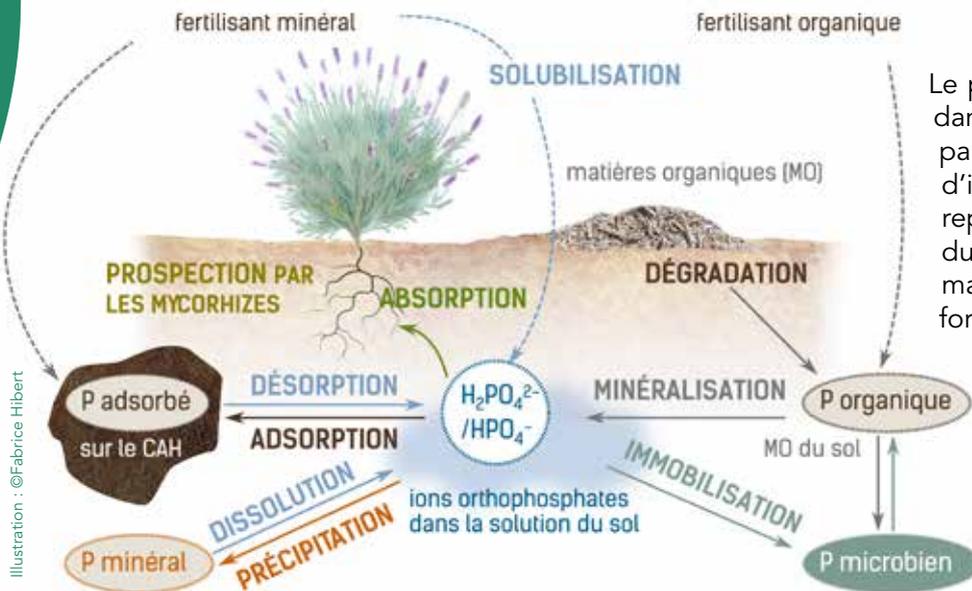
Illustrations : ©Fabrice Hibert

La biodisponibilité de l'azote



Fixation de l'azote atmosphérique par une bactérie symbiotique.

LA BIODISPONIBILITÉ DU PHOSPHORE



Le phosphore est très peu disponible dans le sol car il n'est assimilable par les plantes que sous la forme d'ions orthophosphates. Ces ions représentent une fraction infime du phosphore du sol puisqu'il est majoritairement stocké sous certaines formes organiques et minérales.

Biodisponibilité du phosphore

- Le phosphore organique provient des matières organiques végétales ou animales et des engrais organiques. Il est assimilable par les plantes après minéralisation par les organismes du sol.
- La fraction minérale se trouve dans les matériaux parentaux issus de la roche-mère et dans des minéraux complexes plus ou moins stables. Ce phosphore peut devenir accessible aux plantes par solubilisation.

L'enjeu est donc d'augmenter la biodisponibilité du phosphore en le libérant des fractions minérale et organique. Les organismes du sol peuvent

dissoudre le phosphore minéral ou produire des acides organiques qui prennent la place des phosphates adsorbés en les libérant dans la solution du sol. Les mycorrhizes, champignons symbiotiques des racines, peuvent libérer des enzymes qui hydrolysent la MO, et arrivent à extraire ce phosphore.

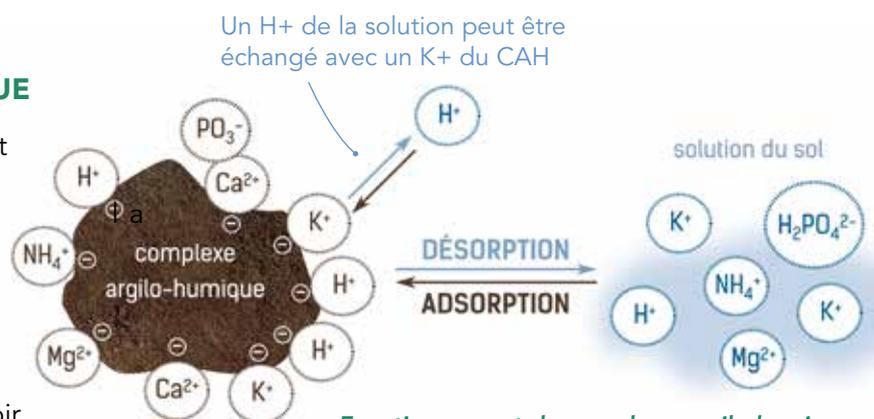
D'autres paramètres jouent sur l'accessibilité du phosphore pour les plantes : le pH, la performance racinaire et la température du sol. Les champignons mycorrhiziens vont aussi accroître la performance racinaire en explorant davantage le sol.

LE PH DU SOL & LE COMPLEXE ARGILO-HUMIQUE

Le pH (potentiel hydrogène, qui permet de définir le taux d'acidité) du sol et sa variabilité dépendent de la nature des roches, de la saison et de l'activité biologique des sols. Ce pH impacte la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes. Pour pallier aux variations de pH qui ont lieu en permanence, les sols ont un pouvoir tampon qui dépend directement de l'état du complexe argilo-humique (CAH).

Le CAH, qui est électro-négativement chargé, possède une capacité à fixer des ions positifs. Ainsi, il stocke des ions et évite leur lessivage. Le CAH va échanger des ions avec la solution grâce à des échanges passifs.

La capacité d'échange cationique (CEC) représente la capacité du CAH à retenir des cations qui sont



Fonctionnement du complexe-argilo-humique. Échanges passifs entre le CAH et la solution du sol

pour autant disponibles pour la plante. Quand la plante absorbe un cation, elle diminue sa concentration dans la solution du sol, ce qui entraîne un échange entre le complexe et la solution. Donc, plus la proportion d'argile et la quantité de MO sont importantes, plus le CAH est grand et peut adsorber (rétention temporaire) des ions, et en échanger avec la solution du sol.

LES SOLS DU PLATEAU : DES SOLS CALCAIRES À FAIBLES CAPACITÉS DE FIXATION

- Les pH des parcelles du Réseau Sol sont homogènes, autour de 8 : ils sont favorables au développement des végétaux.
- Les CEC sont faibles - 13 meq/100 g de terre fine en moyenne - et donc les sols ont peu de capacités de réserves, d'autant plus qu'ils sont très caillouteux et peu profonds. **Il est donc important de fractionner les apports de fertilisants minéraux et d'utiliser des engrais et amendements organiques.**
- Les sols sont très calcaires : moyenne à 38 % de CaCO_3 dont 10 à 20 % de calcaire actif. Cela a plusieurs conséquences :
 - une certaine perturbation du fonctionnement biologique du sol,
 - des problèmes de biodisponibilité du potassium et magnésium ; un blocage du phosphore et du fer,
 - une saturation du complexe absorbant,
 - le calcium se cristallise autour des MO, et forme des composés calciques stables qui empêchent la formation de CAH et freinent la minéralisation des matières organiques. Le rôle du CAH dans la structuration du sol est donc limité en sol calcaire.

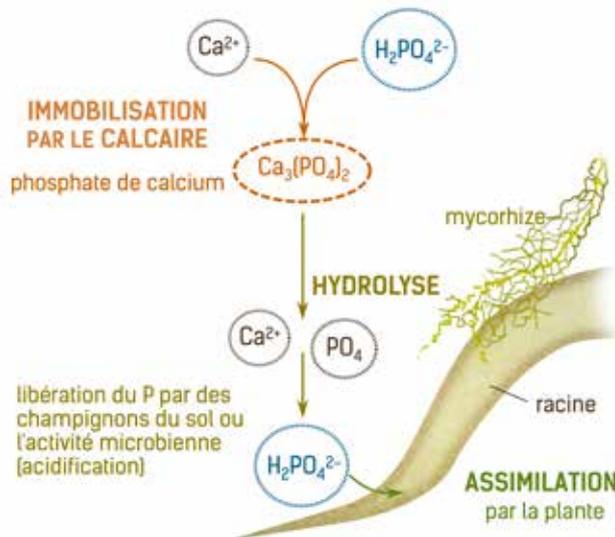
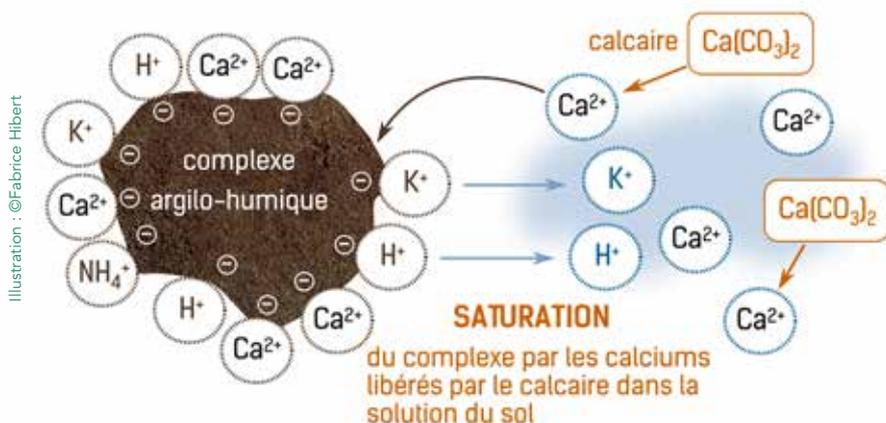


Illustration : ©Fabrice Hibert

Blocage du phosphore par le calcaire

Le calcaire se complexe en minéraux stables avec le phosphore (formation de phosphates tricalciques très stables), et le fer, ce qui rend ces éléments très peu disponibles pour les végétaux. La vie du sol va permettre de modifier le pH du sol (acidification du milieu par l'activité microbienne) ou d'hydrolyser les matières organiques par l'action des enzymes mycorhiziennes. Cela permet d'extraire les éléments nutritifs en rendant le phosphore et le fer disponibles aux plantes. **L'activité biologique du sol a donc un rôle particulièrement important dans la disponibilité du phosphore et du fer en sol calcaire.**



Saturation du complexe-argilo-humique par le calcaire.

Le calcaire libère des ions calcium qui vont saturer le CAH et « occuper l'espace » d'autres ions qui voudraient se fixer. Cette saturation du complexe absorbant réduit fortement son efficacité et sa capacité à se développer.

Dans ces types de sol où il y a très peu de CAH, l'obtention d'une bonne structure repose donc surtout sur l'activité biologique, grâce à l'action des mucus microbiens et filaments mycéliens. On peut aussi agir pour atténuer les effets du calcaire et optimiser la nutrition végétale : éviter le travail en profondeur, le broyage des galets, fractionner les apports minéraux, apporter de la matière organique.

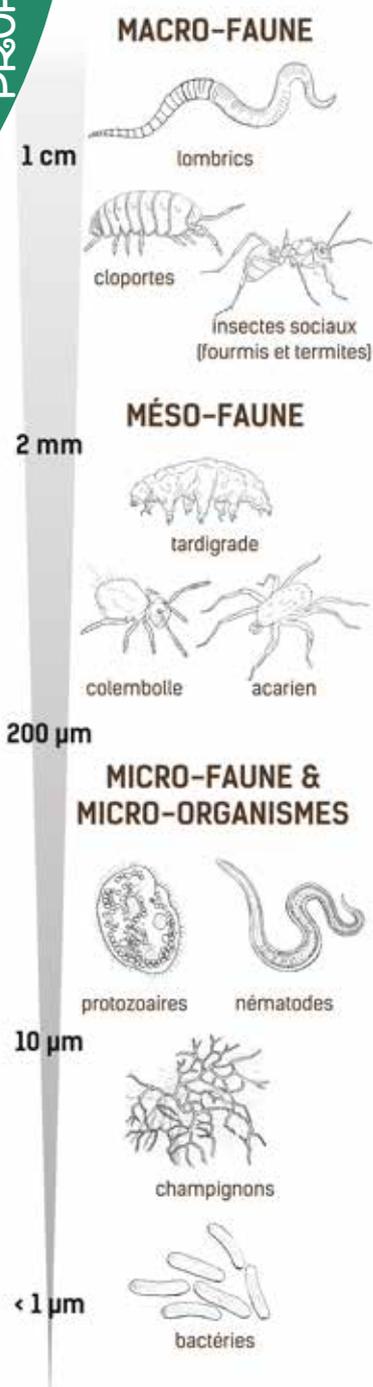


Pour aller plus loin :

Livre de Dominique Soltner *Les bases de la production végétale - Tome 1 : Le sol et son amélioration*, Sciences Techniques Agricoles, 27^e édition, 2017.

RÔLES DE LA VIE DU SOL

LES ORGANISMES DU SOL ET LEURS ACTIONS



La **macrofaune** : rassemble les gros organismes capables de créer leurs propres galeries dans lesquelles ils se réfugient. Les **lombrics** et les **fourmis** participent à la **bioturbation** - brassage et l'aération des sols - et à la **structuration** des sols en créant leurs galeries horizontales et verticales. Ils remuent de grandes quantités de terre et font ainsi remonter les matières minérales et enfouissent la MO en profondeur, ce qui facilite leur contact avec des microbes (organismes microscopiques).

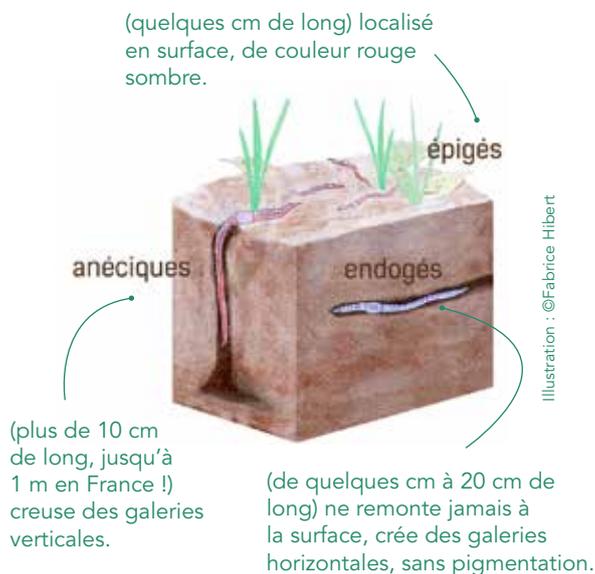
Les **cloportes** et les **lombrics**, **fragmentent** les litières et la MO pour rendre les matières utilisables par d'autres organismes. Les vers, en se nourrissant, forment des turricules qui sont des habitats particuliers, riches en nutriments, pour les organismes plus petits (bactéries, champignons, nématodes...).

La **mésafaune** est souvent située dans les premiers centimètres du sol. Les **acariens** et **collembolles** participent à la fois à la dispersion de la MO - la bioturbation - et à la **régulation microbienne** (gestion des populations de microbes par ingestion). Cette régulation permet de rajeunir les populations microbiennes et d'étaler leurs activités dans le temps et donc de les rendre plus durables.

La **microfaune** vit généralement dans l'eau interstitielle des sols (la solution du sol). Parmi ces organismes on trouve les **nématodes** et les protozoaires qui participent fortement à régulation des populations microbiennes.

Les nématodes représentent une grande communauté regroupant des espèces pouvant être bactérivores, fongivores, omnivores, prédateurs et parasites des plantes. Malgré la mauvaise réputation des nématodes parasites des plantes qui peuvent être de grands ravageurs des cultures, la majorité des nématodes sont bénéfiques au fonctionnement des sols puisqu'ils sont par exemple impliqués dans la **dynamique des MO (minéralisation et humification)**.

LES VERS DE TERRE DE TYPE :



Les **micro-organismes** : ils sont intimement liés aux éléments constituant des sols (argile, limon, sable, MO) mais aussi autour des racines des plantes. Les **bactéries** et **champignons décomposent** la MO et la transforment en des formes minérales disponibles pour les plantes, c'est la **minéralisation**. Ils peuvent aussi augmenter le stock de MO stable dans le sol - l'humus - grâce à une minéralisation secondaire, ou à **l'humification**. Ces organismes participent aussi à la structuration du sol en sécrétant de l'humine microbienne (bactéries) et de la glomaline (champignons), qui agrègent et maintiennent les particules du sol en cohésion. Toujours pour structurer le sol, les hyphes mycéliens, très denses, maintiennent les agrégats en cohésion. Certaines espèces de champignons et de bactéries symbiotiques permettent d'améliorer la **biodisponibilité** des éléments en augmentant **l'exploration racinaire** (mycorhizes) et de fixer l'azote atmosphérique (nodosité).

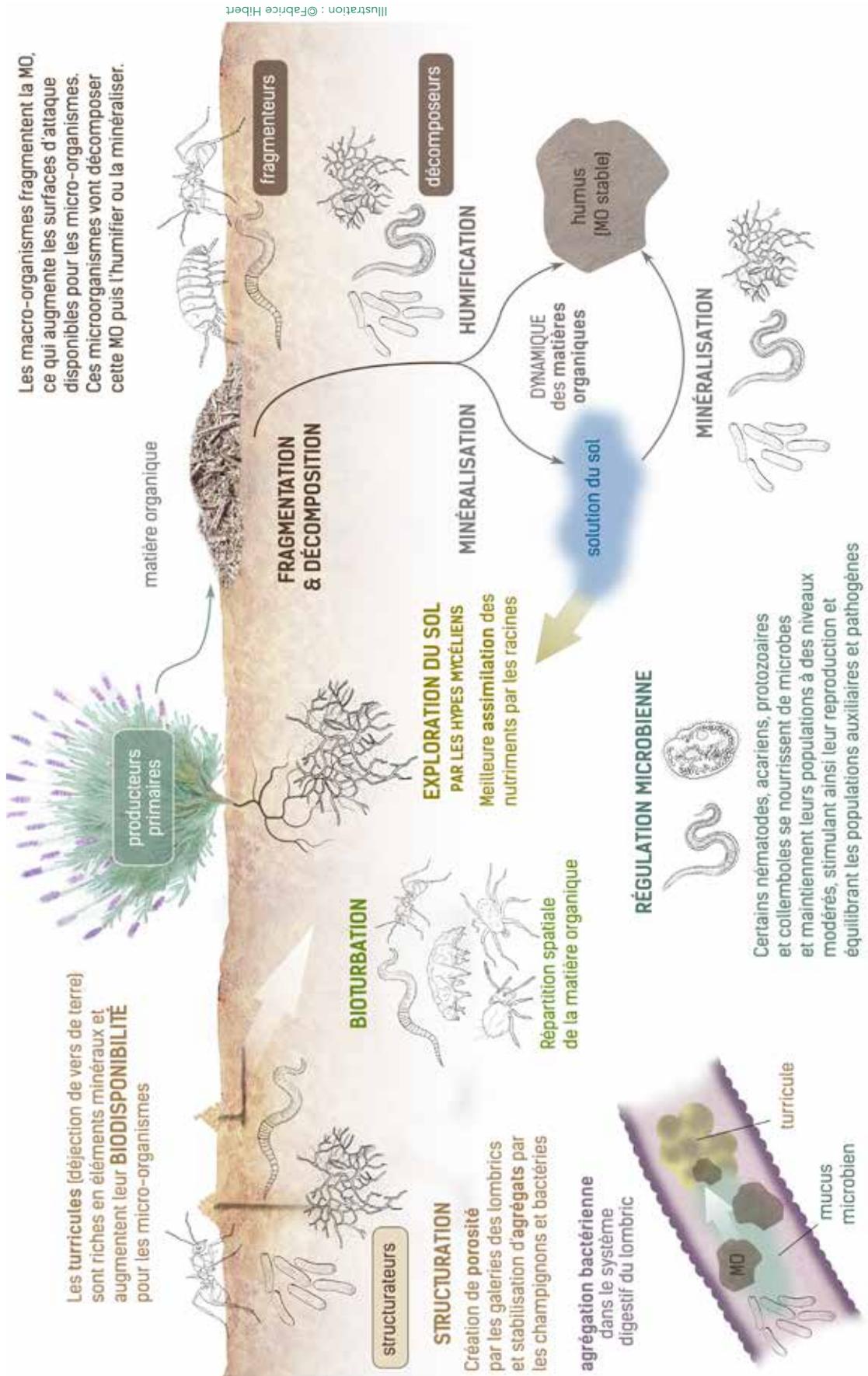


Illustration : ©Fabrice Hibert

Les macro-organismes fragmentent la MO, ce qui augmente les surfaces d'attaque disponibles pour les micro-organismes. Ces microorganismes vont décomposer cette MO puis l'humifier ou la minéraliser.

Pour aller plus loin :

- Livre de Pierre Anfray *Guide pratique de la vie des sols*, Édition France Agricole, 2017.
- Livre de Jean-Michel Gobat, *Le Sol vivant*, Édition Presses Polytechniques Romandes, 2010.
- *Atlas européen de la diversité des sols*, par Jeffery Simon, Gardi Ciro et Jones Arwyn publié en 2010. La version PDF est gratuite et accessible en ligne.

De manière générale, plus la biodiversité d'un sol est importante, avec de nombreux organismes prédateurs, plus la régulation des pathogènes est importante.



RÉSULTATS D'ANALYSES : INFLUENCE DES PRATIQUES SUR LA FERTILITÉ DU SOL, L'ÉTAT SANITAIRE DU LAVANDIN ET LA RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE

COMMENT LIRE LES RÉSULTATS ?

LE BUT DU PROJET ET COMMENT CONSIDÉRER LES RÉSULTATS PRÉSENTÉS

La démarche REGAIN a pour objectif de caractériser les sols du plateau de Valensole, d'évaluer l'influence des pratiques agricoles sur leur fertilité et d'identifier quels systèmes offrent le meilleur compromis entre qualité des sols, productivité et durabilité.

Les résultats sont issus d'analyses et d'observations réalisées en 2017 et 2019 sur 38 parcelles de lavandin plantées en 2016.

Les parcelles suivies dans le cadre de la démarche REGAIN sont toutes différentes de par les caractéristiques pédologiques, environnementales et les pratiques agricoles. En effet, aucune contrainte n'a été imposée aux agriculteur.trice.s puisque le souhait du projet est d'analyser des pratiques mises en place sur des exploitations. Les résultats récoltés depuis le début du projet

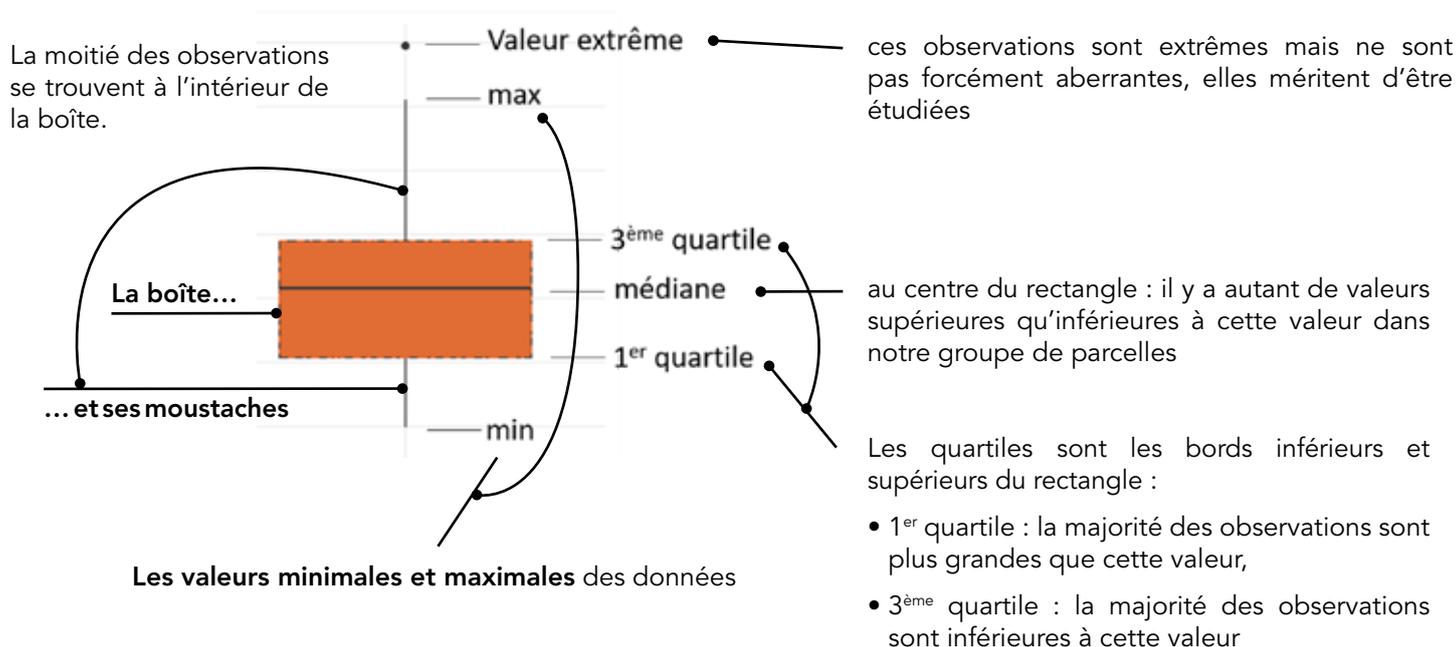
permettent de donner des pistes de réflexion mais les expérimentations n'ont pas été faites dans les « règles de l'art scientifique », il est donc difficile de tirer des conclusions catégoriques, et ce n'est pas le but ! Chaque exploitation possède ses propres contraintes et objectifs.

Ce guide présente les tendances et premières conclusions du projet, et donne la parole aux agriculteur.trice.s engagés dans la démarche pour comprendre leurs choix de pratiques et motivations.

Certains résultats restent à confirmer et il sera nécessaire de continuer ces analyses et observations sur le long terme et sur davantage de parcelles.

Dans la suite du guide, les résultats des analyses sont souvent présentés sous forme de "boîte à moustache".

Mais comment lit-on ces graphiques ?



Voici un exemple, où on regarde l'effet des types d'apports de matières organiques sur la biomasse microbienne (BM). On a mesuré la BM sur plusieurs parcelles, qui ont soit reçu de l'engrais organique, soit de l'amendement organique, soit les deux, soit rien.

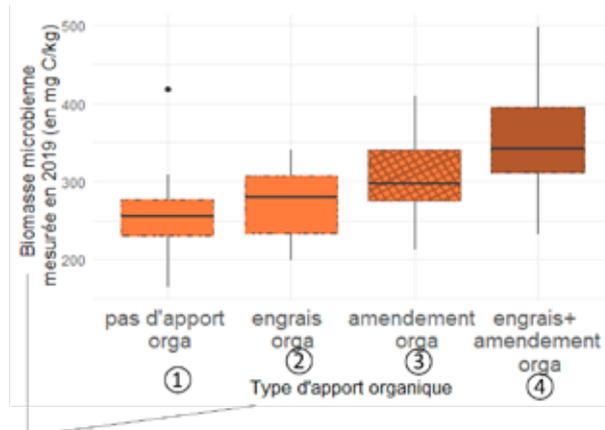


Si les boîtes sont unies et de 2 couleurs différentes (① et ④), alors les deux groupes de parcelles sont différents selon l'analyse statistique. Si les boîtes sont de la même couleur (① et ②), alors les groupes ne sont pas différents. Si une boîte est de 2 couleurs (③), alors elle ne peut être statistiquement distinguée des boîtes de l'une ou de l'autre couleur.



Ici, pas d'apport organique (①) et les apports d'engrais organiques (②) permettent un développement de la BM similaire (rouge clair), qui est plus faible que celui permis par un apport mixte d'engrais et d'amendement org (④).

L'apport d'amendement organique seul (③) semble permettre des BM intermédiaires, mais selon l'analyse statistique on ne peut pas distinguer les types d'apports suivants : « pas d'apport », « apports engrais orga », « apports engrais et amend orga ».



Paramètres étudiés : Biomasse microbienne en fonction des types d'apports de MO (engrais ou amendement).

Dans la suite du livret, nous avons tenté d'analyser l'effet de certains groupes de pratiques agricoles, par exemple le type de fertilisation organique, sur des bio-indicateurs. C'est-à-dire que l'on étudie un organisme ou une communauté d'organismes dont la présence, l'absence, la diversité et l'abondance renseigne sur le fonctionnement biologique du milieu. Ainsi, en se focalisant sur une ou plusieurs communautés d'espèces, on peut déduire le fonctionnement biologique d'un sol. Au cours du projet REGAIN, plusieurs types d'analyses de sol approfondies ont permis d'observer les taux de biomasse microbienne, le fractionnement de la MO et l'abondance des nématodes.

Les nématodes comme bio-indicateur :

ils peuvent être des organismes bactériovores, fongivores, omnivores, prédateurs et parasites des plantes (les plus connus à cause de leurs dégâts en agriculture). Mais leur grande majorité est bénéfique au fonctionnement des sols : biodisponibilité des éléments nutritifs, concurrence des populations pathogènes... Plus la population de nématodes est importante et diversifiée, plus l'équilibre favorable au bon développement des végétaux est atteint. Puisqu'ils sont abondants dans tous les milieux, qu'il en existe une grande diversité, et qu'ils sont très sensibles aux variations physiques et chimiques des milieux, les nématodes sont de très bons indicateurs du fonctionnement biologique du sol. Le laboratoire ELISOL environnement a notamment quantifié les nématodes libres - non phytophages - dans des échantillons de sol des parcelles REGAIN, selon une méthode normée (ISO 23611-4).



La biomasse microbienne (BM)

est un bio-indicateur de la qualité des sols puisqu'elle assure différentes actions : création de porosité grâce à la formation d'agrégats (drainage, enracinement), stabilité structurale (anti-érosion)...

La BM est constituée de nombreux éléments (N, P, S...) et puisque cette biomasse se renouvelle rapidement dans le sol, elle rend les éléments qu'elle contient potentiellement disponibles pour les plantes.

Cet indicateur - mesuré sur les parcelles REGAIN par le laboratoire Celesta-lab - est sensible aux pratiques agricoles et informe sur la qualité d'habitat physique et chimique (état structural, teneur en C et N, pollution, acidité...) qu'il offre aux microorganismes pour se développer.



Les différents types de matières organiques ont été analysés par le laboratoire Celesta Lab sur les parcelles REGAIN. Différencier les MO totales, libres et liées permet de mieux comprendre le fonctionnement du sol. La MO totale permet d'identifier la quantité d'éléments organiques dans le sol, mais si le fractionnement entre la matière libre et la liée n'est pas optimal (respectivement 20 % et 80 %), alors le sol ne peut fournir une nourriture suffisante aux organismes du sol et/ou ne peut être stable sur le long terme.

INFLUENCE DES PRATIQUES AVANT LA PLANTATION DU LAVANDIN

LES PRATIQUES ANCIENNES IMPACTENT LE SOL ET LA VIE DU SOL

La question de l'effet sur la culture des pratiques agricoles mises en place avant la plantation du lavandin se pose régulièrement. Est-ce que des labours réguliers ou une rotation particulière vont favoriser ou désavantager une culture de lavandin à venir ? C'est ce que nous avons tenté de regarder sur les parcelles du Réseau Sol.

Comment a-t-on analysé les pratiques ?

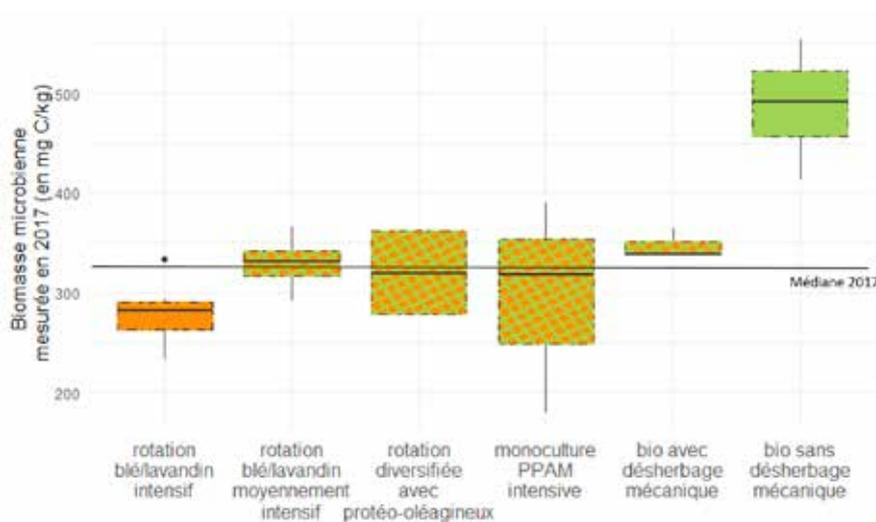
L'ensemble des parcelles suivies sont très différentes. Nous les avons donc séparé en 6 groupes définis selon les pratiques agricoles employées entre 2012 et mars 2017, soit pendant 5 ans précédant la plantation du lavandin qui a eu lieu entre décembre 2016 et mars 2017 :

Nom des groupes	Principales caractéristiques des groupes de pratiques anciennes entre 2012 et 2017	Nb de parcelles dans le groupe
Rotation blé/lavandin intensif	Pratiques intensives conventionnelles avec un IFT majoritairement compris entre 8 et 13 ; rotation à dominance céréales ; pas d'apports de MO ; entre 5 et 6 labours sur 5 ans.	8
Rotation blé/lavandin moyennement intensif	Pratiques conventionnelles modérées et diversifiées : de 0 à 6 labours, la majorité n'apporte pas de MO mais 3 parcelles en ont reçu plus de 1000 kg/ha, la majorité ont un IFT < à 10 sur 5 ans. Pas de désherbage mécanique sur lavandin ; rotation à dominante céréales.	8
Rotation diversifiée avec des protéo-oléagineux	Rotation diversifiée avec des protéo-oléagineux. Pas de désherbage mécanique sur lavandin ; IFT > 10 ; beaucoup ont apporté plus de 1000 kg/ha de MO et ont fait entre 5 et 6 labours.	5
Monoculture de PPAM intensive	Monoculture de plantes à parfums pendant les 5 années précédant la plantation de lavandin. Entre 2 et 4 labours ; 2/3 des parcelles n'ont pas apporté de MO ; 2/3 des parcelles ont un IFT > 10.	3
Bio avec désherbage mécanique (sur lavandin)	Non utilisation de produits phytos ; apports MO ; précédent cultural contenant au moins 1 espèce fourragère ; labours < 4, binages.	3
Bio sans désherbage mécanique (sur lavandin)	Non utilisation de produits phytos ; apports MO ; précédent cultural contenant au moins 1 espèce fourragère ; labours < 4, pas de binage les 3 premiers mois de plantation.	4

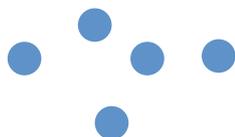
LES PRATIQUES PRÉCÉDENT LA PLANTATION DU LAVANDIN INFLUENT SUR LA BIOMASSE MICROBIENNE...



L'année suivant la plantation, les parcelles conduites en bio sans travail du sol possèdent de bien meilleurs taux de biomasse microbienne (presque doublés) - qui est un bon indicateur de vie du sol - que celles conduites de manière intensive en rotation avec des céréales.



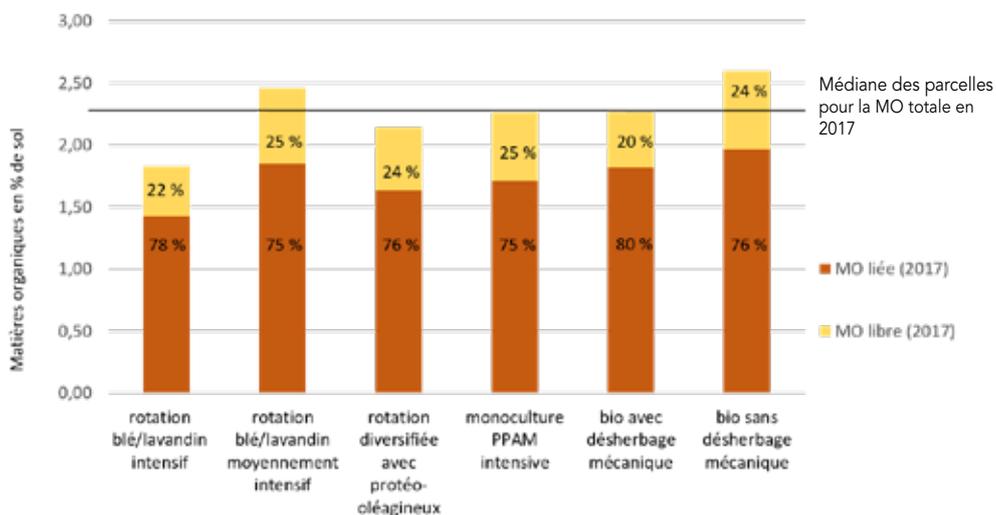
Biomasse microbienne du sol selon les pratiques précédant la plantation du lavandin



ET SUR LES TAUX DE MO

Les parcelles conduites en bio sans travail du sol et celles ayant reçu une rotation blé/lavandin moyennement intensive possèdent les meilleurs taux de MO totale. Cette augmentation concerne la MO liée et la MO libre, il n'y a donc pas de déséquilibre entre les deux fractions de MO du sol.

Au contraire, les parcelles ayant eu une rotation blé/lavandin intensive possèdent une quantité de MO totale critique, et plus particulièrement de MO liée, c'est-à-dire que le stock d'humus est déficitaire sur ces parcelles.



Les taux de matières organiques selon les pratiques précédant la plantation du lavandin. On voit dans les bâtons la proportion de MO liée et de MO libre qui composent la MO totale.

La succession intensive de lavandin et de blé dur défavorise le développement de la vie du sol et le stockage de MO dans le sol.

Le ratio optimal pour la matière organique d'un sol est d'environ 80 % de MO liée, qui est stable, et 20 % de MO libre qui va nourrir directement la vie du sol puis la plante.

Illustration : ©Fabrice Hibert



Laurent Berne

Au départ, je faisais blé sur blé et lavandin, et parfois du pois mais les sangliers détruisaient les semis. Il y a 10 ans, j'ai décidé de remédier à l'instabilité des marchés du lavandin et du blé dur en diversifiant mes cultures avec par exemple du colza. J'ai essayé pendant 5 ans mais je n'ai jamais réussi à avoir de bons rendements à cause du manque d'eau à la levée. J'ai aussi testé la lentille qui a très bien fonctionné la première année et j'ai beaucoup aimé cette culture. Le gel et la sécheresse ont compliqué la culture de la lentille ces dernières années, mais je continue par plaisir et parce que je trouve que c'est une bonne espèce dans l'assolement.

Des engrais verts pour enrichir mes sols

En parallèle, pour remédier à l'appauvrissement de mes terres, j'ai commencé à faire des engrais verts avec de la moutarde et de la phacélie, et à produire mes propres semences. Je trouve que lorsque le couvert est bien implanté, la culture qui suit est plus belle, le rendement augmente et les sols s'enrichissent en MO. En général, je récolte la semence du couvert, j'utilise un déchaumeur pour couper les pailles/tiges, puis je sème avec un petit semoir à disques de 3 mètres - qui fonctionne pour les engrais verts et les cultures - et je laboure pour enfouir la matière.

COMMENT GÉRER MES ROTATIONS DE MANIÈRE RÉSILIENTE ?

- Privilégier des rotations longues et diversifiées, contenant des légumineuses et des plantes à systèmes racinaires diversifiés
- Il est conseillé de limiter le labour, particulièrement celui à plus de 20 cm pour améliorer le stock de MO dans le sol.

Les freins aux engrais verts

Un des seuls freins que j'ai à implanter un couvert - en août - c'est qu'il a besoin d'eau pour se développer. Et s'il n'y a pas ou peu de pluies de fin d'été, le couvert ne pousse pas. Une des alternatives que je suis en train de tester, c'est de décaler mes semis à l'automne et de choisir des plantes qui résistent à l'hiver et qui se développent au printemps. J'ai par exemple essayé la vesce velue cette année en récoltant plus d'1 t/ha de semence. Je pense semer la vesce en la mélangeant peut-être avec une moutarde (si la moutarde résiste à l'hiver).

« Ne pas mettre tous les œufs dans le même panier »

En 2021 mes productions sont les suivantes : lavandin, blé dur et blé tendre, triticale, orge, lentilles, vesce, moutarde, luzerne, jachère (représente une grande part de l'assolement), oliviers, poules, verger, maraîchage. Tous ces ateliers et cultures différents me permettent de diversifier mes sources de revenu et de ne plus tout miser sur une seule ou deux cultures comme avant.

Témoignage de Laurent Berne, agriculteur à Albiosc.

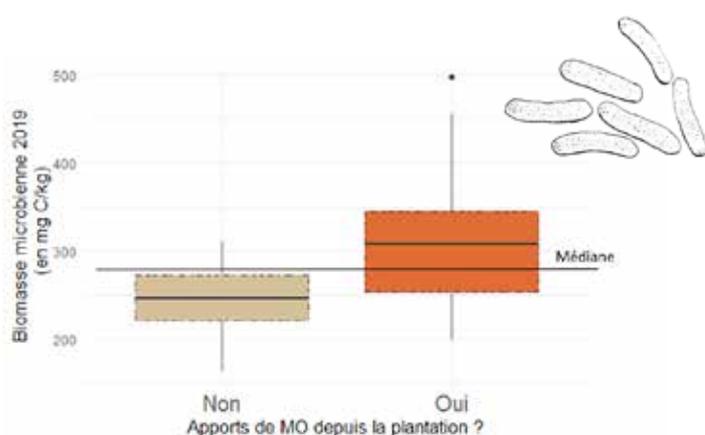
EFFET DU TYPE DE FERTILISATION

Les parcelles du Réseau Sol ont reçu des fertilisations très différentes, soit uniquement minérales ou organiques, soit mixtes. Le type et la fréquence de fertilisation semblent avoir un impact direct sur la qualité de la biologie du sol, et donc sa fertilité. La fertilisation comprend à la fois les apports d'engrais ET les amendements.

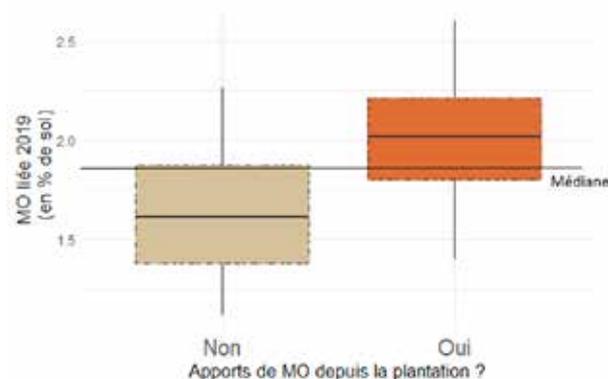
LA FERTILISATION ORGANIQUE FAVORISE LA VIE DU SOL ET ENTRETIENT LES STOCKS DE MO

Attention: la fertilisation organique a été apportée sous forme d'engrais organiques - ayant pour but de nourrir les plantes et la vie des sols directement - et/ou par l'apport d'amendement organique qui joue davantage sur la structuration du sol et les stocks de MO stable (humus).

Apports de MO depuis la plantation ?	Caractéristiques des groupes de pratiques	Nb de parcelles dans le groupe
Non	Les parcelles n'ont pas reçu de fertilisation organique depuis la plantation.	16
Oui	Les parcelles ont reçu au moins une fois une fertilisation organique depuis la plantation, sous forme d'engrais industriel, de compost, de boues ou de restitution de couvert.	14



Biomasse microbienne du sol en fonction des apports de MO depuis la plantation



Taux de MO liée selon les apports de MO depuis la plantation

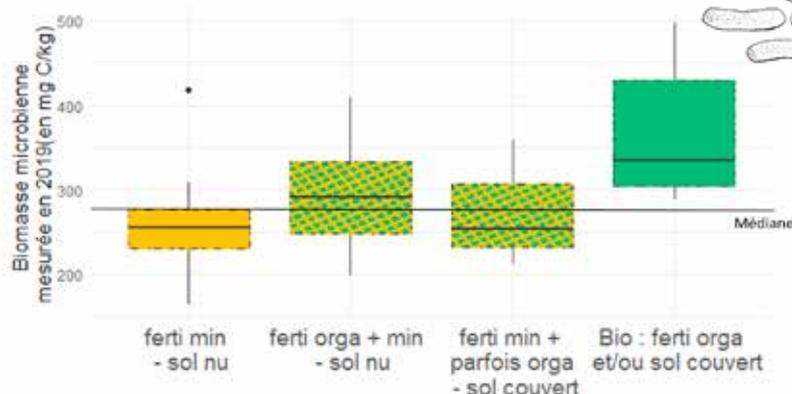
Les parcelles n'ayant pas reçu de MO depuis la plantation possèdent une biomasse microbienne et un taux de MO liée inférieur aux parcelles ayant été fertilisées organiquement.



Les apports de MO ont un effet positif sur le développement de la vie du sol en offrant un stock nourricier directement utilisable (MO libre). Une partie de l'apport va enrichir et améliorer le sol sur le long terme (MO liée).

COMBINER FERTILISATION ORGANIQUE ET COUVERTURE DU SOL POUR BOOSTER LA VIE DU SOL

Type de fertilisation	Caractéristiques des groupes de pratiques	Nb de parcelles dans le groupe
Ferti min – sol nu	Fertilisation uniquement minérale, le sol est nu.	9
Ferti orga + min – sol nu	Fertilisation mixte (organique et minérale), le sol est nu.	19
Ferti min + parfois orga – sol couvert	Fertilisation minérale, avec parfois de la fertilisation organique en plus. Le sol a été couvert au minimum les premières années de culture du lavandin.	5
Bio : ferti orga et/ou sol couvert	Les parcelles n'ont reçu aucune fertilisation minérale, le sol a été couvert et/ou la fertilisation a été organique.	6

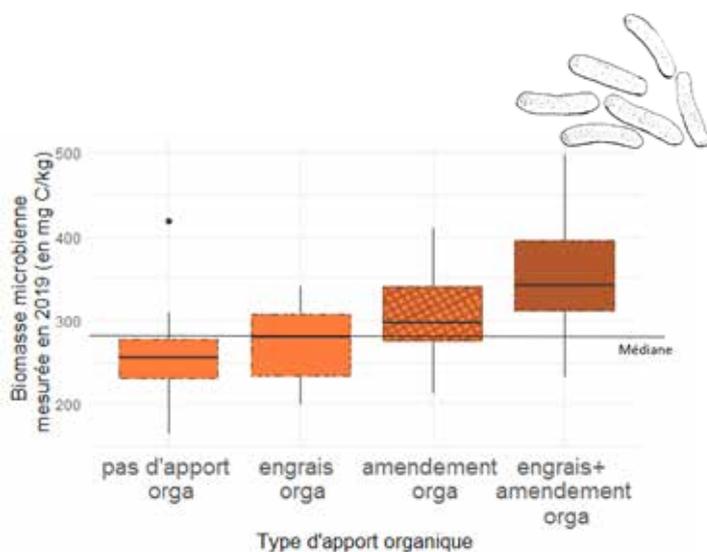


Les parcelles bio (sans phytos, sans fertilisation minérale et souvent enherbées) permettent davantage à la vie du sol de se développer par rapport aux parcelles ayant reçu uniquement de la fertilisation minérale.

Biomasse microbienne du sol selon les types de fertilisation et d'enherbement

COMBINER AMENDEMENTS ET ENGRAIS ORGANIQUES POUR FAVORISER LA VIE DU SOL

Amendement ou engrais organique ?	Caractéristiques des groupes de parcelles	Nb de parcelles dans le groupe
Pas d'apport orga	Les parcelles n'ont pas reçu de fertilisation organique depuis la plantation.	9
Engrais orga	Les parcelles ont reçu au moins une fois de la fertilisation organique depuis la plantation, uniquement sous forme d'engrais industriel.	12
Amendement orga	Les parcelles ont reçu au moins une fois de la fertilisation organique depuis la plantation, uniquement sous forme d'amendement (compost, boues, ou restitution de couvert).	8
Engrais + amendement orga	Les parcelles ont reçu de l'amendement (compost, boues, ou restitution de couvert) et de l'engrais organique au moins une fois depuis la plantation.	10



Biomasse microbienne du sol selon les types d'apports organiques depuis la plantation

LA DIFFÉRENCE ENTRE ENGRAIS ET AMENDEMENT

L'**engrais** est composé de matières fertilisantes qui vont apporter aux plantes des éléments directement utiles à leur nutrition (azote, phosphore, potassium, magnésium...). Il comporte au moins 3 % d' N , P_2O_5 ou K_2O .

L'**amendement** est destiné à l'entretien ou la reconstruction du stock de MO du sol et donc à l'amélioration de sa qualité. Il est principalement composé de MO plus ou moins stables, difficilement accessibles aux plantes. Il comporte moins de 3 % de chacun des éléments N , P_2O_5 et K_2O , et la somme $N + P_2O_5 + K_2O$ est inférieure à 7 %.



Une combinaison d'apports d'engrais et amendements organiques semble donc idéale pour stimuler l'activité microbienne, la croissance des plantes et améliorer la fertilité du sol sur le long terme.

La combinaison d'engrais et d'amendement organique apparaît comme la plus bénéfique à la vie du sol. En effet, l'apport d'engrais a pour but de nourrir directement les plantes et les organismes du sol tandis que les amendements organiques apportent de la MO qui va se stabiliser dans le sol, améliorant sa structure et donc l'habitat des organismes. Néanmoins, il ne faut pas oublier que l'analyse n'a pas porté sur la quantité de MO épandue, alors que celle-ci semble jouer un rôle important, au-delà du type de produit apporté.

QUEL AMENDEMENT ORGANIQUE CHOISIR POUR AMÉLIORER LE STOCK DE MO DE MON SOL ?

Voici les résultats de l'évolution simulée du bilan humique (sur 10 ans) selon 4 types d'amendements, qui sont pratiqués sur le plateau de Valensole. Les calculs ont été faits à partir d'un stock initial de MO dans les sols de 2,2 % (taux moyen des parcelles du Réseau Sol en 2017).

Type d'amendement	Quantité épandue	Évolution du stock d'humus sur 10 ans	% final de MO dans le sol (après 10 ans) ; (variation du % en 10 ans)
Aucune paille restituée	0	↘ (- 6.68 t/ha)	↘ 2.8 (- 17 %)
Amendement organique commercial**	400 kg/ha/an pdt 10 ans	↘ (- 5.51 t/ha)	↘ 1.9 (- 14 %)
Compost de pailles de lavandin de 1 an	4.5 t/ha/an pdt 10 ans (apports fractionnés*)	↗ (+ 8.9 t/ha)	↗ 2.7 (+ 22 %)
Vert broyé de pailles de lavandin	7.2 t/ha/an pdt 10 ans	↘ (- 1.36 t/ha)	↘ 2.1 (- 3 %)

* 25 t/ha avant implantation + 20 t/ha à 3 ans

** Calculé en considérant Orgaval (2-1-2, 50 % MO, comme l'Orgaval et composé de fumier d'ovin et de paille de lavandin, l'ISMO à 70 est estimé grâce à la valeur ISMO des composts de fumier, déchet vert et amendement organique qui sont tous compris entre 60 et 80 %).



Si l'on souhaite augmenter le taux de MO de son sol, le meilleur fertilisant organique serait le compost de pailles de lavandin de 1 an.

Illustration : ©Fabrice Hilbert



Les frères Paul



Historiquement, on fertilisait chimiquement nos cultures, mais il y a une dizaine d'années, on a fait des essais de guanito parce que, à cette époque, l'engrais organique avait bonne presse. Finalement, face à la difficulté matérielle, on a abandonné la fertilisation organique pendant 3-4 ans. Puis on s'est équipé récemment avec du matériel plus adapté, et on y est allé plein pot en passant toute la surface de lavandin en guanito. **Et on n'a jamais regretté parce qu'on trouve que depuis on a de belles plantations, qui sèchent moins après la récolte.** L'année dernière, on a enfin testé les amendements organiques. Ça faisait 15 ans qu'on avait envie de s'y mettre mais les problèmes logistiques nous freinaient. Pour nous, le souci avec la paille de lavandin, c'est qu'elle se retrouve en vallée et que nos parcelles sont toutes à une heure de route. La manière la plus simple et la plus économique qu'on a trouvée c'est de remonter les caissons pleins après que les pailles aient été distillées, et d'épandre du vert broyé. Ça nous rajoute 3 minutes de trajet et c'est moins cher que de faire appel à un transporteur. On n'a pas encore de recul sur cette pratique mais **on a été vraiment surpris de la fraîcheur du sol au moment du printemps où c'était très sec.** Même si ça n'est un secret pour personne, cette couverture doit jouer sur l'effet anti-évaporation et la nutrition de l'ensemble des organismes du sol.

Pour l'épandage, il faut être un minimum équipé. On a investi dans un chargeur télescopique (godet grand volume), donc au niveau remplissage de l'épandeur, ça va très vite. Après, on a un épandeur à fumier classique qui fait le boulot mais ce n'est pas d'une précision extraordinaire. On avait peur de la durée du travail parce qu'on avait un gros volume à épandre mais si on est deux - un dans le chargeur et un qui épand - ça va beaucoup plus vite que ce que l'on pensait : on a tout épandu en 2 jours sur une quinzaine d'hectares.

Pour les quantités à épandre de guanito, on met entre 400 et 450 kg/ha et les rendements qu'on sort nous conviennent.

Mais un des nouveaux freins pour nous, c'est le rapport entre le **prix du produit** et la **chute du coût de l'huile essentielle**. On va être obligé de baisser la quantité de fertilisant organique et partir vers une fertilisation mixte, organique et chimique. On pense essayer de mieux gérer la fertilisation en utilisant les nouvelles technologies pour piloter les apports en fonction des zones à plus ou moins gros potentiel. On va aussi tenter de se tourner vers les couverts végétaux sur les parcelles de coteau sujettes à l'érosion. ”

Témoignage des frères PAUL, Sylvain, Nicolas et Thomas, agriculteurs à Bras d'Asse et sur le plateau de Valensole

COMMENT FERTILISER ET AMENDER MES PARCELLES ?

Il n'y a pas un mais **DES modèles de fertilisation** qui dépendent des objectifs et contraintes de chaque exploitation et parcelle. Voici quelques conseils :

- **Réduire les apports en fertilisants minéraux** et raisonner leur épandage pour préserver la vie du sol et réduire les pollutions, notamment azotées. Comment ?
 - Possibilité de faire appel à la CA 04 pour mesurer les reliquats azotés,
 - Regarder le Bulletin REGAIN de la CA 04 qui sort plusieurs fois par an et donne des informations météorologiques, sur l'avancée et l'état des cultures principales et des conseils de fertilisation des cultures.
- Combiner engrais **et amendements** organiques pour **booster** la vie du sol et la croissance de la plante afin de rendre le système agricole **résilient**.

- **Pour améliorer le stock de MO** dans le sol et réduire la part d'azote à **apporter à la culture, utiliser du compost de pailles de lavandin de 1 an**. Vous pouvez aussi enherber l'inter-rang avec des légumineuses pour diminuer les besoins en azote de la culture, même si encore aucune donnée scientifique n'est disponible à ce sujet.

COMMENT GÉRER L'APPORT DE COMPOST ?

- Apporter 20 à 25 t/ha, avant la plantation puis tous les 1 à 3 ans selon les possibilités et le statut organique du sol,
- Le laisser en surface pour dynamiser la vie biologique car cette couche de biomasse protège le sol du rayonnement et conserve la fraîcheur, mais attention au salissement des parcelles.
- OU L'enfouir dans les 10 premiers centimètres pour accélérer la minéralisation et augmenter plus rapidement le taux de MO liée.



Perspectives REGAIN

Aller voir la fiche HB Perspectives REGAIN : une étude sur la composition et la dynamique de minéralisation du compost de 1 an est à venir (Regain/GIEE Essen'sol).

- **Pour augmenter le taux de MO libre et la biomasse microbienne**, privilégier les **apports de vert broyé frais** à raison de 5 à 7 t/ha/an.

Attention ! Ce produit a un rapport C/N élevé qui peut provoquer une faim azotée. Il faudra donc veiller à :

- ne pas l'enfouir,
- l'apporter à des périodes éloignées de la reprise de la végétation,
- Épandre 7 t/ha/an de vert broyé en inter-rang + 60 u N/ha/an (pour limiter le risque de carence en N).

LE C/N ET L'ISMO

Le **rapport C/N** représente le rapport entre les quantités de carbone organique et d'azote d'un produit. Il donne une indication sur la vitesse de décomposition du produit et sur le risque de faim d'azote. On considère que le rapport C/N optimal pour l'activité microbienne et un bon équilibre entre minéralisation et humification se situe entre 10 et 12. Au-delà de 20, les microorganismes qui dégradent la MO vont manquer d'azote et vont aller puiser dans les ressources du sol et ainsi concurrencer les cultures : c'est la faim d'azote. De plus, lorsque l'azote du sol devient limitant, l'activité de décomposition des microorganismes est ralentie.

Attention, cet indicateur présente des limites : il est notamment important de tenir compte de la composition du produit organique pour s'assurer que le C et le N sont dégradables en même temps.

L'**indice de stabilité de la matière organique**, ou ISMO, correspond au pourcentage du produit qui va évoluer en humus stable. Donc plus cet indice est élevé, plus le produit est apte à améliorer le taux de MO liée du sol.



Réglementation sur l'épandage de composts et verts broyés.

- Les distances à respecter : minimum 35 m des berges, cours d'eau, puits, forages...
- Il est interdit d'épandre :
 - si arrêté municipal,
 - entre le 01/09 et 31/01 en Zone Vulnérable Nitrates,
 - en période de gel ou de fortes pluies.

Des distances et autres interdictions s'appliquent en cas d'installation classées ICPE (voir arrêté ministériel).



©Perrine Puyberthier, Parc Naturel Régional du Verdon

Illustration : ©Fabrice Hibert



Sylvain Aubry



donc on épand presque le double de ce qui est issu de nos surfaces en PPAM. On fait de gros apports – 50 à 70 T/ha – tous les 3 ans, sur les plantations jeune, de 1 à 5 ans. On bine juste derrière l'épandage pour enfouir le compost dans les 10 premiers centimètres du sol afin d'éviter qu'il s'envole.

Le matériel

Au début, on a acheté un premier épandeur sur lequel on avait fabriqué un caisson qui épandait uniquement sur l'inter-rang. L'année dernière on a acheté du matériel plus étroit qui nous permet de circuler dans les plantations jusqu'à la 5ème année sans faire de dégâts. L'épandeur est le seul investissement que l'on a fait, en plus du temps de travail et du gasoil. Mais attention, il faut bien réfléchir en amont pour stocker le compost très proche de là où on va épandre l'année d'après pour optimiser le transport.

Avantages et inconvénient

Le seul inconvénient que l'on trouve au compost c'est qu'il entraîne un certain salissement des parcelles. Mais on apporte un tas de bonnes choses donc ça profite à l'herbe et aussi aux cultures ! Par exemple, le compost a un effet éponge puisqu'avec les doses qu'on apporte, le sol garde plus d'eau. Les parcelles habituellement difficiles à travailler qui ont des argiles très fortes qui se prennent en masse à cause de la sécheresse ou de la pluie – situées en fond de vallon – sont beaucoup plus aérées depuis qu'on y met du compost et on n'a plus du tout de souci pour les travailler.

Et pour la suite...

On souhaite continuer notre fertilisation et notre épandage puisque nos rendements sont très satisfaisants. Mais si on avait accès à du fumier localement, ça nous permettrait d'apporter un amendement plus complet aux cultures. ”

Sylvain Aubry, installé avec son frère Aurélien à Puimoisson.

Gestion de la fertilisation du lavandin

La fertilisation de nos lavandins est plutôt traditionnelle mais depuis 2-3 ans on fractionne les apports pour que les mauvaises herbes ne profitent pas de l'azote au moment où la culture n'en a pas encore besoin. On met 300 kg/ha de 0-20-20 à la fin mars, et 60 unités d'ammonitrate bien plus tard, à la mi-mai, pour le lavandin.

L'utilisation du compost

Cela fait plus de 20 ans qu'on a choisi d'épandre nos pailles de lavandin parce qu'on a accès à cette ressource et que ça nous permet d'améliorer nos sols. On sait que l'on abîme la vie du sol parce qu'avant chaque plantation de lavandin, on fait un épierreage – passage de plusieurs machines à dents. Mais depuis qu'on apporte du compost en quantité après la plantation, on observe que la vie du sol revient rapidement dans nos parcelles : insectes, vers de terres, mouettes qui suivent la charrue parce qu'il y a de quoi manger... Donc aujourd'hui on composte les résidus de toutes les plantes à parfum qui passent par la distillerie : lavandin, sauge, coriandre, fenouil... ce qui crée un compost diversifié mais pas forcément homogène car on va au plus pratique. On utilise les pailles provenant de nos parcelles mais aussi celles de nos clients (prestation de service distillation),

POUR COMPOSTER ET ÉPANDRE, S'ASSOCIER OU LE FAIRE SEUL ?

Exemple de 3 scénarii possibles

Calculs réalisés à partir d'une exploitation moyenne choisie: SAU = 160 ha ; SAU lavandin = 90 ha ; UTH = 2.

	matériel à acheter	Investissement par exploitation	Charges totales* / an	Tps de travail par exploitation
Composter dans une aire individuelle avec son propre matériel	épandeur individuel	27 500 €	98 €/ha	97 h
Composter dans une aire individuelle en faisant appel à une ETA**	rien	0 €	82 €/ha	20 h
Composter dans une aire commune à côté de la distillerie, avec 5 autres exploitations agricoles, avec mise en commun du matériel	épandeur commun + retourneur d'andain commun	13 525 € neuf	49 €/ha	34 h

* coût total : investissement + charges variables (entretien du matériel, la consommation du tracteur, main d'œuvre)

** ETA : entreprise de travaux agricoles

QUELLE ORGANISATION PRIVILÉGIÉE SELON LA TAILLE DE SON EXPLOITATION ?

De manière générale et pour la plupart des exploitations, la mise en commun du compostage et de l'épandage - à 10 exploitations - est le scénario le plus intéressant d'un point de vue agronomique et économique.

Pour les petites exploitations (< 30 ha), il est semble être plus avantageux de faire appel à une entreprise de travaux agricoles.

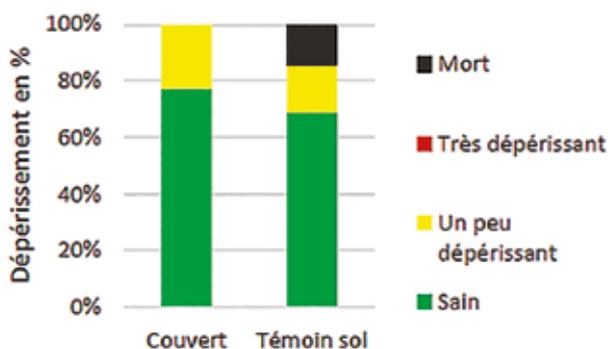
Pour les exploitations de tailles moyennes à grandes (> 90 ha), l'achat de matériel et l'épandage individuel peut se révéler plus intéressant..

DIFFÉRENTES TECHNIQUES POUR GÉRER L'INTER-RANG

Il existe différentes manières de gérer l'inter-rang, en conservant le sol nu grâce au désherbage mécanique et/ou chimique, ou en le couvrant. L'enherbement des inter-rangs permet de bénéficier de plusieurs avantages comme l'amélioration de l'état sanitaire des plants ou de lutter contre l'érosion... C'est donc en fonction des objectifs de l'exploitation et de ses contraintes que se fera le choix de l'implantation de couverts.

LA COUVERTURE VÉGÉTALE DIMINUE LE DÉPÉRISSEMENT

La mise en place d'un couvert, même seulement la première année de culture, permet une diminution de 50 % du dépérissement des plantations sur plusieurs années. Ces végétaux perturbent le vol de la cicadelle (*Hyalesthes obsoletus*) transmettant le dépérissement au phytoplasme de Stolbur. Si le couvert engendre souvent une baisse de production lorsqu'il est présent, il permet de gagner en durée de vie des plantes et donc en production sur le long terme.



Notation de dépérissement en sol couvert et en sol nu d'une parcelle REGAIN (2019). Source: CRIEPPAM.

Le CRIEPPAM a réalisé les notations de dépérissement sur l'ensemble des parcelles du Réseau Sol, mais seules 4 parcelles ont été suivies sur les indicateurs de récolte. Les résultats confirment l'effet protecteur du couvert mais aussi la baisse de productivité des plants... **Il semble donc intéressant d'enherber les premières années de culture dans les zones particulièrement touchées par le dépérissement**, car le bénéfice sur l'état sanitaire se prolonge même après disparition du couvert. Cela suggère que les plantations sont plus sensibles au dépérissement les premières années.

Illustration : ©Fabrice Hibert



Laurent Bouvin

“

J'ai souhaité passer en bio en 2006 et j'ai acheté une bineuse parce que le problème des adventices semblait ingérable si on ne travaillait pas le sol. Au début, mes lavandes sont restées complètement propres, mais en 2 ans, les champs de lavandin ont subi un **dépérissement massif**. J'ai donc décidé de radicalement changer ma conduite culturale et d'être à la fois en bio, avec des couverts inter-rangs permanents et spontanés, et j'ai pris l'option d'être en permaculture, sans aucun apport organique extérieur.

Comment je gère mon inter-rang spontané et permanent ? J'ai fabriqué un outil qui bine 3 rangs et qui roule les couverts inter-rangs avec des rouleaux faca. Je l'utilise environ 6 fois par an par parcelle parce qu'il faut garder le rang propre et maintenir le couvert bas pour éviter la concurrence avec la culture.

Pourquoi avoir choisi la couverture spontanée ? Par simple sélection darwinienne, les espèces qui poussent sont adaptées au contexte pédoclimatique, on ne peut pas trouver mieux ! Le seul problème, c'est que je trouve parfois que certains couverts manquent de légumineuses. Cette année, j'ai choisi d'enrichir un couvert à dominance de graminées avec de la luzerne. Les graminées annuelles produisent de la biomasse, et vont faire un très bon paillage du sol. La luzerne viendra profiter de cet environnement protégé, et bénéficiera des pluies de fin d'été pour produire de la biomasse et ainsi capitaliser de l'azote et du carbone.

Pourquoi une couverture permanente ? Les avantages que j'ai observés directement : reconquête de la biodiversité, donc diminution de la pression des maladies, freins à l'érosion, confort de récolte car on peut rentrer sur la parcelle directement après une pluie...

Est-ce que ça a vraiment joué sur le dépérissement des plants ? Aujourd'hui je n'ai plus de dépérissement, ou alors c'est vraiment dérisoire. Finalement, certes j'obtiens des rendements qui sont tout à fait modestes et qui me suffisent, mais l'avantage, c'est que mes plantes ne crèvent pas. Ces faibles rendements sont d'ailleurs peut-être davantage dus au fait que je ne fertilise pas du tout plutôt qu'au bio. ”

Témoignage de Laurent Bouvin, agriculteur à Valensole

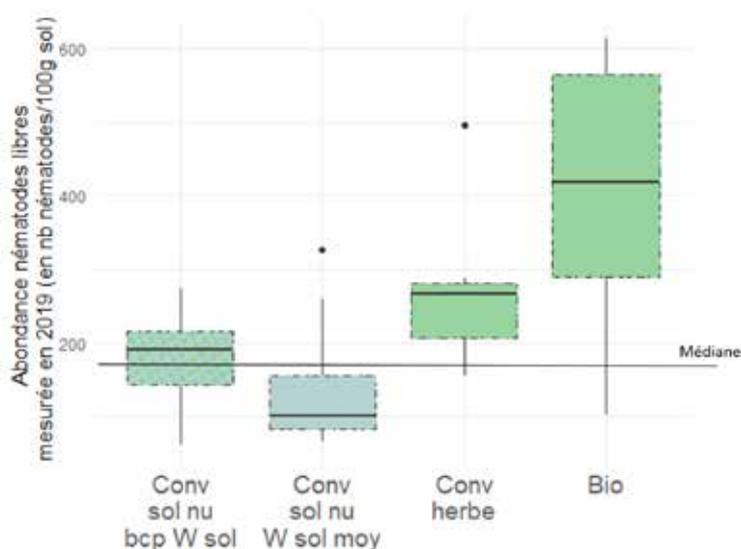
LA COUVERTURE VÉGÉTALE PROTÈGE LE SOL ET FAVORISE LA VIE DU SOL

Une couverture du sol en inter-rang offre des conditions favorables au développement de la vie du sol en abaissant sa température, en augmentant la capacité d'infiltration et de stockage de l'eau et des nutriments... Elle augmente notamment le taux de MO totale et en particulier celui de la MO labile (tendance observée dans le cadre de REGAIN, à confirmer).

Focus sur l'impact de plusieurs types de gestion de l'inter-rang sur l'abondance des nématodes libres dans les parcelles du Réseau REGAIN Sol :

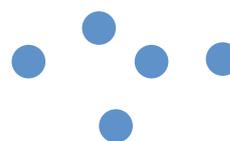
Nom des groupes	Caractéristiques des groupes de pratiques	Nb de parcelles dans le groupe
Bio	Les parcelles conduites en bio avec selon les exploitations : - de 0 à plus de 8 binages à plein entre 2017 et 2019 - 5 parcelles sur 7 sont enherbées*	7
Conv – herbe	Les parcelles sont enherbées* et conduites en conventionnel, le binage à plein est raisonné (moins de 8 binages entre 2017 et 2019).	7
Conv – sol nu – W sol moy	Les parcelles ne sont pas enherbées et sont conduites en conventionnel, le binage à plein est raisonné (moins de 8 binages entre 2017 et 2019).	15
Conv – sol nu – bcp W sol	Les parcelles ne sont pas enherbées et sont conduites en conventionnel, le binage à plein est intense (plus de 8 binages entre 2017 et 2019).	10

* « enherbé » signifie ici que la parcelle a bénéficié d'au moins un couvert durant les deux premières années de plantation, qu'il soit temporaire ou permanent, semé ou spontané.



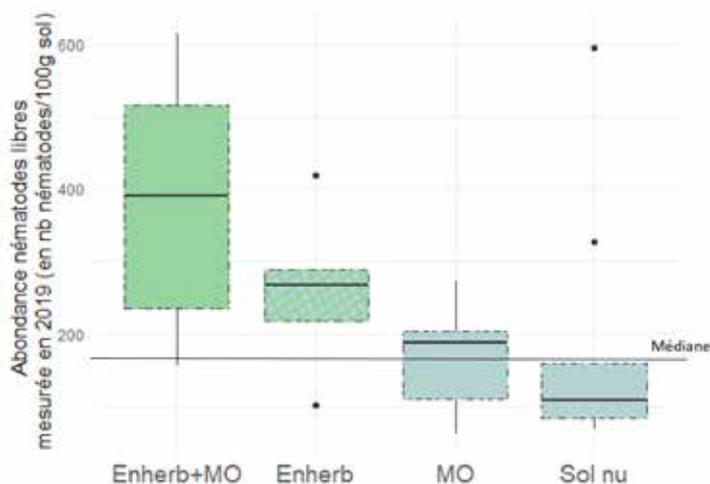
Les nématodes libres (=bénéfiques) dans le sol selon le type de gestion de l'inter-rang : type de conduite et travail du sol.

L'implantation d'un couvert (en conventionnel ou en bio) est favorable aux nématodes qui sont très sensibles aux changements de pratiques agricoles. La même analyse a montré que la biomasse microbienne était nettement favorisée lorsque la conduite de la culture ne comprenait pas de produits phytosanitaires ni de fertilisation minérale.



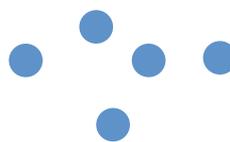
Focus sur l'enherbement et l'apport de matières organiques sur l'abondance des nématodes libres sur les parcelles du Réseau Sol :

Nom des groupes	Caractéristiques des groupes de pratiques	Nb de parcelles dans le groupe
Enherb+MO	Les parcelles ont reçu de la MO entre 2017 et 2019 et ont été enherbées les premières années de plantation.	7
Enherb	Les parcelles ont été enherbées les premières années de plantation.	5
MO	Les parcelles ont reçu de la MO entre 2017 et 2019 (pas d'enherbement)	17
Sol nu	Les parcelles n'ont pas été enherbées et n'ont pas reçu de MO	9



Les nématodes libres (=bénéfiques) dans le sol selon le type de gestion de l'inter-rang : enherbement et MO.

Les nématodes libres, ceux qui sont bénéfiques au fonctionnement du sol, sont favorisés par la combinaison d'un enherbement et de l'apport de matières organiques.



LES AUTRES AVANTAGES DES COUVERTS

- **Un couvert diminue considérablement l'érosion et le lessivage des sols et améliore la portance** puisque les végétaux présents stabilisent le sol et le protègent des pluies. Ce caractère n'a pas encore été mesuré, mais il a souvent été directement observé par les agriculteur.trice.s et est très documenté dans toutes les filières utilisant le procédé.
- **Le couvert entre directement en compétition avec les adventices et diminue leur abondance.** Mais il faut faire attention à ne pas favoriser le développement des adventices en fertilisant en plein. Même si cette technique reste encore complexe aujourd'hui, une fertilisation ciblée sur le rang est conseillée avec un couvert inter-rang.
- **Si la couverture est pérenne, elle permet aux plantes de mieux tolérer une sécheresse** en conservant un taux d'humidité dans le sol équivalent, voire meilleur qu'en sol nu au printemps. Attention à la période estivale où le couvert aura tendance à consommer de l'eau.

COMMENT GÉRER MON INTER-RANG DE FAÇON DURABLE ?

Enherber l'inter-rang, limiter le travail du sol et l'usage de produits phytosanitaires de synthèse pour favoriser le développement de la vie du sol et améliorer l'état sanitaire du lavandin.

Quel type de couvert planter et pour quelles raisons ?

- **Couvert d'annuelles pour diminuer le dépérissement**, principalement de céréales (triticale, orge), l'année de plantation, qui peut se poursuivre en 2^e année. Semer avant ou juste après la plantation du lavandin. Détruire le couvert avant ou après l'écimage.
- **Couverture hivernale temporaire**, les 2 années suivant la plantation. Semis en fin d'été et destruction en sortie d'hiver. Les objectifs sont de limiter l'érosion et le lessivage des nutriments, améliorer la fertilité du sol et préserver la biodiversité, tout en limitant la concurrence en période de croissance du lavandin. Privilégier un couvert diversifié pour maximiser les chances de levée et combiner les avantages des différentes espèces. Exemple d'espèces gélives : radis fourrager, féverole de printemps, lentille, gesse, phacélie, fenugrec...
- **Couvert permanent**, aussi appelé pérenne, il peut être semé ou spontané. Les objectifs sont de diminuer le dépérissement, l'érosion et le lessivage, améliorer la qualité du sol, préserver la biodiversité et contrôler les adventices. En cas de semis, préférer des espèces au cycle de vie décalé par rapport à celui du lavandin et si possible, des légumineuses pour limiter la concurrence en azote. L'entretien se fait essentiellement par broyage ou roulage des parties aériennes. Attention à ne pas broyer trop fréquemment car cela peut favoriser le développement racinaire et la concurrence avec la culture.





©Eva Fontanel

Pâturage ovin dans des inter-rangs de lavandins en agroforesterie à Saint Jurs.

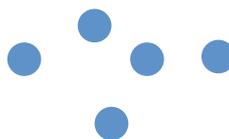
Il est également possible de faire pâturer le couvert par des brebis avant la pousse des hampes florales pour gérer le couvert et bénéficier d'une fertilisation organique directe par les animaux.



Pour plus de détails sur les couverts végétaux

Aller voir la fiche HB « Les couverts végétaux inter-rangs en lavanderaies », rédigée en février 2018 par le CRIEPPAM (accessible pour les adhérents).

Illustration : ©Fabrice Hbert



Jacky Piatti



J'ai commencé à enherber mes inter-rangs de lavandin en 2016 parce que j'étais très touché par le dépérissement, la maladie transmise par la cicadelle. Mais on s'est rapidement aperçu que cette couverture apportait beaucoup d'autres choses comme de la matière organique, concurrençait les adventices, et réduisait l'érosion des sols.

Gestion du couvert semé

J'enherbe tous les inter-rangs de mes lavandins les 2 premières années de culture. C'est la période où les plantes sont très sensibles au dépérissement, mais après, les plants sont trop gros pour circuler entre les rangs avec les machines.

Je sème du triticale en pur en fin d'hiver pour bénéficier des pluies de printemps, et je détruis le couvert à la fin de l'été puisqu'il se dégrade et qu'il peut être gênant pour le travail du sol.

Une année j'avais essayé de semer de la coriandre mais j'avais mal géré ce couvert. Il s'était très bien développé, il était magnifique, mais il a fait concurrence

à la culture. L'effet a quand même été bénéfique parce qu'on n'a pratiquement pas été touché par la maladie. Donc il faut bien faire attention à ce que le couvert ne se développe pas trop, mais dans tous les cas, cet enherbement lutte efficacement contre le dépérissement.

Investissements

Il faut un semoir et une bineuse adaptée. J'ai investi dans un semoir et j'ai trafiqué moi-même ma bineuse pour qu'elle puisse biner l'espace où il y a le lavandin, mais pas le couvert.

Pour l'avenir

Le jeune qui reprend la ferme va, bien sûr, continuer l'enherbement des inter-rangs de lavandin. Il souhaite tester des mélanges cette année, qui comprennent des céréales et des légumineuses pour diversifier le couvert. ”

Témoignage de Jacky Piatti, agriculteur en cours de transmission à Puimoisson

ALLIER RENTABILITÉ ET PRÉSERVATION DE LA VIE DES SOLS

On se demande souvent si les exploitations bio préservent réellement la biodiversité et si elles sont rentables. C'est ce que nous présentons ici.

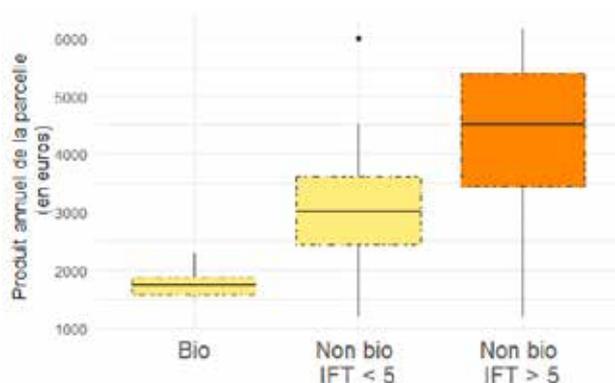
COMMENT A-T-ON ANALYSÉ LES PRATIQUES ?

Les parcelles du Réseau Sol sont séparées en trois groupes :

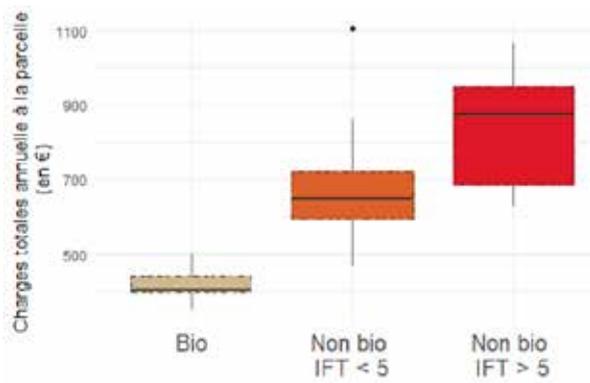
Nom des groupes	Caractéristiques des groupes de pratiques	Nb de parcelles dans le groupe
Bio	<ul style="list-style-type: none"> IFT et fertilisation minérale nulle. Rotation précédente contenant au moins une culture fourragère. Hétérogénéité du groupe sur le reste des pratiques : apports ou non de MO, 5/7 parcelles font moins de 4 binages à plein entre 2017 et 2019, 5/7 parcelles enherbées les premières années de plantation. 	7
Non Bio, IFT < 5	<ul style="list-style-type: none"> Parcelles conventionnelles avec un IFT < 5. La majorité des parcelles n'ont pas reçu de MO ou en ont reçues moins de 1000 kg/ha depuis 2016. Hétérogénéité du groupe sur le reste des pratiques : de 0 à plus de 8 binages à plein entre 2017 et 2019, de 0 à plus de 50 uN/ha entre 2017 et 2019. Seulement 2 parcelles ont été enherbées. 	15
Non Bio, IFT > 5	<ul style="list-style-type: none"> Parcelles conventionnelles avec IFT > 5, souvent binées à plein plus de 4 fois entre 2017 et 2019. Généralement, fertilisation mixte (minérale et organique). 5/17 parcelles ont été enherbées. 	17

Attention : ici on s'intéresse uniquement aux résultats à la parcelle ! l'indicateur « charges totales annuelles » inclut les frais de carburant, la main d'œuvre, le coût de plantation, les produits phytos, les fertilisants, le coût de distillation et éventuellement les frais d'irrigation. Nous n'avons donc pas pris en compte les charges d'exploitation, les amortissements du matériel... ce qui limite l'analyse globale des différents systèmes de production.

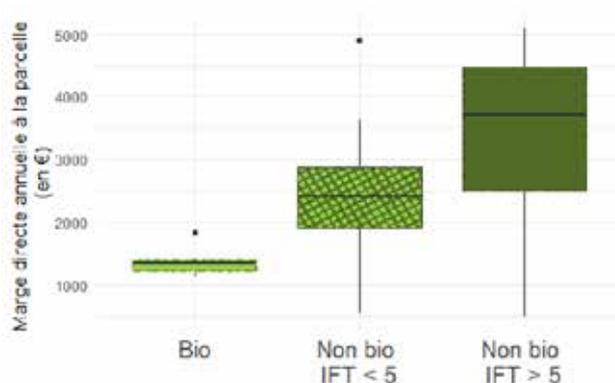
LES PRATIQUES BIOLOGIQUES ASSURENT UNE BONNE RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE...



Produit selon le type de conduite



Charges selon le type de conduite

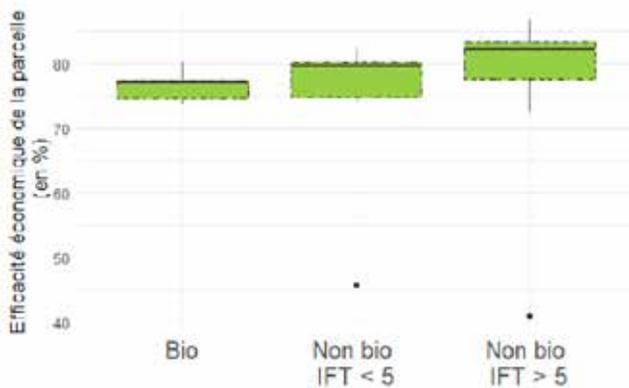


Marge selon le type de conduite

Les parcelles conduites en bio génèrent un rendement et donc un produit inférieurs aux parcelles conventionnelles, mais les charges totales à la parcelle sont, elles aussi, bien inférieures (pas de fertilisant minéral ni de produits phytos). Toutefois le prix de vente en agriculture bio ne valorise pas suffisamment la production pour obtenir une marge équivalente au système conventionnel.

Remarque : les frais d'exploitation et de matériel ne sont pas pris en compte dans le calcul de la marge directe. Or les exploitations agricoles du groupe « Bio » n'ont pas forcément les mêmes investissements matériels et sont souvent diversifiées, ce qui permet de lisser la marge totale générée par l'exploitation.

Les exploitations du Réseau Sol sont-elles toutes rentables?

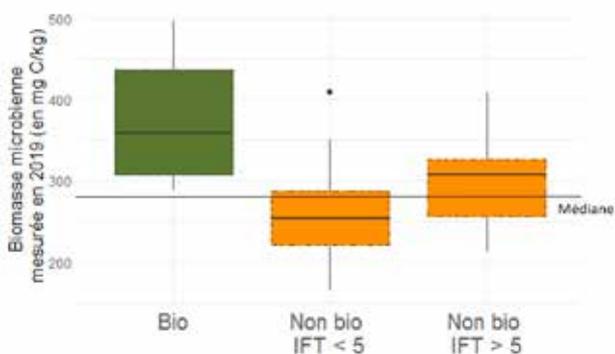


Rentabilité selon le type de conduite

Qu'est-ce que l'« efficacité économique » ? C'est le rapport entre la marge directe et le produit de la parcelle, et donc un indicateur de rentabilité. Ici on regarde la rentabilité de la parcelle.

Globalement, si les exploitations conventionnelles génèrent une marge directe supérieure aux autres, l'ensemble des exploitations possèdent une bonne efficacité économique, c'est-à-dire que les charges sont suffisamment basses par rapport aux marges dégagées.

... ET PRÉSERVENT LA VIE DU SOL



Biomasse microbienne du sol selon le type de conduite

La biomasse microbienne est élevée dans les sols du groupe « Bio ». Ces résultats montrent qu'il y a un effet positif de l'absence d'utilisation de produits phytosanitaires de synthèse et d'intrants minéraux sur le développement de la vie du sol.

Remarque : le manque de différences entre les deux groupes conventionnels ne prouve pas que la quantité de produit utilisé n'a pas d'impact sur la vie du sol. En effet, beaucoup d'autres pratiques doivent être prises en compte pour comprendre cet effet, et nos groupes sont trop hétérogènes.



La conduite sans intrants chimiques permet donc d'allier bonne rentabilité de l'exploitation et surtout de préserver et favoriser le développement microbien dans le sol !

UN MEILLEUR SOL POUR UNE MEILLEURE RÉSILIENCE DU LAVANDIN FACE À LA SÉCHERESSE ?

UN PROGRAMME DE SUIVI DES EFFETS DE LA CONTRAINTE HYDRIQUE SUR LE LAVANDIN

Depuis 2019, la Société du canal de Provence a mis en place, dans le cadre du projet REGAIN, un réseau de suivi sur 13 parcelles de lavandin. En conditions irriguées ou non, des analyses de sol ont été réalisées et différents capteurs (station météo, tensiomètres, dendromètres...) ont été installés pour suivre la cinétique de disponibilité de l'eau dans le sol pour les plantes. Au moment de la récolte, différents indicateurs de biomasse, de rendement, de qualité et de dépérissement ont été évalués avec l'appui du CRIEPPAM.



©Eva Fontanel

DES SOLS HÉTÉROGÈNES MAIS PEU IMPACTÉS PAR L'IRRIGATION

Les analyses de sols réalisées sur les parcelles en conditions irriguées et sèches montrent des résultats assez hétérogènes, en lien avec l'historique des parcelles, notamment les pratiques d'amendement et de travail du sol. L'irrigation ne semble pas avoir d'impact sur les propriétés physico-chimiques des sols. En revanche, les taux de matière organique et les indices de structure des sols ressortent légèrement supérieurs pour les parcelles irriguées. Ces résultats, à confirmer par d'autres analyses, pourraient s'expliquer par l'augmentation de la biomasse végétale produite en conditions irriguées.

UNE BONNE GESTION DES SOLS POUR UNE MEILLEURE DISPONIBILITÉ DE L'EAU DANS LES SOLS

Le Réservoir Utile des sols, ou RU, c'est-à-dire le volume d'eau maximal contenu dans le sol et disponible pour les plantes, peut varier de manière importante en fonction des différences de profondeur, de granulométrie, de pierrosité ou encore de compaction des sols.

L'amélioration de la structure des sols, à travers une bonne gestion des amendements et de la matière organique, permet notamment d'améliorer la taille, la forme et la localisation des pores du sol et donc l'accessibilité et la disponibilité de l'eau pour les racines des plantes.

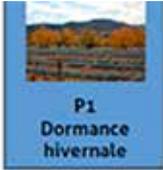
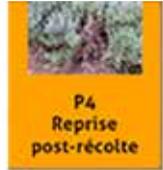
À l'inverse, la disponibilité de l'eau au sein des différents horizons peut être négativement impactée par des défauts de structure : un sol compacté pénalise l'alimentation hydrique de la culture en réduisant la quantité d'eau que le sol peut stocker d'environ 10 à 30 % selon la sévérité du tassement. La compaction limite également la capacité des racines à explorer le sol en profondeur.

Illustration : ©Fabrice Hilbert

VERS UNE IRRIGATION DE RÉSILIENCE DU LAVANDIN

L'irrigation de résilience permet de valoriser au mieux les fonctionnalités du sol et des végétaux face à la sécheresse. Elle doit se baser sur des indicateurs permettant de suivre les besoins hydriques du lavandin au cours de la saison, pour ensuite adapter les opérations culturales en conséquence (déclenchement des irrigations, destruction des couverts, binages...).

Pour cela, la SCP a développé un cadre d'analyse du lavandin qui décompose la saison culturale en quelques périodes-clés :

	 <p>P1 Dormance hivernale</p>	 <p>P2 Développement foliaire et des hampes florales</p>	 <p>P3 Floraison et contraction estivale</p>	 <p>P4 Reprise post-récolte</p>
Objectifs	Recharge des sols Vernalisation	Développement maximal des hampes	Floraison longue et fournie	Redémarrage rapide de la végétation
Indicateurs à suivre	Pluies Cumul T Tmin Eau dans le sol	Pluies Cumul T Risque gel Eau dans le sol Taux de croissance	Indice de sécheresse VPD max Taux de décroissance	Pluies Eau dans le sol Taux de croissance
Outils	Station météo Tensiomètres	Station météo Tensiomètres Dendromètres	Station météo Dendromètres	Station météo Tensiomètres Dendromètres

L'application AgriData (SCP - Fruition Sciences) permet de regrouper ces données et de faciliter leur interprétation pour chaque période.

GLOSSAIRE

Auxiliaire de culture : être vivant qui entre en compétition (par la prédation ou l'occupation de niche écologique par exemple) avec des ravageurs des cultures, atténuant ainsi leurs effets.

Biodisponibilité : capacité plus ou moins grande des éléments à être assimilés par les plantes en rejoignant la solution du sol.

Capacité d'échanges cationiques (CEC) : correspond au pouvoir d'un sol de stocker des cations (ions positivement chargés) de manière réversible. Ce pouvoir est largement lié à l'état du complexe argilo-humique du sol.

Complexe argilo-humique (CAH) : association de particules d'argile et d'humus grâce à des cations intermédiaires (Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} ...). Cette formation permet d'une part d'éviter la dispersion des argiles car l'humus est un colloïde protecteur, et d'autre part de protéger l'humus de sa dégradation par les microorganismes et favoriser l'humification. La présence de ce complexe augmente la stabilité structurale du sol.

Croûte de battance : phénomène de désagrégation de la structure sous l'effet de l'eau en deux étapes :

- fermeture de la surface du sol par les particules fines qui se détachent des mottes lors de fortes pluies,
- formation de la croûte de battance (= croûte de dépôt des particules fines) qui est très imperméable et qui s'accroît quand l'eau s'évapore lors des phénomènes de sécheresse.

Érosion : action de l'eau ou de l'air qui transporte des éléments du sol, organiques et/ou minéraux, latéralement.

Humification : action des micro-organismes du sol qui transforment la matière organique fraîche en composés stables, rejoignant le stock d'humus dans le sol. Cette MO a un rôle important dans la structuration du sol et sa stabilité.

Lessivage : transport par l'eau des particules solides en profondeur.

Lixiviation : transport des particules dissoutes comme les nitrates et les pesticides, en profondeur ou latéralement.

Matière organique (MO) : matière carbonée issue du vivant. Il existe plusieurs types de matières organiques : la matière liée, la matière libre et la matière vivante, constituant la MO totale d'un sol. La MO liée est celle qui est stable dans le sol, composant l'humus et permettant de structurer le sol, et d'améliorer sa capacité de rétention en eau. La MO libre, ou fraîche, est celle qui est facilement accessible par les organismes du sol et les plantes, et qui constitue leur principale source d'énergie. La MO vivante correspond aux organismes vivants du sol, qui se nourrissent de la MO fraîche.

Minéralisation : action des micro-organismes du sol qui transforment les matières organiques fraîches en éléments minéraux rejoignant la solution du sol, et devenant accessibles pour les autres organismes du sol et les plantes. Il existe une seconde minéralisation réalisée par les micro-organismes du sol, qui permet de transformer les substances humiques en minéraux solubles.

Potentiel hydrogène, ou pH : permet de connaître l'acidité d'un milieu, d'un sol par exemple. De 0 à 7, le pH est acide, et de 7 à 14 il est basique. Il varie selon les types de sols, les conditions pédo-climatiques, ainsi que les pratiques culturales.

Solution du sol : c'est l'eau libre qui se déplace entre les particules de sol, dans les pores (espaces libres), transportant les éléments en solution.

Structure du sol : agencement des particules dans le sol (voir la partie *Texture et structure des sols*, page 12).

Symbiose, ou association symbiotique : association durable et bénéfique pour les deux organismes qui la composent. Les organismes font des échanges réciproques qui leurs sont profitables.

Texture du sol : proportion des particules de la terre fine dans le sol, en fonction de leur taille : argile, limons, sables (voir la partie *Texture et structure des sols*, page 12-13).

Directeur de Publication :
Bernard Clap

Coordination :
Sophie Dragon-Darmuzey
& Eva Fontanel

Suivi et corrections : Marlène Economidès, Annie Robert, Luc Courtil, Julie Marie, Dominique Chavy, Anne Ferment, Jean-Claude Lacassin, Nicolas Urruty, Claire Marsden, Camille Chauvin, Cécile Villenave, Charles Roman, Isabelle Isoard, Thomas Costes.

Mise en page et graphisme : Autrement Dit Communication

Illustrations :
Fabrice Hibert

Imprimé en France en Septembre 2021 par Imprimerie Riccobono. Nous avons choisi une entreprise soucieuse de réduire son impact sur l'environnement pour imprimer ce document sur papier recyclé.

BIBLIOGRAPHIE

Agro-transfert ressources et territoires, 2016. *Leviers mobilisables pour la gestion de l'azote en agriculture biologique*.

Anfray P., 2017. *Guide pratique de la vie des sols*. France Agricole. Agriproduction. ISBN 978-2-85557-554-4.

Bornand M., Chabot C., Dosso M., Lacassin J.C. 2012. *Sols et paysages du sud du plateau de Valensole : diversité et modes d'utilisation agricoles actuels et passés*. Association Française pour l'étude du sol, section Méditerranée.

Bornand M., Dosso M. 2015. *Sols et histoire récente de l'agriculture sur le Plateau de Valensole, Constats et perspectives. Étude et Gestion des Sols*. Vol. 22, pp. 43-58.

Chambre d'Agriculture 13, Direction Départementale des Territoires 13. 2015. *Plaquette Directive Nitrates 2014 - 5^e programme d'actions PACA Zone Vulnérable « Berre-l'Étang »*.

Chailan C. 2013. *Production et marchés des huiles essentielles de lavande et lavandin*. Pp. 13.

Chambre d'Agriculture 04. 2021. *Zones Vulnérables aux Nitrates : mesures pour les AHP*.

Chauvin C. *Cultiver avec ou contre les nématodes*. En ligne sur : <https://kcenter.lallemantplantcare.com>

Conseil communautaire DLVA et ENVILYS, 2020. *Étude pour la protection des aires d'alimentation de captages prioritaires sur le plateau de Valensole*.

CRIEPPAM, 2015 et 2016. *Compte Rendu Technique : Couverture végétale en inter-rangs de lavande et lavandin (PEP)* de 2015 et de 2016.

CRIEPPAM, 2017 et 2019. *Compte Rendu Technique : RECITAL : Réponses aux Evolutions Climatiques par l'Innovation et les Techniques Alternatives dans les Lavanderaies* de 2017 et de 2019.

CRIEPPAM, 2019. *Compte Rendu d'activité - Programme SOL*.

Duchaufour P., Faivre P., Poulenard J. 2018. *Introduction à la science du sol : Sol, végétation, environnement* Ed.7. Dunod.

FranceAgriMer. 2020. *Note conjoncture PPAM*.

Massenet JY. 2013. *Chapitre V : Chimie du sol - 5^e version*.

Office Français de la Biodiversité. *Pollutions diffuses agricoles, substances impliquées et mécanismes*. Le portail technique de l'OFB [en ligne].

Pasquier L. *Guide du sol « Largile et Lamotte »*. ENESAD - Unité Informatique Pédagogique.

Parc Naturel Régional du Verdon et Direction Départementale des Territoires 04. 2013. *Document d'objectifs des sites Natura 2000*.

Riman K. 2020. *Le phosphore dans les sols - En cours*.

Villenave C., Kleiber A., Salducci X. 2017. *Restitution des résultats de la première campagne d'échantillonnage des 34 parcelles du réseau*. Réseau Sol REGAIN.

NOUS TENONS À REMERCIER :

Les agriculteurs et agricultrices impliqués.e.s dans la démarche REGAIN,

Les partenaires techniques qui ont rendu possible la réalisation des observations, analyses et études : Jean-Claude Lacassin (Société du Canal de Provence), Thomas Costes, Delphine Fraty et Bert Candaele (CRIEPPAM), Claire Marsden (Montpellier Supagro), Xavier Salducci (Celesta-Lab),

Alain Kleiber (Auréa), Cécile Villenave et Camille Chauvin (Elisol), Romain Cansiere et Maxime Julien (SCA3P),

L'Agence de l'eau, l'ADEME, le Département des Alpes-de-Haute-Provence, le Conseil régional Provence-Alpes-Côte d'Azur et Durance Verdon Agglomération pour leur soutien dans notre démarche.

La reconquête de la fertilité des sols agricoles est un sujet primordial sur le plateau de Valensole. Ce territoire très agricole possède de nombreux enjeux liés à la protection des milieux dans un contexte pédo-climatique particulier. Il semble donc nécessaire de maintenir et préserver la biodiversité des sols et des milieux pour améliorer, d'un point de vue agronomique, les sols cultivés. Cette préservation passe en partie par la mise en place de pratiques agro-écologiques de gestion des cultures et des espaces environnants.

Ce guide présente les résultats de la démarche REGAIN, mise en place depuis 2014. Le but principal de ce projet est d'accompagner les agriculteurs et agricultrices du plateau de Valensole dans la transition agroécologique par le développement de pratiques performantes, résilientes et préservant l'environnement.

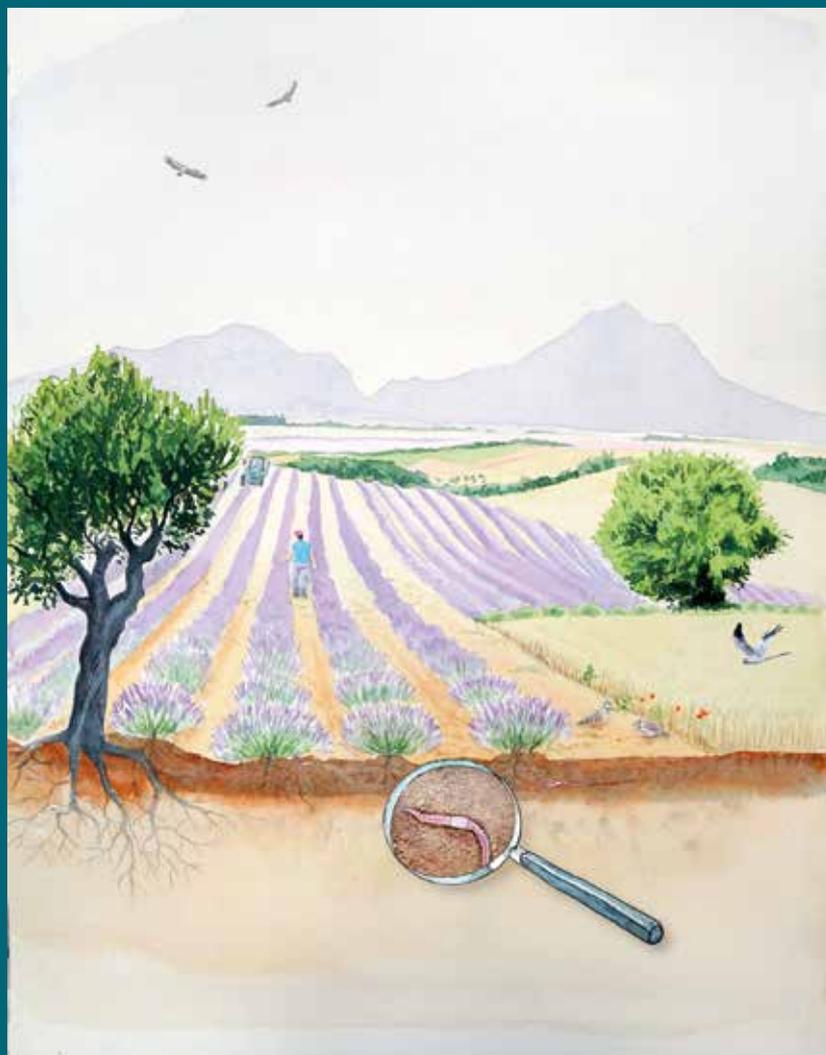


Illustration : ©Fabrice Hibert

Vous trouverez dans ce guide

- 1 livret rappelant les propriétés des sols et présentant les principaux résultats de la démarche REGAIN, le tout illustré de témoignages.
- 5 fiches techniques de tests à faire au champ pour mieux connaître ses sols.



PARC NATUREL RÉGIONAL DU VERDON
 Domaine de Valx
 04360 Moustiers-Sainte-Marie
 Tél. 04 92 74 68 00
 info@parcduverdon.fr

Suivez notre actualité sur notre site :
www.parcduverdon.fr



Guide pratique réalisé dans le cadre du partenariat Regain, démarche d'accompagnement des agriculteur.trice.s du plateau de Valensole vers l'agroécologie



Avec le soutien des partenaires financiers :

Grâce aux contributions techniques :



Parc naturel régional du Verdon
 Une autre vie s'invente ici