

Les sols du vignoble de Bourgogne : un patrimoine à préserver

#10 | JUIN 2025

LES CAHIERS

DU PÔLE TECHNIQUE & QUALITÉ





EDITO

Le sol est le trait d'union éternel entre nos vignes et nos vins. Sans lui, aucun des protagonistes ne peut exprimer son caractère ; et la chose est entendue : le sol évolue, et vite.

Plus personne ne peut ignorer les multiples facettes d'un sol sans risquer d'avoir des avis et de prendre des décisions bien trop fragiles. Douter quand on croit savoir, savoir quand on a levé le doute. C'est bien ce que le millésime 2024 nous aura appris, et il nous en restera une empreinte profonde. Celle d'une expérience enrichissante et à nulle autre semblable.

Par analogie, nos sols, si vivants, sont les témoins de ces expériences sur lesquelles repose notre belle Bourgogne. Ils sont fragiles, s'adaptent, reflètent patience et résilience.

Ce cahier technique s'emploie justement à ouvrir de nouvelles perspectives quant à nos décisions de techniciens dans nos vignes. Il ouvre aussi la voie pour aller plus loin qu'une simple qualification « d'argilo-calcaires » à l'égard de nos sols. Si notre curiosité, à nous professionnels, doit rester notre « nutriment » essentiel, elle doit pouvoir s'appuyer sur un socle de connaissances solides et fiables.

A commencer par la cartographie de nos sols, sa génétique en quelque sorte. La pédologie, la géologie, la lithologie portent en elles l'expression du lieu qui fait naître nos vins. C'est avec l'interview de deux experts, Françoise Vannier et Emmanuel Chevigny, que nous serons ici guidés dans les méandres de la Terre.

Leurs passions respectives sont des trésors pour nous aider à comprendre et clarifier ces disciplines et nous expliquer la formation des sols et les échelles. Ils reviennent sur un passé si lointain, fort de plusieurs dizaines de millions d'années, mais pourtant si influant sur notre présent.

Bientôt les diverses cartographies des sols de nos appellations seront parties prenantes dans nos fondamentaux, au même titre que l'œnologie ou le matériel végétal. Je me suis penchée avec la curiosité d'une enfant sur la cartographie des sols de l'appellation Fixin présentée dans ce bulletin. Passionnant.

La complexité des sols viticoles est aujourd'hui mieux comprise grâce à divers projets interprofessionnels comme Vitirhizobiome, GreffBourgogne ou Ecovisol. Ces initiatives brisent les anciennes frontières et aident les vigneron·nes à mieux appréhender les interactions entre la vigne et son sol vivant, dans un contexte climatique perturbé.

La pérennité des plantations repose sur des décisions agronomiques et techniques de plus en plus difficiles à prendre. Le projet GreffBourgogne, par exemple, met en lumière les interactions entre les porte-greffes et le sol, apportant des éléments essentiels à la réflexion.

Ce cahier se veut un outil d'aide à la décision, concret et pratique, permettant aux vigneron·nes d'affiner leur analyse des sols à travers des notions clés : biodiversité, fonctionnalité, toxicité, érosion, etc. Il contribue à une meilleure gestion des informations terrain pour une action plus efficace.



Les sols ne sont pas de simples supports agronomiques ; ils interagissent avec l'eau, le carbone et les racines de la vigne dans un réseau d'échanges complexes. Le projet DurasolVi illustre ces interactions à travers des indicateurs précis. Cette démarche permet de mieux comprendre des notions essentielles comme la biomasse microbienne, la matière organique ou la texture des sols.

Le projet Ecovitol souligne l'importance des pratiques culturales dans la lutte contre l'érosion et la pollution. La question de la toxicité du cuivre, abordée par Battle Karimi, suscite des débats. Toutefois, des avancées sont en cours pour limiter son usage, notamment via les systèmes de défenses naturelles (SDN).

Enfin, le projet MOCCA explore le rôle du carbone dans les sols bourguignons, apportant des éléments instructifs pour l'avenir. Face aux enjeux environnementaux, les préjugés n'ont plus leur place : il est crucial d'adopter une approche scientifique et pragmatique. Le dernier volet du bulletin met ainsi en avant la question de la réserve en eau des sols, sujet essentiel pour l'adaptation au changement climatique.

Le voilà le défi de demain : garder sagesse et humilité ; ne pas se laisser convaincre par les apparences, être toujours curieux quoi qu'il arrive. L'un de nos rôles aujourd'hui, changement climatique oblige, est de lutter contre les informations sûres et figées. Avec un accès toujours plus poussé à des techniques d'analyses, de diagnostics, d'outils, gageons de toucher du doigt l'infinie diversité des propriétés de nos sols de notre tant aimée Bourgogne.

— Ludivine GRIVEAU-GEMMA
Régisseur du Domaine des Hospices de Beaune

Sommaire

4 **Les sols : pédologie, géologie ou lithologie ?**

14 **Sol, eau et racines : des échanges complexes et complémentaires**

16 **Indicateurs principaux des sols viticoles**

18 **Sol & Biodiversité : une alliance pour une viticulture durable**

22 **Sol & Carbone, la clé de l'avenir ?**

28 **Sol & Eau**



LES SOLS : PÉDOLOGIE, GÉOLOGIE OU LITHOLOGIE ?

La pédologie est la science qui examine la composition, l'origine et les transformations du sol, tandis que la géologie se concentre sur l'étude des processus physico-chimiques qui façonnent et modifient la terre. Le terme lithologie fait référence à la description des caractéristiques physiques d'une unité rocheuse, telles que la couleur, la consistance et la composition, en se focalisant sur les aspects qui définissent l'apparence externe de la roche.

En s'intéressant à la **géologie**, on explore les périodes géologiques qui ont formé chaque couche du sous-sol et les raisons des différences entre elles. On cherche ensuite à décrire la composition de ce sous-sol, ce qui relève de la **lithologie**. Enfin, lorsqu'on examine la couche supérieure du sol, souvent les 30 derniers centimètres à la surface de la terre, on parle alors de **pédologie** pour décrire sa composition.

La composition du sol est liée aux différents processus de transformation de la croûte terrestre (géologie) et aux activités humaines. Par conséquent, l'analyse du sol est la première étape pour comprendre la production agricole : connaître le sol, ses caractéristiques et son potentiel offre un avantage pour la distribution et la consommation future des produits cultivés.

Le sol s'est formé par décomposition/désagrégation de la roche mère sous-jacente et par enrichissement en matières organiques provenant des végétaux et des animaux se déposant en surface.

En perpétuelle évolution notamment grâce à l'action de l'eau qui « descend » et qui « monte » le sol s'organise petit à petit en différents horizons ou couches (**pédogénèse, Figure 1**). Chaque horizon possède ainsi les mêmes caractéristiques du point de vue des couleurs, de l'humidité, de la texture, des éléments grossiers, de l'activité biologique, etc.

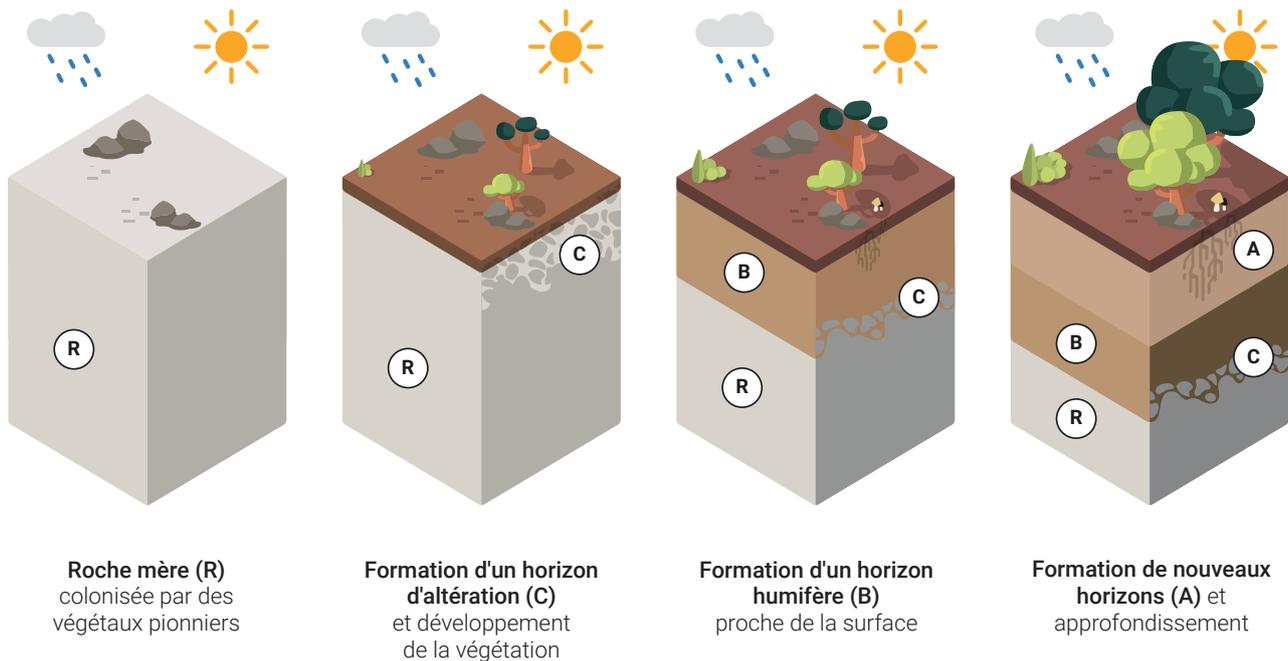


Figure 1 : Les principales étapes de la formation d'un sol

L'épaisseur des horizons peut être très variable et dépend de plusieurs facteurs comme l'âge du sol mais aussi de sa situation au sein d'un coteau par exemple. Afin de définir au mieux l'itinéraire technique sur ses parcelles, il convient de bien maîtriser ces termes et de connaître son sol.

Ces horizons (plus ou moins profonds, plus ou moins nombreux) peuvent être directement observés grâce à un profil cultural. De la surface du sol, on ne peut pas deviner son organisation interne avec ses caractéristiques et ses propriétés. Son étude détaillée ne peut se réaliser qu'en creusant des fosses et en réalisant des inventaires spatiaux comme la cartographie des sols. Certaines informations sur le sol ne sont accessibles que via un profil cultural. Il s'agit ainsi de l'outil à privilégier.

Ce qu'il faut retenir

- La pédologie étudie la composition, l'origine et les transformations du sol.
- La géologie analyse les processus physico-chimiques qui modifient la Terre.
- La lithologie correspond à l'étude des caractéristiques physiques d'une roche (couleur, consistance, composition) et de leur processus de formation.
- Dans le temps, le sol évolue en différentes couches influencées par de nombreux processus (biologiques, chimiques et physiques) qui participent à sa transformation ou sa différenciation, c'est la pédogénèse.

Qu'est-ce qu'une carte géopédologique ?

Une carte pédologique est un document conçu pour fournir une représentation aussi précise que possible de la nature, de la localisation et de la distribution des différentes catégories de sols étudiés. Les différentes cartes pédologiques sont élaborées selon l'objectif visé, ce qui détermine l'échelle et la précision de la représentation des unités. L'échelle dépend de la taille des objets à représenter et de la facilité à les délimiter. Par conséquent, il est crucial de comprendre ce que représente une ligne tracée sur la carte et une surface de terrain donnée.

Un autre aspect important dans le choix de l'échelle est la lisibilité de la carte, qui influence son interprétation et son utilité. Les surfaces représentées ne doivent pas être trop petites pour s'assurer que l'observateur puisse comprendre le terrain. Il est évident qu'à chaque échelle, un certain degré d'abstraction est nécessaire, particulièrement lorsque l'on passe d'une carte à grande échelle à une carte à petite échelle.

Ce qu'il faut savoir

Les différentes ressources de cartes de sols qui peuvent être utiles pour la région Bourgogne :

- Je cherche une cartographie sur une zone en particulier. J'utilise Refersols (Répertoire national des études cartographiques de sol) : <https://webapps.gissol.fr/georefersols/>
- Je cherche à connaître une information sur les UTS (Unité Typologique de Sols) de ma commune. J'utilise WEBSOL qui est une plateforme de mise à disposition de données pédologiques sur plus de 1200 sols en Bourgogne. <https://bourgogne.websol.fr/carto>
- Je cherche une information plus générale (maille de 16 x 16 km) je consulte les cartes du Gis Sol (Groupement d'intérêt scientifique Sol) : le Gis Sol a publié plus de 150 cartes dans le Rapport des sols de France de 2011 qui reflète l'état de la qualité des sols. <https://www.gissol.fr/donnees/cartes>
- Je cherche des informations géologiques générales sur la Bourgogne. Je consulte la carte géologique sur Geoportail : <https://www.geoportail.gouv.fr/carte>

En France, le GEPPA (Groupe d'Étude des Problèmes de Pédologie Appliquée) a défini les échelles requises pour la valorisation d'une région :

- a. Pour la planification régionale, les cartes pédologiques doivent avoir une échelle comprise entre 1/200 000 et 1/50 000.
- b. Pour la mise en valeur d'un secteur spécifique ou une appellation, l'évaluation des aptitudes culturales nécessite une cartographie à une échelle de 1/20 000 ou plus.
- c. Au niveau de la parcelle, une échelle de 1/5 000 est nécessaire.

Et les cartes en Bourgogne ?

Pour aller plus loin, certains ODG ont réalisé des cartographies précises de leurs sols avec les détails de différentes parcelles.

L'enveloppe communication des appellations du BIVB a permis de réaliser de nombreuses cartes géologiques/pédologiques du vignoble.

Pour avoir accès à ces cartes, n'hésitez pas à vous rapprocher de votre ODG ou du BIVB.

Si vous êtes intéressés pour réaliser une cartographie de votre appellation, n'hésitez pas à déposer votre dossier sur l'extranet du BIVB :

Accueil > Interprofession > Aides pour ODG > Communication collective



VIGNOBLE / APPELLATION

CÔTE DE NUITS & HAUTES CÔTES DE NUITS

Fixin et Côte de Nuits villages

Gevrey-Chambertin

Morey-Saint-Denis

Chambolle-Musigny

Clos de Vougeot

CÔTE DE BEAUNE & HAUTES CÔTES DE BEAUNE

Corton

Corton-Charlemagne

Saint-Aubin

Santenay

CÔTE CHALONNAISE ET CÔTES DU COUCHOIS

Rully

Mercurey

Bouzeron

MÂCONNAIS

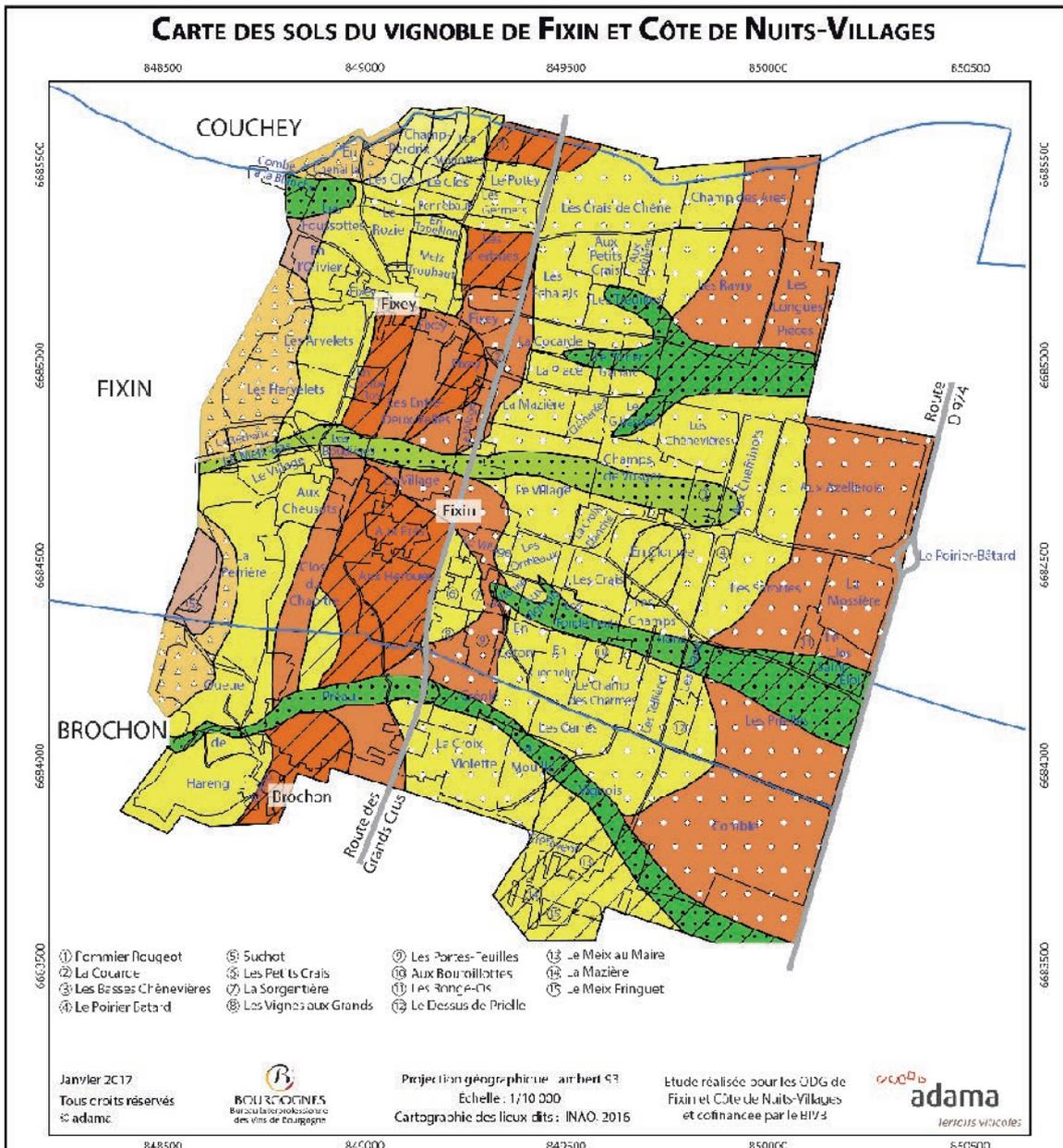
Saint-Véran

Pouilly-Fuissé

CHABLIS, GRAND AUXERROIS & CHÂTILLONNAIS

Bourgogne Coulanges-la-Vineuse

Vézelay



<p>SOLS SUR FORMATIONS ALLUVIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> Sol argileux, non calcaire ou peu calcaire, épais, sur alluvions fines Sol argileux, non calcaire, épais, sur alluvions fines Sol argileux, non calcaire, très épais (>100 cm), hydromorphe en profondeur, sur alluvions fines Sol argileux ou limono-argilo-sableux, faiblement à moyennement calcaire, plus ou moins épais (30 à 70 cm), sur cône alluvial et/ou conglomérats d'âge Oligocène Sol argilo limono sableux, non calcaire, épais, sur cône alluvial <p>SOLS SUR FORMATIONS MARNEUSES</p> <ul style="list-style-type: none"> Sol argilo limono-sableux, non calcaire, très épais (>100 cm), hydromorphe en profondeur, sur marnes sableuses (Lias) Sol limono-sablo-argileux à argilo-limono-sableux, hypercalcaire, épais, hydromorphe en profondeur sur Marnes de Bresse Sol argilo-limono-sableux, calcaire, épais, hydromorphe en profondeur sur marnes sableuses (Lias) 	<p>SOLS SUR FORMATIONS CALCAIRES</p> <ul style="list-style-type: none"> Sol argilo limono sableux, hypercalcaire, peu épais (<40 cm), issu de l'alteration de colluvions déposées sur des calcaires variés Sol argilo limono sableux, calcaire peu épais (<50 cm), sur formations variées (Calcaires de Prémieux, Calcaires à Entroques, Marnes à <i>Ostrea acuminata</i>) Sol argileux, faiblement calcaire, épais (>50 cm), sur calcaires curs variés (Calcaires de Prémieux, Calcaires à Entroques, Oolithe 3 enche) Sol argileux, non calcaire, peu épais (<50 cm) sur calcaires durs de Prémieux Sol argileux, non calcaire épais, sur Calcaires à Entroques
--	--

Exemple d'une carte réalisée par l'entreprise ADAMA :
Vignoble de Fixin et Côte de Nuits Villages



Comment cartographier le vignoble de Bourgogne ?

Afin de comprendre comment établir une carte de sols, nous sommes allés à la rencontre de Françoise Vannier et d'Emmanuel Chevigny, associés chez ADAMA, entreprise d'Etudes et d'Expertise des terroirs viticoles.

Françoise Vannier, que signifie être géologue ? Pourriez-vous nous résumer votre métier ?

La géologie, c'est la connaissance de l'histoire de la Terre, la connaissance des roches, de leur distribution. Donc la géologie c'est vraiment la nature de la roche qui est dans le sous-sol, c'est la distribution des roches et les différents types de roches.

Etes-vous spécialisée dans les sols viticoles ?

En termes de géologie, je n'étais initialement pas destinée à travailler avec les viticulteurs car je venais du secteur pétrolier. Cependant, au début des années 2000, grâce à des rencontres avec des vignerons, j'ai commencé à collaborer avec eux. Je me suis aperçue qu'ils parlaient de terroir et d'argilo-calcaire, mais qu'ils manquaient d'éléments techniques à ce moment-là. J'ai donc commencé à étudier leurs besoins et j'ai constaté que les cartes et les données disponibles étaient insuffisantes. J'ai compris que je pouvais leur apporter mon aide. Depuis, cela fait 24 ans que je travaille avec eux !

Emmanuel Chevigny, votre domaine de compétence est plutôt la pédologie. Pouvez-vous nous en donner votre définition ? C'est la science du sol. Je me suis spécialisé dans le sol viticole dès le Master, le sujet de mes travaux de recherche était l'érosion des sols viticoles, et après j'ai continué à travailler sur les sols viticoles dans le cadre d'une thèse de doctorat, qui a été co-financée par la région Bourgogne et par le BIVB, sur la cartographie des sols par imagerie à haute résolution.

Après mon doctorat, je suis allé plus fréquemment sur le terrain et Françoise m'a montré un peu de géologie puis nous avons bien sympathisé, et c'est comme ça qu'en **2015 est née Adama, entreprise d'Etudes et d'Expertise des terroirs viticoles**. Depuis nous avons pu réaliser à la fois des cartes de sols et de sous-sols.

La géologie et la pédologie sont-elles complémentaires en viticulture ?

C'est important de caractériser les deux en viticulture, puisque la racine de la vigne ne va pas s'arrêter obligatoirement à la limite du sol, elle peut plonger dans le sous-sol. On travaille ensemble pour offrir une compréhension complète et détaillée des sols viticoles, intégrant à la fois les aspects de surface et de profondeur, ce qui est essentiel pour une gestion efficace et une optimisation de la production viticole.

Quel est l'intérêt de cartographier le sol des vignobles ?

De connaître leur nature et leur distribution spatiale. Cela va permettre d'optimiser la plantation en choisissant les types de porte-greffes et de variétés de vigne appropriés, ce qui aide à éviter des problèmes comme la chlorose due à des niveaux élevés de calcaire actif en profondeur. De plus, la cartographie aide les viticulteurs à gérer la variabilité intra-parcellaire en identifiant les différentes zones au sein de leurs parcelles, ce qui peut inclure des vendanges séparées et des vinifications distinctes, optimisant ainsi la qualité du vin. Les caractéristiques du sol et du sous-sol étant stables et ne changeant pas, la cartographie fournit des informations durables pour la gestion future des vignobles, facilitant la replantation et l'entretien efficace des vignes. Enfin, les informations sur la profondeur et la composition du sol et du sous-sol permettent de mieux planifier et adapter les techniques de culture, d'irrigation et de fertilisation, améliorant ainsi la santé et la productivité des vignes.

Comment établit-on concrètement une carte pédologique ? Quelles sont les différentes étapes de l'élaboration d'une cartographie ?

Pour établir concrètement une carte pédologique, le processus commence par la collecte d'informations disponibles, notamment les données géologiques. Le travail débute au bureau, en utilisant un système d'information géographique (SIG) pour choisir l'échelle adaptée à la zone d'étude. Ensuite, on analyse les variations du sous-sol et la topographie, car elles influencent le type de sol.

La planification des sondages se fait en déterminant les points en fonction de l'échelle choisie. À l'aide d'une tarière, des forages sont réalisés jusqu'à 1m10 de profondeur pour caractériser les sols, en identifiant les horizons et leurs propriétés physiques et chimiques. Les données sont ensuite comparées aux normes du Référentiel Pédologique Français (RPF).

Les sondages similaires sont regroupés pour former des unités cartographiques de sol (UCS). Pour chaque UCS, des fosses pédologiques sont ouvertes pour des observations et des prélèvements de sol plus détaillés. Ces observations permettent d'examiner les racines, la structure du sol et les horizons plus profonds.

Les données pédologiques et géologiques sont ensuite croisées et validées pour obtenir une cartographie homogène. Le résultat final est une carte pédologique précise, qui intègre les interactions entre le sol et le sous-sol, fournissant des informations essentielles pour la gestion des terres agricoles.

Pour finir, selon vous, quelle est la règle la plus importante à respecter pour un sol avant plantation ?

L'observer pour connaître sa nature et donc ses spécificités.

LES RÈGLES D'OR DE LA PLANTATION

Réussir sa plantation
ça s'anticipe !



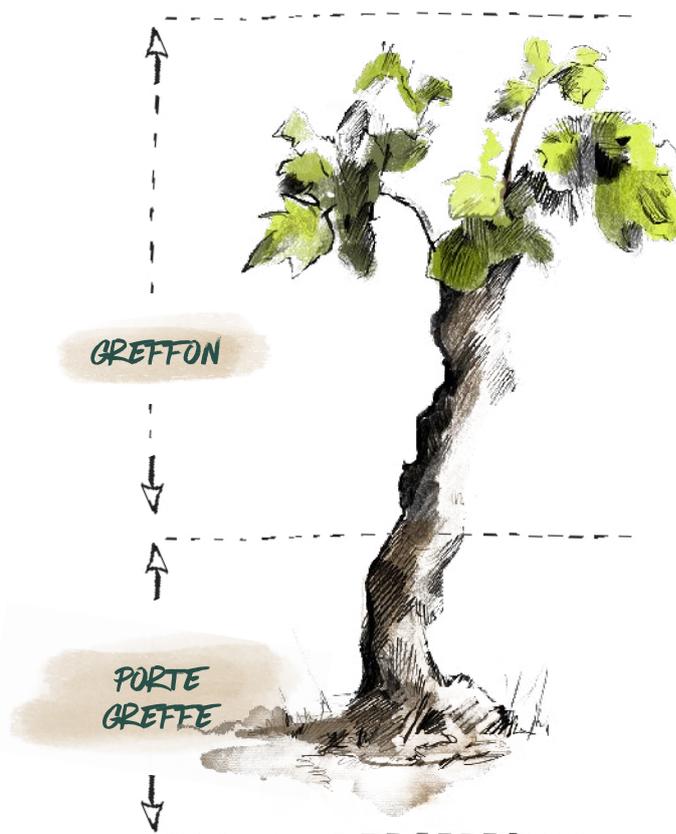
V Vignerons P Pépiniériste



En viticulture, le greffage de la vigne est connu depuis l'antiquité mais c'est depuis la crise du Phylloxéra que cette pratique est largement répandue. Utilisée à l'époque pour ses effets sur la fructification, elle permet aujourd'hui de se protéger du puceron ayant ravagé des milliers d'hectares de vignes au 19ème siècle et bien plus encore.

Le greffage consiste à assembler deux variétés de vigne, une qui donnera le système racinaire, l'autre productrice des feuilles et des fruits. Le porte-greffe se trouve donc à la jonction du sol et de la canopée. Il est en interaction avec le sol mais aussi avec les cépages que nous connaissons bien.

Les différents tissus créés au niveau du point de greffe permettent à la sève de circuler dans la plante ce qui constitue l'interaction entre le porte-greffe et le cépage. Elle s'observe par des aptitudes conférées comme la vigueur ou le rendement. Ces paramètres peuvent varier selon les associations de variétés et sont suivis dans le cadre du projet GreffBourgogne pour étudier des porte-greffes d'intérêt réputés tolérants à la sécheresse en conditions bourguignonnes.





Étude des porte-greffes



PLATEFORMES
D'EXPERIMENTATION



LE RESEAU
DE PARCELLES



LE RESEAU
D'OBSERVATION VIGNERON



OBJECTIF

Comparer différents porte-greffes au sein d'une même parcelle, dans des conditions uniques et en suivant un protocole complet d'observation par les organismes techniques

Suivre le comportement des porte-greffes dans une grande diversité de conditions pédoclimatiques pour connaître l'étendue de leur adaptabilité

LISTE DES PORTE-GREFFES OBSERVÉS

420A, 5C, 5BB, Fercal, 34EM, RSB1, 1103P, 333EM, 110R, 140Ru, 41B, SO4

420A, 5C, 5BB, Fercal, 34EM, RSB1, 1103P, 333EM, 110R, 140Ru, 41B, SO4, 3309C, Gravesac

420A, 5C, 5BB, Fercal, 34EM, RSB1, 1103P, 333EM, 110R, 140Ru, 41B, 3309C, Gravesac, etc.

NOMBRES DE SITES

3 plateformes

30 parcelles

25 domaines

L'interaction avec le sol se fait de diverses façons, biologiquement, chimiquement et physiquement. Il est donc essentiel d'adapter le porte-greffe au type de sol. Certaines variétés seront plus adaptées aux sols calcaires, aux sols secs ou aux sols humides. Par exemple, le Fercal et le 41B sont connus pour leur adaptation aux sols calcaires, c'est également le cas du 333EM. Les porte-greffes sont également plus ou moins sensibles aux bioagresseurs comme le phylloxéra mais aussi aux différents nématodes. Il s'agit d'un vrai levier d'adaptation, d'abord au type de sol et aux bioagresseurs mais également au changement climatique.

En effet, la capacité d'extraction de l'eau est variable selon les porte-greffes. Ce paramètre ainsi que la régulation de la transpiration participent à l'identification de porte-greffes réputés tolérants à la sécheresse dans la littérature. C'est le cas du 110R, du 1103P et du 333EM par exemple. Les données récoltées dans le cadre du programme GreffBourgogne permettront de confirmer ou non ces informations. La plasticité de ces porte-greffes, c'est-à-dire leur comportement dans différentes situations et différents modes de conduites, est aussi évaluée.

SOL, EAU ET RACINES : DES ÉCHANGES COMPLEXES ET COMPLÉMENTAIRES

Le sol est le réservoir des plantes. Il a une influence directe sur la croissance à travers la disponibilité des nutriments et de l'eau. Les différents porte-greffes développent ainsi de nombreuses racines et radicelles qui permettent d'aller chercher ces éléments vitaux. Les interactions racinaires revêtent ainsi une grande importance pour la vigne tant pour sa santé que pour la qualité de ses fruits de plusieurs façons.



ABSORPTION DES NUTRIMENTS

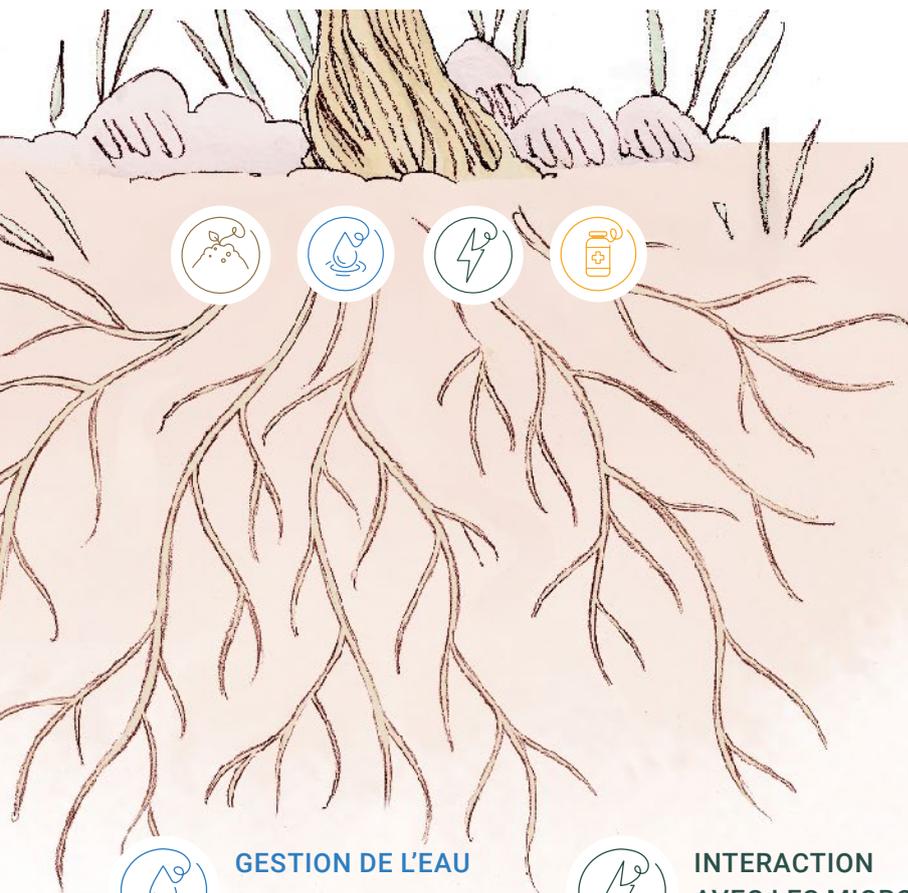
Les racines de la vigne absorbent les nutriments essentiels (azote, phosphore, potassium) et, grâce aux micro-organismes, optimisent leur disponibilité et absorption.

Exemple de projet > Vitirhizobiome

Le projet Vitirhizobiome explore l'impact du microbiome sur la vigne, analysant l'interface sol-plante et l'architecture racinaire en imagerie 3D.

Pour aller
plus loin :





GESTION DE L'EAU

Les racines de la vigne optimisent la gestion de l'eau via des interactions microbiennes et la recherche d'humidité, cruciales en période de sécheresse.

Exemple de projet > GreffBourgogne

Le projet GreffBourgogne a pour objectif, entre autres, d'évaluer la tolérance à la sécheresse des porte-greffes conseillés avec notamment la mise en place de plateformes expérimentales.

GreffBourgogne > Voir page 13

Pour aller plus loin :



INTERACTION AVEC LES MICRO-ORGANISMES BÉNÉFIQUES

Les racines de la vigne collaborent avec des mycorhizes et rhizobactéries, améliorant l'absorption des nutriments, la résistance aux maladies et la structure du sol pour une meilleure croissance.

Exemple de projet > EcoVitiSol

Le projet EcoVitiSol étudie l'effet des pratiques viticoles sur la biodiversité des sols, analysant 150 parcelles et impliquant les viticulteurs via les sciences participatives.

EcoVitiSol > Voir page 19

Pour aller plus loin :



RÉSISTANCE AUX MALADIES ET AUX STRESS ABIOTIQUES

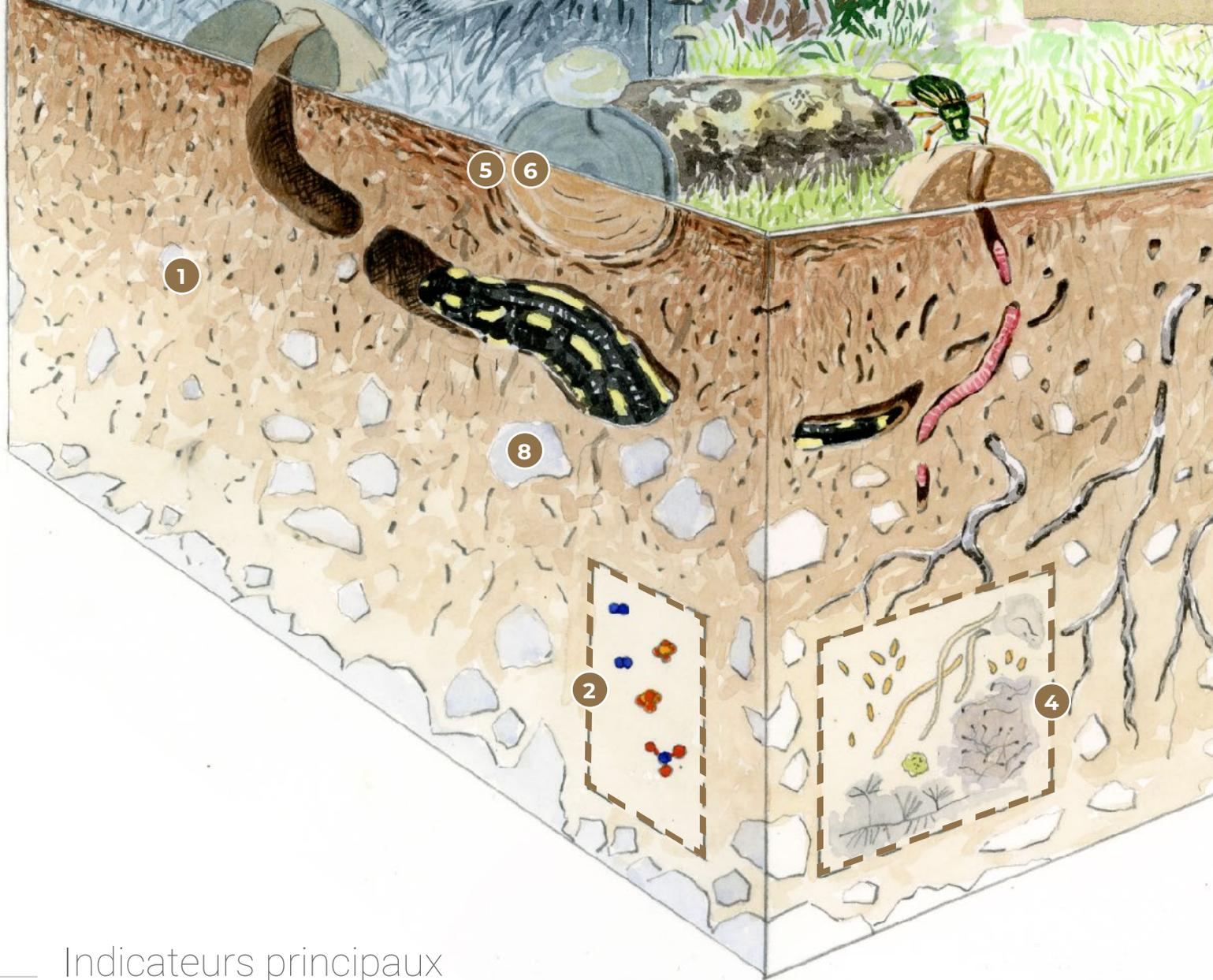
Les interactions racinaires renforcent la vigne contre les maladies et le stress abiotiques, favorisant la compétition avec les pathogènes et l'adaptation à la salinité et aux variations de températures.

Exemple de projet > Holoviti

HOLOVITI identifie des bio-indicateurs sol-plante pour diagnostiquer les vignobles et évaluer la mycorhization face au dépérissement.

Pour aller plus loin :





Indicateurs principaux des sols viticoles*

CE QUE JE PEUX OBSERVER

- 1 ERODIBILITÉ**
Sensibilité d'un sol à l'érosion par l'eau ou le vent
- 2 BATTANCE**
Stabilité et structure du sol, compaction superficielle du sol due aux pluies, formation d'une croûte après ressuyage
- 3 CHOIX DU PORTE-GREFFE (VOIR CAHIER TECHNIQUE PG) :**
Réputés tolérants à la sécheresse : 140RU, RSB1, 33EM
Adaptés aux sols calcaires : Fercal, 41B
- 4 TASSEMENT**
Compactage du sol réduisant l'aération, le drainage et le développement racinaire optimal

CE QUE JE PEUX MESURER

- 1 AZOTE TOTAL / DISPONIBLE**
entre 30 et 40 mg/kg de sol
- 2 TENEUR EN MINÉRAUX (P, K, MG, CA, S)**
- 3 CAPACITE D'ÉCHANGE CATIONIQUE**

100
meq/kg



169
meq/kg



250
meq/kg

- 4 BIOMASSE MICROBIENNE**

200
mg de C/kg
de terre sèche



430
mg de C/kg
de terre sèche



600
mg de C/kg
de terre sèche

La biomasse microbienne > entre 2 et 3% du Corg total des sols (2,4 % moy Bourgogne)



5 MATIÈRE ORGANIQUE

1,5%
de sol



3,1%
de sol



4%
de sol

6 RAPPORT C/N

8
unité



10,7
unité



12
unité

7 RÉSERVE UTILE (VOIR PAGE 29)

0,5
mm/cm de sol



0,95
mm/cm de sol



1,8
mm/cm de sol

OU RU TOTALE :

40
mm de sol



80
mm de sol



120
mm de sol

8 PIERROSITÉ (EXPRIMÉ EN %)

Taille et quantité d'éléments grossiers dans le sol, influence le drainage, la nutrition, la structure, la rétention d'eau et le développement racinaire

(FAIBLE)

(MOYEN)

(ÉLEVÉ)

* valeurs moyennes mesurées sur 100 parcelles de Bourgogne dans le cadre du projet DuraSolVi en 2018.

SOL & BIODIVERSITÉ : UNE ALLIANCE POUR UNE VITICULTURE DURABLE

Terre nourricière, support de nos villes et de toute vie biologique terrestre, archive de notre passé, le sol est un milieu multifonctionnel qui fait partie de notre environnement quotidien. Situés à l'interface avec les autres compartiments de l'environnement – l'eau, l'air et la biosphère – « les sols sont au cœur de grands enjeux planétaires comme la sécurité alimentaire, le changement climatique, la disponibilité en eau de qualité et la biodiversité » résume le dernier rapport du Gis Sol⁽¹⁾. Or, comme le rappelle la FAO⁽²⁾, « de nombreuses zones agricoles sont menacées par une baisse progressive de leur capacité productive, dans un contexte de pression démographique excessive et de pratiques agricoles qui détériorent l'environnement ».

Ce qu'il faut retenir

Le sol est uniquement composé de 0,5 à 5% de matière vivante et près de 95% de matière non vivante (45 à 50% de matière minérale, 25 à 30% d'air et eau et 2 à 10% de matière organique non vivante). Les sols représentent en masse 70% de la biodiversité terrestre.

Tout comme la qualité des sols est inégalement répartie à la surface du globe, leur état de dégradation n'est pas non plus le même partout, les régions subtropicales étant plus touchées que l'hémisphère Nord. Mais en Europe, les sols ne sont pas pour autant exempts de pressions. Érosion et disparition sont les principales formes de dégradation, selon la Commission Européenne. À l'échelle française, l'urbanisation consomme de façon irréversible l'équivalent d'un département tous les 7 à 10 ans, majoritairement sur des terres à bon potentiel agronomique. Les usages non adaptés et les pressions polluantes contribuent à dégrader cette ressource, considérée comme non renouvelable à notre échelle humaine : les sites pollués d'anciennes usines n'autorisent plus de réallocation des terres, les coulées de boues sur des sols non couverts et en pente provoquent des dommages d'ouvrages en aval, l'imperméabilisation des sols urbanisés fait disparaître des surfaces de production agricole... La préservation des sols passe par une gestion durable, les bonnes pratiques consistant à prendre en compte leurs caractéristiques et leur sensibilité, ainsi qu'à adapter au mieux les usages. Cela sous-entend de bien connaître le fonctionnement des sols pour préserver ce capital unique qui garantit des vins de qualité sur le long terme.

¹ Groupement d'intérêt scientifique Sol

² Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture



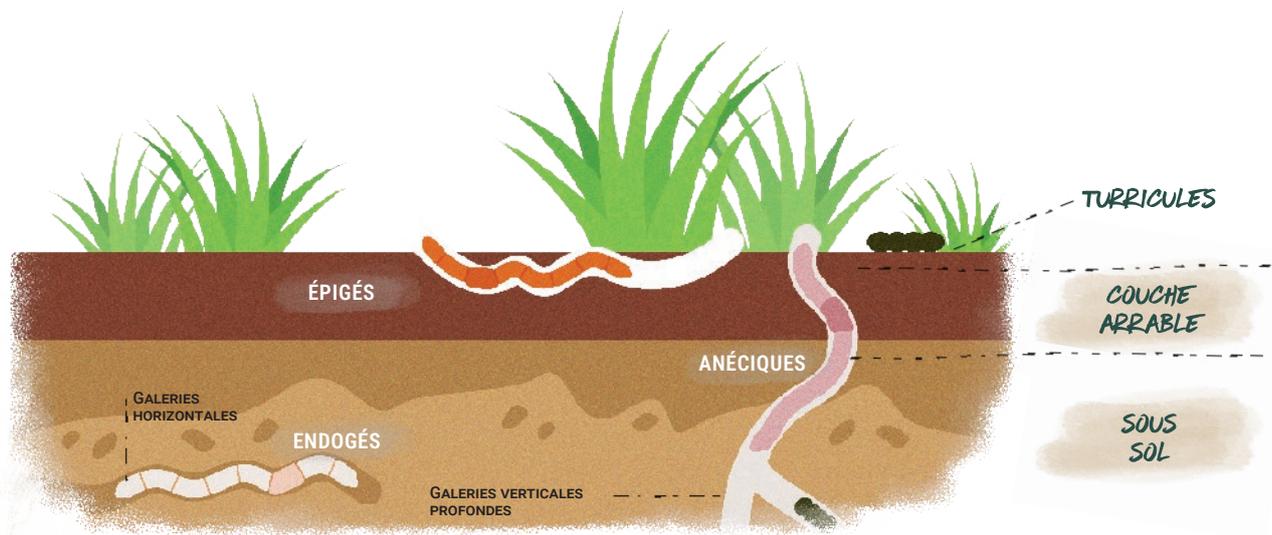
Biodiversité & Pollution : le projet Ecovitol

Ce programme de recherche, lancé en 2019 par l'INRAE de Dijon, avait pour objectif d'analyser la vie des sols viticoles selon trois modes de culture différents (conventionnel, biologique et biodynamique), durant trois ans. Un réseau de 156 parcelles a été constitué avec l'aide du BIVB (un tiers pour chaque méthode culturale), réparties sur l'Alsace, la Côte de Nuits, la Côte de Beaune et la Côte Chalonnaise. L'analyse des données a permis de conclure qu'un vignoble enherbé, même en conventionnel, a une vie microbienne plus riche qu'un sol cultivé biologiquement sans un brin d'herbe entre les rangs. L'étude montre aussi la façon dont la biodynamie stimule la qualité microbiologique des sols par rapport aux agricultures biologique et conventionnelle.

Vous pouvez retrouver plus d'informations sur le projet Ecovitol sur la plateforme de l'INRAE : <https://ecovitol.hub.inrae.fr/>.

Par ailleurs, dans le cadre du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS) du GIS sol, une cartographie de la répartition de la biomasse moléculaire microbienne a été établie à l'échelle française. De cette cartographie initiale, une carte représentant les variations à l'échelle nationale a été dessinée dans l'Atlas français des bactéries du sol. Dans les principales régions viticoles françaises, les sols présentent une biomasse microbienne relativement faible par rapport à d'autres régions agricoles. La situation s'explique en grande partie par certaines pratiques viticoles, telles que le travail intensif du sol ou l'absence d'enherbement. Les paramètres physico-chimiques des sols, comme le pH, la texture ou la teneur en matière organique, influencent également de manière significative la répartition et l'activité de la biomasse microbienne.





Vers de terre, les soldats de la vigne

Dans le vignoble, leur présence reflète un sol en bonne santé. Ils sont de grands acteurs de la qualité de nos sols. En créant des galeries, ils facilitent l'infiltration de l'eau, la circulation de l'air, le développement des racines de la vigne et des micro-organismes de son agroécosystème. Cependant, les parcelles de vignes, culture pérenne avec un sol souvent moins riche en matières organiques que les forêts par exemple, abritent moins de vers de terre en surface. Ces organismes sont pourtant essentiels pour maintenir la structure du sol et prévenir l'érosion, faisant des vers de terre des acteurs indispensables pour nos cultures. Bien que l'étude de l'impact du cuivre seul soit compliquée à l'échelle de la parcelle et que plusieurs facteurs agissent sur l'activité du cuivre dans le sol, de nombreux chercheurs s'intéressent à la toxicité du cuivre sur les vers de terre.

Plusieurs études scientifiques (Karimi, 2019 ; Pelosi et al., 2024) ont montré des effets négatifs du cuivre sur les lombriciens :

- Une concentration de 95 mg Cu/kg de sol sec peut réduire significativement leur reproduction.
- Une concentration de 110 mg Cu/kg de sol sec peut entraîner une augmentation de la mortalité.

Ces résultats ont été obtenus en laboratoire. En conditions réelles, les effets du cuivre peuvent varier en fonction du type de sol, du pH, de la teneur en matière organique et de l'historique des apports.

Ce qu'il faut retenir

Les vers de terre sont des indicateurs clés de la qualité des sols. En France, on recense une centaine d'espèces de vers de terre, classées en trois catégories écologiques : les épigés, vivant en surface, les anéciques, creusant des galeries verticales, et les endogés, se déplaçant dans les couches profondes du sol.

Pourquoi rester vigilant ?

Le cuivre est un élément non dégradable. Il s'accumule au fil des années, notamment dans les couches superficielles du sol, et peut rester actif sur le long terme. Même sans apport récent, une concentration élevée peut continuer à impacter les organismes du sol.

Bonnes pratiques :

Quel que soit le mode de conduite, les pratiques suivantes permettent de limiter les effets du cuivre sur la faune lombricienne :

- Ajuster les apports à la dose minimale efficace ;
- Réaliser un bilan historique des apports ;
- Suivre les teneurs en cuivre total et biodisponible dans les sols ;
- Introduire ou maintenir des couverts végétaux ;
- Favoriser les apports réguliers de matière organique stable (composts, amendements organiques) ;
- Observer la faune lombricienne tous les 3 à 5 ans.



SOL & CARBONE, LA CLÉ DE L'AVENIR ?

Comprendre les sols : le projet DuraSolVi

Le projet DuraSolVi, piloté par le BIVB jusqu'en 2019, a rassemblé les services viticoles des Chambres d'Agriculture de Côte-d'Or, de Saône-et-Loire et de l'Yonne, le laboratoire SEMSE et un laboratoire de l'Université de Bourgogne (UMR ArTeHis) autour d'un réseau d'une centaine de parcelles en Bourgogne. Ce programme avait pour objectif général de donner aux vignerons participants des indicateurs et références leur permettant de gérer leurs itinéraires culturaux en conciliant l'entretien du patrimoine sol et la réalisation de leurs objectifs viti-vinicoles : vigueur de la vigne, rendement et qualité de la récolte.

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées par les laboratoires CESAR et AUREA, l'analyse des matières organiques et de qualité biologique par le laboratoire SEMSE, selon ses méthodes utilisées depuis longtemps en Bourgogne.



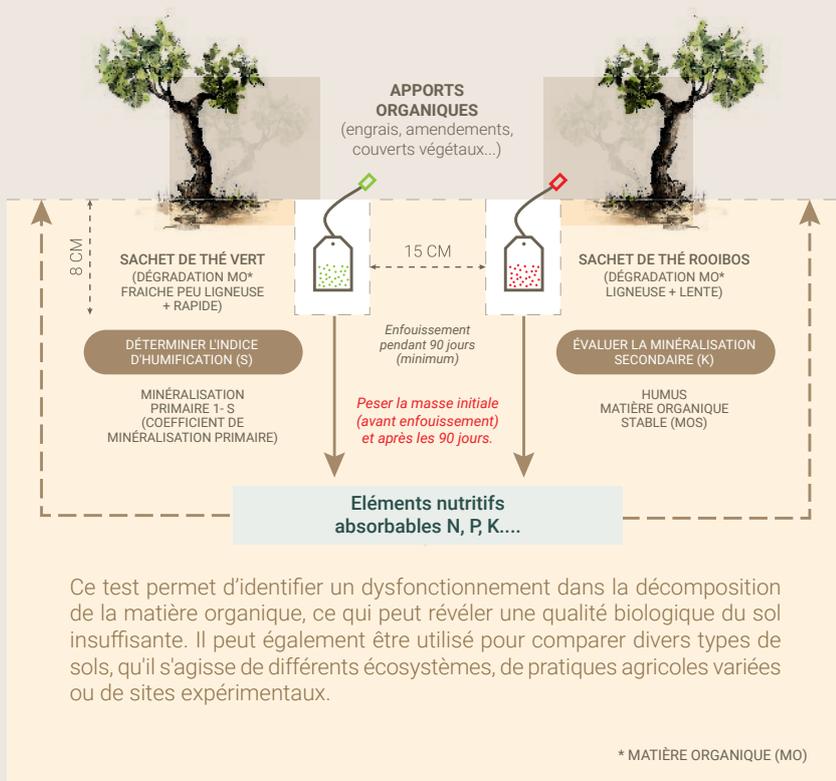
Accéder au cahier technique
du projet DURASOLVI

COMPARAISON DES TESTS D'INDICATEURS TERRAIN POUR ÉVALUER LA QUALITÉ BIOLOGIQUE DES SOLS

Le projet DuraSolVi a permis d'évaluer différents indicateurs de la qualité biologique des sols bourguignons afin de déterminer les indicateurs les plus pertinents, pouvant être mis en place facilement sur les exploitations. Six tests différents ont été évalués. Le principe de ces tests ainsi que leurs avantages et inconvénients sont présentés sur cette fiche.

Après avoir déployé l'ensemble des tests dans le contexte Bourguignon, les deux tests « Tea-bag » et « Test bêche » semblent les plus pertinents.

1 Test tea-bag index



Ce test permet d'identifier un dysfonctionnement dans la décomposition de la matière organique, ce qui peut révéler une qualité biologique du sol insuffisante. Il peut également être utilisé pour comparer divers types de sols, qu'il s'agisse de différents écosystèmes, de pratiques agricoles variées ou de sites expérimentaux.

Le test permet de mesurer la vitesse de décomposition de la matière organique dans vos sols, en enfouissant trois sachets de chaque type de thé (l'un de thé vert, l'autre de rooibos), puis en comparant la perte de masse tout au long de la saison (du printemps à l'automne).

Le **sachet de thé vert** permet de déterminer l'**indice d'humification (S)** et celui de **rooibos** d'évaluer la **minéralisation secondaire (K)**.

- Si la valeur de S est élevée cela signifie que la minéralisation primaire est faible et l'humification élevée.
- Si la valeur de K est élevée, alors la minéralisation secondaire est élevée et l'humus dégradé.

Ce test ne concerne que la décomposition de matière organique d'origine végétale. Il ne fournit que des indices permettant de dégager des pistes pour d'éventuels changements de pratiques. D'autres indicateurs comme le taux de respiration du sol (voir MOCCA et tour à flux), l'abondance des organismes du sol (vers de terre, micro-organismes), ou le rapport C/N (carbone/azote) peuvent aussi être utilisés pour analyser la décomposition de la matière organique.

Pour aller plus loin :



2 Test bêche

Le test bêche peut être utilisé pour analyser la structure superficielle du sol, ce qui permet d'obtenir des informations sur sa **stabilité structurale** (érosion ou tassement) et sur son **activité biologique**.



Motte gamma



Motte delta b



Motte delta

Comme pour le Tea Bag index, il s'agit d'un indicateur qui permet d'envisager une évolution de vos pratiques.

La caractérisation des mottes et de leurs organisations dans le bloc de terre prélevé permet d'aboutir à une classification et à un niveau de sensibilité vis-à-vis du tassement.

L'objectif est d'avoir une dominante de mottes gamma ou de terre fine, dans une moindre mesure de mottes delta b.

Les mottes delta sont à éviter.

Faites-vous-même le Test bêche afin d'identifier et compter les vers de terre de votre parcelle :



3

Test Physio-Cap®: un indicateur de terrain pour mesurer la biomasse des sarments de vigne

Ce test permet d'acquérir des données sur les bois de l'année (nombre et diamètre) grâce à un capteur, afin de cartographier la **vigueur du vignoble** et d'adapter vos pratiques.



- + Capteur adaptable sur tout type de matériel
- + Adapté pour un suivi pluri-annuel d'une même parcelle
- + Dénombrement et estimation de la vigueur d'une même parcelle

- Absence de référence
- Difficile de comparer des parcelles entre elles
- Contrainte pratique
- Peu utilisable par des viticulteurs en direct
- Nécessite un technicien expérimenté pour l'interprétation des données

4

Test de la flore bio-indicatrice pour mieux comprendre le fonctionnement du milieu

Le sol est un réservoir de graines, qui germent si les conditions sont favorables. Elles révèlent alors l'**état d'un milieu** à un moment donné. La méthode PromoNature forme les agriculteurs à cette approche, accompagnée d'encyclopédies explicatives sur les plantes bio-indicatrices.



Rumex obtusifolius
Engorgement en eau et matière organique



Convolvulus arvensis
Excès d'azote et compactage des sols

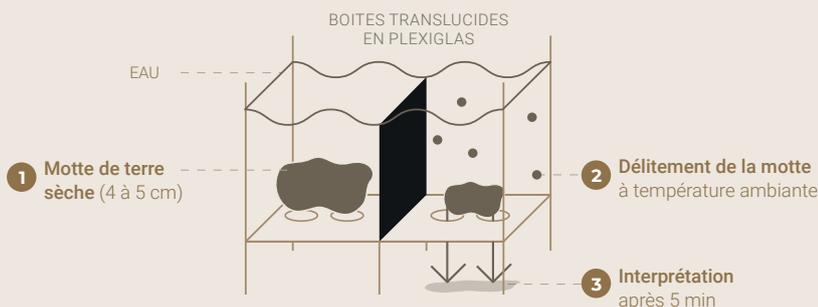
- + Autonomie pour l'agriculteur
- + Facilité de mise en place
- + Adapté pour un suivi pluri-annuel d'une même parcelle

- Flore similaire sur l'ensemble du département
- Nécessite des connaissances en botanique
- Suivi uniquement de la diversité

5

Test Kit ABSol® pour déterminer la stabilité du sol

Ce test permet de déterminer la stabilité d'un sol, en regardant la vitesse d'effondrement de mottes de terre plongées dans l'eau.



- + Rapide et peu coûteux (50 € HT)
- + Autonomie dans la réalisation du test pour le viticulteur

- Méthode en cours de validation
- Protocole à affiner
- Contrainte pratique
- Evaluation approximative des résultats
- Peu répétable

6

Test pénétromètre pour évaluer la compaction des sols

La vigne puise dans le sol de nombreux éléments essentiels pour son développement. Dans certains cas, un sol trop compact peut être à l'origine d'une perte importante de rendement.

Le pénétromètre est un appareil de mesure de la **dureté d'un sol**. En appliquant une pression équivalente sur les deux poignées, une sonde est introduite dans le sol à une profondeur pouvant aller jusqu'à 3 mètres en fonction des modèles.

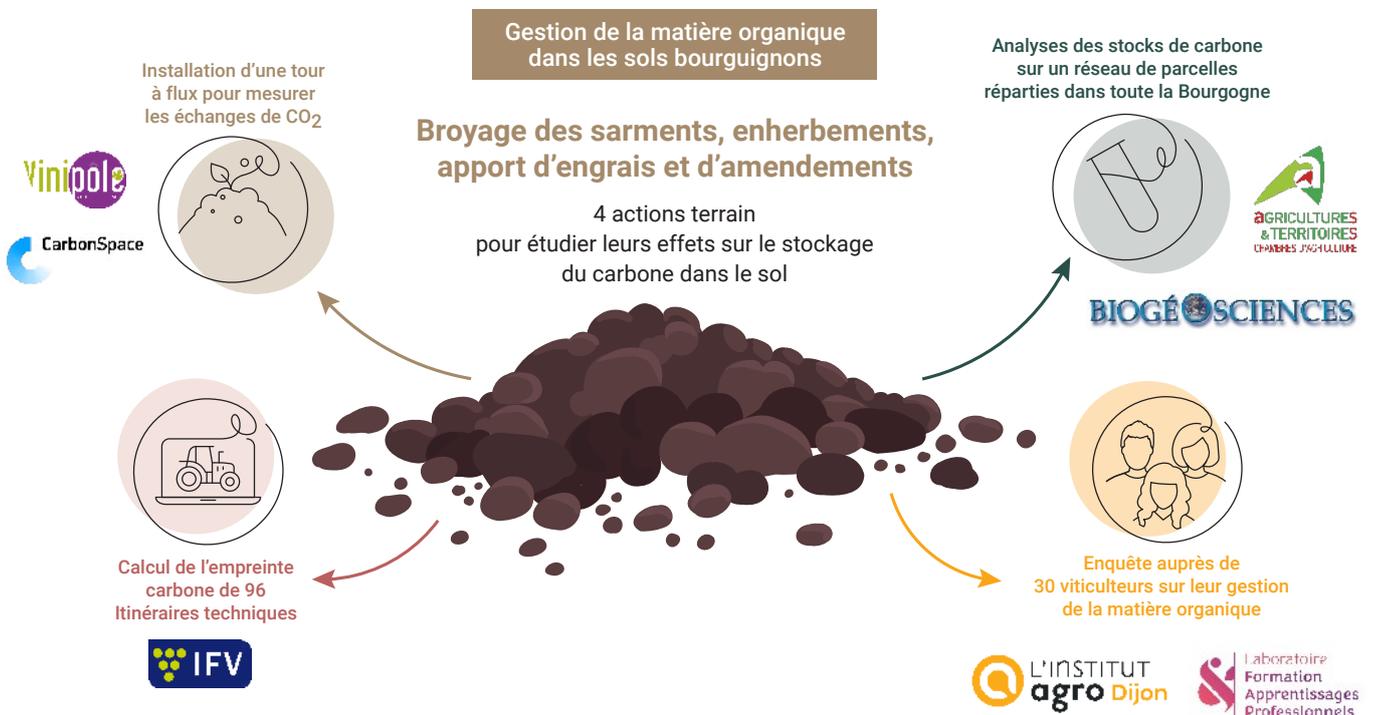
- + Simple d'utilisation
- + Peu de maintenance
- + Profondeur jusqu'à 60cm
- + Comparaison entre 2 modalités
- + Hétérogénéité de la parcelle
- Impact de la météo sur la mesure et donc sur la répétabilité
- Influence du diamètre de la tige
- Absence de référence
- Interprétation difficile sur sols trop secs ou trop humides



Stocks de carbone, quelles perspectives ? Le projet MOCCA



ATTÉNUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE PAR LA GESTION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS LES SOLS BOURGUIGNONS





La séquestration du carbone dans les sols est souvent citée comme un levier pour agir sur le changement climatique. Stocker plus de carbone dans les sols présente un intérêt pour compenser les émissions anthropiques de CO₂ face au changement climatique. Les sols sont en effet d'importants réservoirs de carbone sous la forme de matière organique.

Ce stock résulte toutefois d'interactions multiples et complexes qu'il est parfois difficile d'appréhender. À l'échelle d'un écosystème, le stock de carbone du sol évolue au cours du temps en fonction du cycle de la plante et des pratiques.



Afin d'accompagner la filière viticole bourguignonne vers une meilleure compréhension et une meilleure maîtrise de la gestion des stocks de matière organique de ses sols à l'échelle des parcelles, le BIVB a lancé, en 2022, le projet MOCCA (Matière Organique Changement Climatique et Atténuation). Co-financé par le BIVB et le Département de Saône et Loire avec le soutien du Crédit Agricole, il est coordonné conjointement par le BIVB et le Vinipôle Sud Bourgogne. Ce projet s'appuie sur un instrument de mesure innovant – une tour à flux- déployé pour la première fois dans un vignoble français.

Dans le cadre du projet MOCCA, les premiers résultats sont attendus fin 2025 et permettront aux viticulteurs de mieux comprendre la matière organique et de mieux gérer les stocks de carbone dans les sols.

Ce qu'il faut retenir

Le projet MOCCA, lancé en 2022 par le BIVB, vise à atténuer le changement climatique en optimisant le stockage de carbone dans les sols viticoles de Bourgogne. Grâce à une tour à flux innovante, des analyses de stocks de carbone, des simulations d'empreinte carbone et une enquête auprès des viticulteurs, il ambitionne d'accompagner la filière vers des pratiques plus durables.



La tour à flux installée à Rully, mesure les échanges de gaz entre la vigne et l'atmosphère, notamment le dioxyde de carbone (CO₂) et la vapeur d'eau à l'échelle de la parcelle. Elle capte en continu les flux de CO₂ pour évaluer la photosynthèse et la respiration de l'écosystème viticole.

Ces mesures permettent d'analyser l'impact des pratiques viticoles sur le climat, ainsi que la réaction des vignobles face aux variations climatiques et aux stress environnementaux.

En intégrant ces données dans des modèles, il est possible de simuler les flux de gaz et d'eau sur plusieurs années et dans des situations pédoclimatiques différentes.



SOL & EAU

Dans les sols viticoles, la matière organique améliore la rétention d'eau et la structure du sol, permettant à l'eau de s'infiltrer et de se maintenir plus longtemps, ce qui réduit le stress hydrique de la vigne. Elle favorise également l'activité des micro-organismes, essentiels pour libérer les nutriments dont la vigne a besoin, particulièrement en conditions sèches. De plus, la matière organique stabilise le pH et améliore la capacité d'échange cationique, augmentant la disponibilité des éléments nutritifs. Ces propriétés sont maximisées par des pratiques viticoles telles que des apports de fumier ou de compost, l'enherbement, et la réduction du travail du sol qui limite l'érosion et conserve l'humidité. Comment piloter et gérer ces pratiques afin d'optimiser les ressources en eau disponibles ?

Pratiques et outils de pilotage agronomique

Le compartiment sol est souvent représenté de manière différente par les viticulteurs. Cela est probablement dû au fait qu'il ne soit pas totalement visible et est souvent perçu comme une boîte noire pour le commun des mortels. Les sciences du sol permettent pourtant de tirer un grand nombre d'informations utiles pour adapter ses choix techniques et ainsi optimiser le travail à la parcelle, les rendements et la longévité des vignes.

Comprendre le fonctionnement de son sol, c'est lancer un diagnostic qui doit réunir une multitude d'indices (parfois issus de disciplines différentes) et les confronter les uns aux autres pour en tirer des conclusions agronomiques. L'eau est l'un des éléments les plus souvent scrutés par les agriculteurs car sa surabondance mais surtout son absence présente des risques considérables pour les rendements et la santé des plants.

Qu'est-ce que la réserve utile ?

La quantité d'eau disponible pour la vigne est évaluée par la réserve utile (RU) ou la fraction de l'eau du sol transpirable (FTSW). La réserve hydrique est la quantité d'eau accessible aux racines. Elle est ainsi prédéfinie par la profondeur d'exploration du sol des racines et par les caractéristiques du sol telles que sa composition, sa texture, sa granulométrie.

Mesurer la réserve utile de ses parcelles permet d'identifier leur sensibilité au stress hydrique.

Connaître la texture de son sol fournit une première estimation de la réserve utile.

Un sol sableux retient entre 0.8 et 1.3 mm d'eau par cm de sol.

Un sol limoneux-argileux retient entre 1.3 et 1.7 mm d'eau par cm de sol.

Un sol argileux retient entre 1.7 et 2 mm d'eau par cm de sol.

Réserve utile en mm par cm de sol selon la classe de texture (multiplier par la profondeur d'enracinement)

Source : Bruand et al. 2004

APPRÉCIATION AU TOUCHER	CLASSE DE TEXTURE	DÉFINITION	STRATE DE SURFACE (0 - 50cm)	STRATE DE PROFONDEUR (> 50cm)
TRÈS GROSSIÈRE	S	Sable	0,6 mm	0,73 mm
	SL	Sable limoneux	1,31 mm	1,16 mm
GROSSIÈRE	SA	Sable argileux	1,28 mm	1,03 mm
	LS	Limon sableux	1,62 mm	⊗
MOYENNE	LMS	Limon moyen sableux	1,83 mm	1,96 mm
	LSA	Limon sablo-argileux	1,43 mm	1,27 mm
	LM	Limon moyen	2,13 mm	2,07 mm
FINE	LAS	Limon argilo-sableux	1,67 mm	1,48 mm
	LAS	Limon argileux	1,73 mm	1,49 mm
	AS	Argile	1,73 mm	0,95 mm
	A	Argile sableuse	⊗	0,93 mm
TRÈS FINE	AL	Argile limoneuse	1,36 mm	1,13 mm
	ALO	Argile lourde	1,24 mm	1,12 mm

Pour aller plus loin, il est nécessaire de connaître plus précisément la réserve utile. La calculer peut s'avérer fastidieux, il faut connaître les caractéristiques de son sol, les profondeurs des horizons, leur texture, la profondeur d'enracinement et la proportion de cailloux.

Le calcul est le suivant :

RU = profondeur d'enracinement
x RU par cm de sol x (100 -
%cailloux)

Pour aller plus loin

- Bilan hydrique du sol et stress hydrique de la vigne (Pierre CURMI , Amélie QUIQUEREZ , Benjamin BOIS).
- Les sondes capacitatives et tensiométriques n'indiquent pas la réserve utile d'un sol. Elles renseignent localement, le taux d'humidité du sol et la disponibilité de l'eau pour la plante.



COMMENT PRÉSERVER LES SOLS DE BOURGOGNE ?

Le résumé

Comprendre

#1

COMPRENDRE SON
SOL EST ESSENTIEL
EN VITICULTURE.

La pédologie analyse sa composition, la géologie ses transformations, et la lithologie ses caractéristiques. Leur étude permet d'adapter les pratiques pour des vignes et des vins de qualité.

Conseil pratique : réaliser des fosses pédologiques et observer l'état de son sol.

#2

L'ADAPTATION
DU PORTE-GREFFE
AU SOL

et la compréhension du fonctionnement racinaire est essentielle en Bourgogne. Elle influence la vigueur, la résistance et la qualité du vin.

Conseil pratique : analyser la structure, le pH, la réserve en eau et l'IPC pour adapter son choix de PG à son type de sol.

#3

ANALYSER LES
SOLS VITICOLES EN
BOURGOGNE.

Grâce à plusieurs indicateurs, cela permet d'ajuster les pratiques et d'améliorer la qualité du vin.

Conseil pratique : réaliser des analyses biologiques sur ses parcelles et se faire accompagner pour l'interprétation.



Pour aller plus loin sur l'enherbement et les couverts végétaux : « Les couverts végétaux en vignes étroites - 2023 »



Préserver



#4

PRÉSERVER LA SANTÉ DES SOLS VITICOLES.

C'est essentiel en Bourgogne pour la biodiversité, la durabilité et la qualité des vins.

Conseil pratique : privilégiez l'enherbement, réduisez le travail du sol et limitez l'usage du cuivre quand c'est possible.

#5

LES PROJETS DURASOLVI ET MOCCA

aident les viticulteurs bourguignons à mieux gérer leurs sols et leur stock de carbone pour allier durabilité et qualité des vins.

Conseil pratique : mesurer son taux de matière organique dans ses sols et ajuster l'enherbement et le travail du sol pour améliorer le stockage du carbone et la santé des parcelles.

#6

MESURER ET FAVORISER LA RÉSERVE UTILE

est essentiel face au changement climatique afin de pouvoir gérer le stress hydrique et assurer la pérennité des vignes.

Conseil pratique : connaître sa réserve utile, choisir un matériel végétal adapté et varier les pratiques (enherbement, compostage) pour améliorer la rétention d'eau et la santé des vignes.

Responsables de publication

L'équipe du Pôle Technique et Qualité
 sous la responsabilité de Sylvain Naulin

Pôle Technique et Qualité du BIVB
 6, rue du 16^e chasseur – 21200 Beaune
 Tel : +33 (0)3 80 26 23 74
www.vins-bourgogne.fr
 (parution : Juin 2025)

Sources bibliographiques

1. FRANCEAGRIMER. 2023
2. Observatoire des cépages résistants OSCAR - 2016
<https://observatoire-cepages-resistants.fr/wp-content/uploads/2017/11/fiches-OPECS-les-g%C3%A8nes-de-resistance-vitis.pdf>
3. DJEMIEL C., TERRAT S., DEQUIEDT S., JOLIVET C., MARON P-A. & RANJARD L. 2024. — Atlas français des champignons du sol. Biotope, Mèze ; Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 304 p.
4. Karimi B., Masson V., Guillard C., Leroy E., Pellegrinelli S., Giboulot E., Maron P-A. et Ranjard L., 2021 - La biodiversité des sols est- elle impactée par l'apport de cuivre ou son accumulation dans les sols vignes ? Synthèse des connaissances scientifiques. Etude et Gestion des Sols, 28, 71-92
5. C. Pelosi, F. Gavinelli, L. Petit-dit-Grezeriat, C. Serbource , J.T. Schoffer, R. Ginocchio, C. Yáñez, G. Concheri, M. Rault, C.A.M. van Gestel, 2024 - Copper toxicity to earthworms: A comprehensive review and meta-analysis. Chemosphere Volume 362, August 2024, 142765, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142765>

Crédits

Crédits photos et illustrations : © BIVB / Aurélien IBANEZ, Sébastien BOULARD Michel JOLY,
www.armellephotographe.com, Michel BAUDOIN, Illustrateur Olivier Loir,
<https://novasol-experts.com/>

Mise en page & création graphique : Intuitive - studio de création / intuitive.fr



@vinsdebourgogne



REJOIGNEZ LE GROUPE FACEBOOK
 « BIVB - Viticulture et Oenologie »