FERTILISATION DE LA VIGNE : UN POINT SUR LES PRÉCONISATIONS

Ces fiches ont été réalisées par Jean Yves Cahurel, dans le cadre du Groupe de Travail Fertilisation de la Vigne de l'IFV.

Organisation des fiches

Cliquez sur une fiche pour y accéder.

1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

2 FERTILISATIONS PHOSPHATÉE, POTASSIQUE ET MAGNÉSIENNE

3 LA MATIERE ORGANIQUE

4 MAITRISE DE L'ACIDITÉ DES SOLS

5 L'AZOTE EN VITICULTURE

6 LES OLIGO-ÉLÉMENTS

7 LA CHLOROSE FERRIQUE

8 OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION

9 LA RÉGLEMENTATION

10 LES ASPECTS PRATIQUES DE LA FERTILISATION AZOTÉE

11 COMPLÉMENTS TECHNIQUES À LA FICHE 10

FERTILISATION DE LA VIGNE : UN POINT SUR LES PRÉCONISATIONS

1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

Depuis une quinzaine d'années la recherche a peu investi sur les approches de la fertilisation de la vigne. Or, la demande croissante pour la préservation du patrimoine viticole et pour l'élaboration de produits de qualité, nous a incités à faire le point sur les préconisations actuelles. Nous proposons donc d'éditer régulièrement des fiches thématiques. Chacune de ces fiches tentera d'apporter des éléments de réflexion et de proposer des conseils de raisonnement en matière de fertilisation. Ces documents constitueront un réel support technique au Référentiel National de la Production Intégrée.
Cette première fiche se propose de présenter le groupe de travail à l'initiative de ces documents, de rappeler les bases du fonctionnement du sol et de définir les outils d'aide à la décision et leur usage.

FONCTIONNEMENT DU GROUPE DE TRAVAIL

Ce groupe de travail national «Fertilisation de la vigne» a été constitué à l'initiative de l'IFV de façon à réunir les personnes reconnues sur ce sujet et à intégrer les différentes régions viticoles de France.
En prenant pour base une bibliographie complète réalisée sur le sujet en mai-août 2001, le groupe confronte les préconisations actuelles des différentes régions. L'objectif est d'aboutir à des **conseils généraux, simples et pratiques**, en matière de fertilisation, tout en respectant et conservant les spécificités régionales. Ces fiches se veulent un outil de référence national à développer régionalement.
Les préconisations présentées dans ce document se basent sur les connaissances actuelles, en fonction des besoins de la vigne et des outils disponibles d'aide à la décision.

FONCTIONNEMENT DU SOL ET FERTILISATION

La recherche d'un développement optimal de la vigne passe par la prise en compte du triptyque sol-plante-atmosphère. Dans le cas qui nous intéresse ici, à savoir la nutrition de la plante, le facteur sol et la relation sol-plante sont particulièrement importants.
La fertilisation doit s'attacher en priorité à assurer le bon fonctionnement du sol, gage d'une nutrition correcte de la vigne. Les états acido-basique et organique du sol sont primordiaux pour une bonne fertilité chimique, biologique et physique du sol.

La matière organique, outre ses propriétés physiques sur le sol, joue un rôle majeur dans la régulation de l'alimentation de la plante, en particulier grâce à sa capacité de rétention en éléments minéraux et en eau et son rôle sur la biologie des sols (minéralisation). Un état acido-basique et un pH satisfaisants du sol permettent une bonne assimilation des éléments par la vigne, tout en contribuant à une bonne structure du sol.
En conséquence, les apports de matière organique et d'amendements basiques sont à raisonner par le viticulteur avant tout autre apport de fertilisant, car ils sont à la base, directement ou indirectement, de l'alimentation de la vigne.



Chambre d'agriculture de Gironde

Tas de compost

LES OUTILS D'AIDE A LA DECISION



Chambre d'agriculture de Vaucluse

Le premier de ces outils est le diagnostic visuel. Au niveau du sol, la réalisation de fosses pédologiques est vivement recommandée. Elle permet d'estimer par exemple la profondeur exploitable par les racines, la nature et l'épaisseur des différents horizons, la charge en cailloux ou la qualité du drainage. Dans la mesure du possible, les fosses seront associées à un zonage pédologique réalisable à la tarière.
Au niveau de la plante, on s'intéressera notamment à l'estimation de la vigueur et du potentiel de production, et à la reconnaissance des symptômes de carence ou de toxicité. **Ces observations de terrain sont indispensables** à un bon raisonnement de la conduite de la vigne en général et de la fertilisation en particulier.

De nombreux documents, disponibles auprès des organismes techniques, permettent d'aider à la réalisation de ce diagnostic. Toutefois, ces observations ne sont pas suffisantes et d'autres outils sont à utiliser en complément.

ANALYSE DE TERRE

Pour qu'une analyse ait de la valeur et soit interprétable, les prélèvements doivent être réalisés avec une extrême rigueur, en évitant d'associer des échantillons provenant de sols ou d'horizons différents (ne pas mélanger un horizon calcaire avec un horizon non calcaire ou de la terre sableuse avec de la terre argileuse).
Lorsqu'une hétérogénéité importante a été repérée sur une parcelle, il est donc souhaitable de limiter les prélèvements à la zone la plus représentative ou de réaliser plusieurs analyses. Les méthodes d'échantillonnage seront présentées dans une fiche ultérieure.
Effectuée dans de bonnes conditions, l'analyse de terre permet d'évaluer les réserves organiques et minérales du sol.
Sa précision est toutefois limitée car les variations verticales (profondeur) ou horizontales (sous le rang, dans l'inter-rang) peuvent être importantes. Elle est indispensable avant plantation pour définir la fumure de fond (en plus du choix du porte-greffe).



Institut Français de la Vigne et du Vin

DIAGNOSTIC FOLIAIRE



Institut Français de la Vigne et du Vin

Le diagnostic foliaire peut s'appliquer au limbe, au pétiole ou à l'ensemble de la feuille. Ce choix dépendra des éléments analysés et des références régionales. Les résultats analytiques du diagnostic foliaire peuvent varier en fonction des conditions locales (pédoclimat, cépage, ...). Il est donc impératif d'affiner ces normes régionalement et à partir de données obtenues sur plusieurs années. La variabilité inter-annuelle pourra être prise en compte en comparant annuellement les résultats d'une parcelle donnée à ceux d'un réseau de parcelles de réference dans la même région ou en réalisant des analyses sur 2 ou 3 années consécutives.
Dans ces conditions, le diagnostic foliaire est un bon critère pour évaluer le niveau de nutrition de la vigne. De plus, il permet d'intégrer différents facteurs qui influent sur l'alimentation de la plante, tels que le cépage, le porte- greffe, l'hétérogénéité du profil exploré... L'utilisation de cet outil n'est pourtant pas très répandue chez les viticulteurs. Au vu de l'intérêt qu'il procure, il nous paraît important de développer son usage.

PÉRIODICITÉ DES ANALYSES

Pour des raisons évidentes de contrainte économique, des parcelles représentatives d'un lot de parcelles homogènes sont à définir au préalable par le viticulteur au sein de son exploitation. Ces îlots peuvent être déterminés à partir de plusieurs facteurs : type de sol, matériel végétal, âge, itinéraire technique, lieu-dit. Le suivi analytique se fera alors au niveau de chaque lot ainsi déterminé.
A titre indicatif, un agencement de ces différents outils peut être proposé :

	Année n	n + 4 ans	n + 8 ans	n + 12 ans	n + 16 ans
Analyses de terre	X		X		X
Analyses de terre matière organique	X	X	X	X	X
Diagnostic foliaire	X	X	X	X	X

En cas de sol acide, il est souhaitable de mesurer le pH du sol tous les 4 ans.
Les fréquences d'analyses proposées ne sont pas des normes rigides. Elles correspondent au conseil que nous apportons dans le cas d'une vigne ne présentant pas de problème particulier.

L'interprétation des résultats d'analyses est à réaliser en prenant en compte les différentes sources d'informations disponibles et les conditions de production. En particulier différents facteurs, comme l'âge de la vigne, le niveau de production ou le type de produit souhaité, peuvent moduler cette interprétation et les préconisations qui en découlent. Pour cela, elle doit être effectuée par un technicien de terrain ayant une bonne connaissance du vignoble concerné, de même que les conseils s'y rapportant.

Le plan de fertilisation mis au point par îlot, suite à l'interprétation des résultats des analyses, doit intégrer tous les apports effectués. En particulier, il doit être tenu compte des quantités d'éléments fertilisants apportés par les éventuelles fumures organiques réalisées sur la parcelle.

SUGGESTIONS PRATIQUES

- Dans le cadre d'un suivi, il est intéressant de réaliser les analyses de terre et de feuille d'année en année sur le même rang marqué.

- Il serait souhaitable et riche d'informations pour le viticulteur de conserver une bande non fertilisée au milieu de la parcelle (cf. référentiel viticulture raisonnée en Suisse). Cela lui permettrait de juger du bien-fondé de ses pratiques en matière de fertilisation (aspect pédagogique). Un fonctionnement par groupe de viticulteurs permettrait une prise de conscience globale.

En tout état de cause, dans le cadre d'une viticulture raisonnée, aucun apport de fertilisant ne doit être réalisé sans justification (observations et analyses).

Cette fiche a été publiée en 2003 dans le cadre d'un projet de R&D mené en partenariat avec les organismes ci-dessous et grâce au financement de ONIVINS :

2 FERTILISATIONS PHOSPHATÉE, POTASSIQUE ET MAGNÉSIENNE

FERTILISATION PHOSPHATÉE

Le phosphore joue un rôle important au niveau du développement végétatif de la vigne. Toutefois, les essais conduits à ce jour comparant les doses d'apport n'ont jamais mis en évidence des effets sur le végétal.

Par ailleurs, à l'exception de certains sols sableux du littoral et de très rares cas particuliers, aucune carence phosphorique n'a été décelée à ce jour. Même avec des teneurs en-dessous des normes actuelles (que ce soit au niveau sol ou pétiole), on ne constate pas de problème particulier sur le végétal.

De plus, la vigne serait susceptible d'extraire du phosphore à partir des phosphates tricalciques. Le dosage du phosphore assimilable dans le sol tel qu'il est effectué actuellement par diverses méthodes (Dyer, Joret-Hébert, Olsen) n'est donc pas représentatif du phosphore réellement assimilable par la vigne. Il est donc délicat d'établir un plan de fertilisation systématique à partir de cette mesure.

Enfin, la migration du phosphore dans le sol est très lente. Un apport réalisé en surface ne sera utilisable par la vigne que de nombreuses années après, en règle générale.

Ainsi, les apports phosphatés apparaissent comme peu efficaces. Ils risquent, en cas d'apport systématique, de se traduire par une pollution du milieu, essentiellement par ruissellement (eutrophisation). Dans le cadre de la production raisonnée, il est difficilement acceptable d'effectuer des apports systématiques de phosphore correspondant aux exportations.

En conséquence, le groupe de travail Fertilisation de la Vigne conseille de limiter l'apport de phosphore, **si ce dernier est nécessaire**, à la seule fumure de fond, en visant à le positionner au niveau des racines de la vigne. Par la suite, il convient de proscrire tout apport en cet élément.

Par contre dans le cas d'une vigne où les éléments d'analyses (sol, pétiole) mettent en évidence un faible niveau en phosphore, **et manifestant un dysfonctionnement dont la cause n'a pu être identifiée**, une fumure phosphorique d'entretien annuelle de précaution, couvrant les exportations (soit 15-20 unités/ha), sera maintenue en localisation.
Ceci est le cas également dans certains sols sableux du littoral.

FERTILISATION POTASSIQUE ET MAGNÉSIENNE

Compte tenu de l'antagonisme connu entre le potassium et le magnésium, il est impératif de raisonner simultanément la fertilisation en ces deux éléments. De plus, il convient de rappeler le rôle important joué par le calcium dans l'alimentation en K et Mg. Ainsi en sol acide, il est impératif de piloter en premier lieu le pH du sol et la fertilisation calcique.

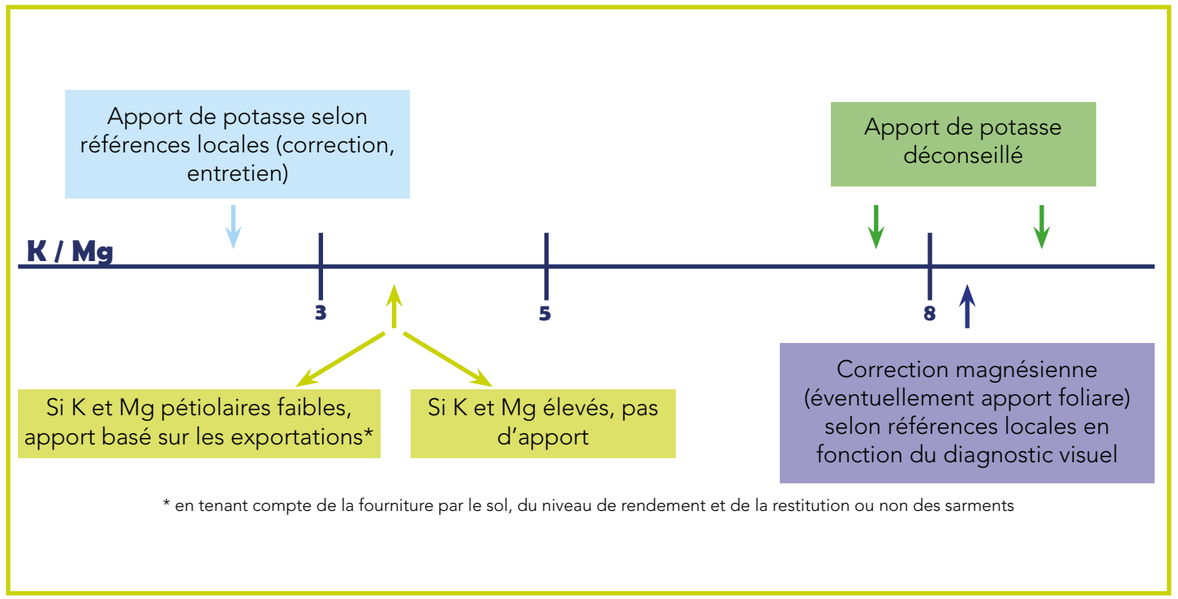


Institut Français de la Vigne et du Vin

Carence potassique

Dans le cas de la fumure de fond, c'est l'analyse de sol interprétée à partir des références régionales, qui orientera le viticulteur.
Dans le cas d'une fumure d'entretien, il est fortement recommandé d'utiliser le **diagnostic pétiolaire.** Ce dernier est d'un plus grand intérêt que l'analyse de terre car il traduit la dynamique de nutrition de la plante. D'ailleurs de nombreuses normes de teneurs des sols en potasse ont été déterminées à partir des analyses pétiolaires.

GRILLE D'INTERPRÉTATION DU RAPPORT K/MG PÉTIOLAIRE



* en tenant compte de la fourniture par le sol, du niveau de rendement et de la restitution ou non des sarments

La nutrition potassique jouant sur le niveau de pH des vins, la fumure potassique devra aussi se raisonner en fonction des objectifs à atteindre sur ce point. Notamment, en cas de pH du vin jugé trop élevé, il convient de suspendre toute fumure potassique.

Le recours à des apports magnésiens est moins fréquent que les apports en potasse. Deux raisons expliquent ce choix :

- d'une part, la carence en magnésium est souvent due à un excès d'apport de potassium (alors que l'inverse est rare),
- d'autre part, l'effet d'un manque de magnésium au niveau de la plante ne se répercute pas ou peu sur la qualité des vins (sauf en cas de carence très marquée).

Le groupe de travail Fertilisation de la Vigne conseille de raisonner les apports d'entretien en potassium et magnésium sur la base de l'analyse pétiolaire à partir du rapport K/Mg. Ce choix permet de prendre en compte l'antagonisme des deux éléments.

Cette fiche a été publiée en 2003 dans le cadre d'un projet de R&D mené en partenariat avec les organismes ci-dessous et grâce au financement de ONIVINS :

3 LA MATIERE ORGANIQUE

L'objectif général est la conservation ou l'amélioration du patrimoine sol, en évitant l'appauvrissement en matière organique. Cet objectif s'inscrit dans la démarche générale d'agriculture durable et constitue un investissement à long terme. **Les fiches 10 et 11 viennent compléter cette fiche sur des aspects plus pratiques.**

NATURE - COMPOSITION

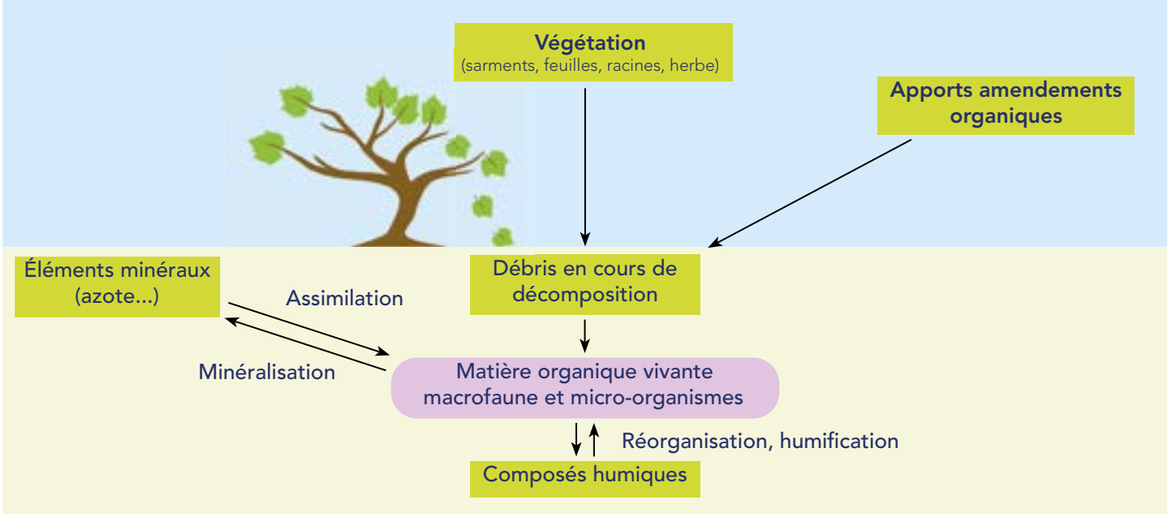
Le terme matière organique regroupe une somme importante et hétérogène de substances et composés carbonés d'origine végétale et animale. La nature de la matière organique du sol est très complexe : principalement des composés humiques, des racines, des micro-organismes, des lombriciens ... C'est pourquoi il est plus juste de parler de**s** matière**s** organique**s** (MO).

Le schéma suivant représente l'évolution simplifiée des matières organiques dans le sol.



Institut du Vin et de la Vigne Français

ÉVOLUTION SIMPLIFIÉE DES MATIÈRES ORGANIQUES



Ainsi, la nature des matières organiques peut être définie de différentes façons :

- **nature chimique :** lipides, protéines, composés humiques,
- **nature granulométrique :** matières organiques particulaires, solubles, colloïdales,
- **nature compartimentale :** biomasse microbienne, métabolites, matière organique stable.

Cette très grande hétérogénéité chimique et particulaire des matières organiques leur confère des propriétés très diversifiées.

PROPRIÉTÉS ET RÔLES DES MATIÉRES ORGANIQUES



Institut du Vin et de la Vigne Français

Dégât dû à l'érosion

Les matières organiques jouent un rôle important dans le fonctionnement global du sol, au travers de ses composantes physique, chimique et biologique, qui définissent la notion de fertilité.

Toutefois la relation entre la nature des matières organiques et leurs propriétés n'est pas simple du fait des nombreuses interactions qui existent au niveau du sol, de la diversité des matières organiques et de leur renouvellement perpétuel.



Institut du Vin et de la Vigne Français

Lombric

Les rôles majeurs joués par les matières organiques dans le fonctionnement du sol expliquent l'attention toute particulière qui doit leur être portée.

	ACTION	BÉNÉFICE
Rôle physique	**structure, porosité**	pénétration de l'eau et de l'air stockage de l'eau limitation de l'hydromorphie limitation du ruissellement limitation de l'érosion limitation du tassement réchauffement
	rétention en eau	meilleure alimentation hydrique
Rôle biologique	**stimulation de l'activité biologique (vers de terre, biomasse microbienne)**	dégradation, minéralisation, réorganisation, humification, aération
Rôle chimique	**dégradation, minéralisation**	fourniture d'éléments minéraux (N, P, K, oligo-éléments...)
	CEC (voir lexique)	stockage et disponibilité des éléments minéraux
	complexation ETM (voir lexique)	limitation des toxicités (Cu par ex.)
	rétention des micropolluants organiques et des pesticides	qualité de l'eau

GESTION DES MATIÈRES ORGANIQUES DU SOL

- Objectifs

Ils sont à hiérarchiser en fonction de la situation de la parcelle et sont en relation étroite avec les rôles des MO présentés précédemment.
La gestion de la matière organique du sol par le viticulteur peut suivre plusieurs objectifs :
- conservation ou amélioration des caractéristiques et propriétés agronomiques du sol. Il convient alors de déterminer la ou les caractéristiques concernées en fonction de la parcelle : structure du sol, lutte contre l'érosion, rétention …
- entretien de la biomasse microbienne (fonctionnement biologique du sol),
- lutte contre les toxicités métalliques.

- Les indicateurs et leurs limites

Les outils ou indicateurs à la disposition du viticulteur pour l'aider dans l'appréciation de la quantité et de la qualité des matières organiques sont relativement restreints :

- Taux de matière organique : il donne, en pourcentage, la proportion de matière organique du sol. C'est l'indicateur le plus utilisé actuellement, car facilement dosable (dosage du carbone). De plus, les référentiels régionaux existent pour ce paramètre, ce qui permet l'élaboration de conseil, essentiellement par rapport au premier objectif. Il permet également le calcul, en fonction des caractéristiques du sol, d'une estimation des pertes par minéralisation et donc de la quantité de matière organique à apporter pour compenser ces pertes. Il n'est toutefois pas suffisant.

- C/N : le rapport carbone/azote du sol est un indicateur du plus ou moins bon fonctionnement du sol. Elevé (> 12), il est le signe d'une dégradation trop lente de la matière organique. Faible (< 8), il met en évidence une activité trop importante au niveau du sol.

- Biomasse microbienne : cette mesure globale permet d'accéder à la quantité de carbone «vivant» issue de l'ensemble des micro-organismes du sol. Elle est exprimée en mg de C par kg de sol ou en pourcentage de carbone organique total. Ce paramètre est très fortement lié au type de sol et au système de culture. Il est néanmoins précis et peut être considéré, dans le cadre d'un suivi, comme un indicateur précoce des modifications du statut biologique et organique des sols.



Institut du Vin et de la Vigne Français

Bactéries



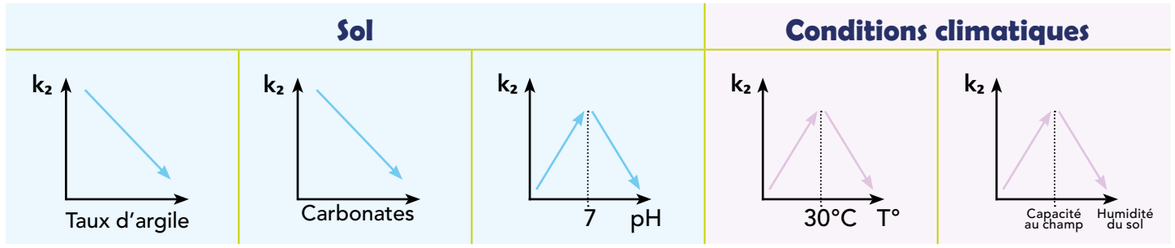
Institut du Vin et de la Vigne Français

Laboratoire d'analyses

- Fractionnement granulométrique de la MO : la méthode permet de distinguer la matière organique libre, facilement minéralisable et à évolution rapide, de la matière organique liée, stabilisée et à évolution lente. La prise en compte du C/N de chaque fraction permet d'affiner la connaissance de ces matières organiques en termes d'évolution. Cette méthode est actuellement au stade «acquisition de données».

- k_2 : coefficient de minéralisation de la MO du sol. Il est fonction du type de sol (granulométrie, calcaire) et des conditions climatiques (facteurs thermique et hydrique). Il permet d'évaluer la diminution du stock de MO du sol. Le k_2 varie généralement entre 0,5 % et 2,5 %.

Évolution du coefficient de minéralisation en fonction des différents paramètres du milieu



Ces différents indicateurs sont à utiliser conjointement (ils ne sont pas suffisants pris séparément), en particulier en liaison avec **l'observation à la parcelle** (structure du sol, calcaire, entretien du sol, vigueur de la vigne...) qui est un préalable à tout raisonnement. L'historique de la parcelle (pratiques culturales) est également à intégrer à l'analyse.
D'autres méthodes qualitatives et quantitatives (minéralisation du carbone et de l'azote, modélisation...) d'évaluation des matières organiques existent actuellement mais sont du ressort de la recherche et de l'expérimentation, étant donné leur coût et le manque de références. Enfin, il convient de préciser que différents modes de raisonnement existent, s'inscrivant le plus souvent dans des démarches d'expert.

- Conseils pratiques

La gestion des matières organiques du sol se fait par l'apport de MO exogène. Les formes de MO présentes sur le marché sont nombreuses. Leur utilisation (forme, quantité, périodicité d'apport, ...) doit être définie en fonction de l'objectif recherché (et de la législation en vigueur).

Il est important ici de rappeler la différence entre amendement organique et engrais organique. Les amendements organiques sont des matières fertilisantes composées essentiellement de combinaisons carbonées d'origine végétale, fermentées ou fermentescibles, destinées à l'entretien ou à la reconstitution du stock de la matière organique du sol (norme NF U44-051).



Chambre d'Agriculture Gironde

Tas de compost

Les engrais sont des matières fertilisantes dont la fonction principale est d'apporter aux plantes des éléments directement utiles à leur nutrition (norme NF U42-001-1 à 3).

Des indicateurs permettent de caractériser ces matières organiques exogènes :

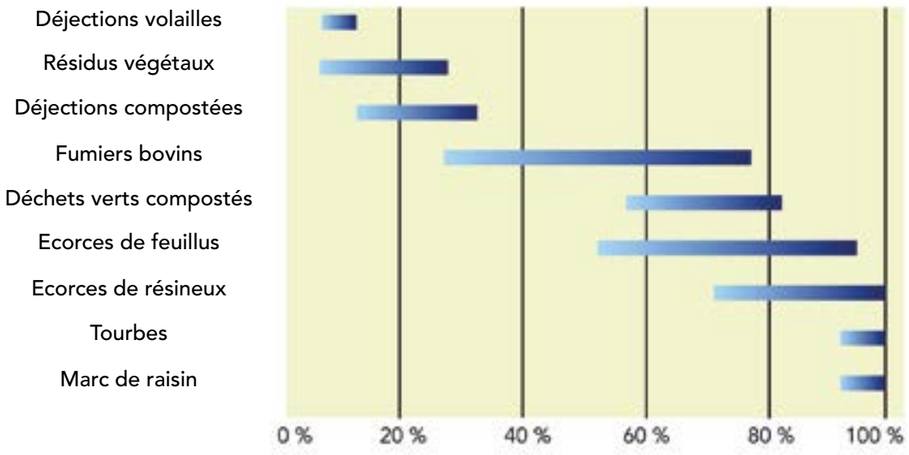
Taux de MO : la teneur en matières organiques sur **brut** est un indicateur majeur permettant de comparer deux produits organiques. En effet, de nombreux produits contiennent plus de 50 % d'eau. De plus, la proportion de matières minérales (sable...) contenue dans la matière sèche peut ne pas être négligeable.

Rapport carbone sur azote (C/N) : on considère généralement que plus le C/N d'un produit est élevé, plus sa vitesse de décomposition sera lente. Cependant, ceci est à relativiser, notamment pour les composts. Le rapport C/N décroît constamment au cours du compostage pour se stabiliser lorsque le produit est mature. A ce stade, sa vitesse de décomposition sera lente. Il est donc souhaitable de connaître l'origine de la matière organique (végétale, animale, matières premières utilisées) et d'avoir la connaissance du process qu'elle a subi.

Coefficient isohumique (k_1) : il indique le rendement en matière organique stable de la matière sèche d'un produit organique. Il est toujours donné pour un type de produit et a été déterminé à partir d'expérimentations de longue durée au champ et dans des types de sol particuliers.

I S B (indice de stabilité biologique) et C B M (caractérisation biochimique de la matière organique) : ces indices, déterminés au laboratoire, permettent de rendre compte de la biodégradabilité du produit analysé chimiquement (rendement en MO stable, calculé à partir du taux de MO du produit). Ils peuvent être déterminés suivant le produit, sans passer par l'expérimentation, contrairement au k_1. Ils seront intégrés à la future norme sur les amendements organiques (NF U44-051) en tant qu'outils de classification.

Variabilité de l'Indice de Stabilité Biologique (Linères, INRA Bordeaux, 2002) (rendement en Matière Organique stable, mesuré au laboratoire)



Remarques -

Les vitesses de minéralisation du carbone et de l'azote pourraient être des indicateurs intéressants pour la caractérisation des produits organiques (en attente par rapport à la révision de la norme NF U44-051).

Il convient de gérer le taux de saturation du sol avant de l'enrichir en matières organiques, l'interaction entre les deux étant importante du fait, en particulier, de l'effet du pH sur la minéralisation de la MO (fiche 4 : Maîtrise de l'acidité du sol).

La richesse en éléments minéraux des matières organiques apportées au sol est un point important à prendre en compte. En effet, en fonction de la dose amenée, l'apport peut conduire à une fourniture trop importante en ces éléments, en particulier l'azote, avec les aspects négatifs que cela implique, notamment en termes qualitatif.

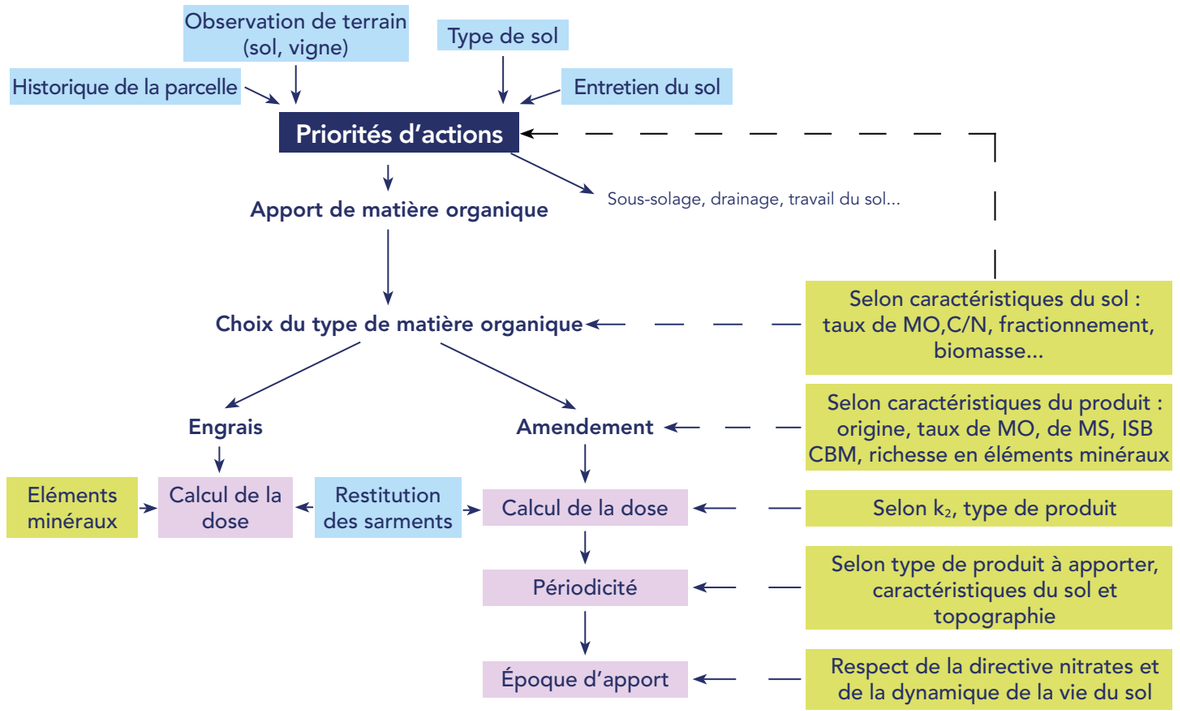


Institut du Vin et de la Vigne Français

Sarments laissés au sol

La restitution des sarments est recommandée par le groupe étant donné son intérêt environnemental et pratique (l'apport de MO dû aux sarments peut être estimé à 170 kg humus par tonne). Mais il convient de respecter les mesures prophylactiques mentionnées dans la plaquette *Les maladies du bois en viticulture*, en particulier, concernant la sortie indispensable des bois de plus de 2 ans et leur incinération.

PRINCIPE DE RAISONNEMENT DE LA GESTION DES MATIÈRES ORGANIQUES DU SOL



PETIT LEXIQUE SUR LES MATIÈRES ORGANIQUES :

C E C : Capacité d'Echange Cationique : mesure chimique permettant d'approcher la capacité du sol à fixer de façon réversible les cations échangeables (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}…). (Baize, 2004)

Composés humiques (substances humiques, humus) : ce sont des macromolécules de poids moléculaire élevé, composées d'un assemblage de différentes chaînes hydrocarbonées sans répétition d'une séquence définie (contrairement aux molécules biologiques). L'ensemble de ces composés forme la matière organique stable. Ils sont issus de l'évolution biochimique lente des diverses matières organiques des sols (humification). (COMIFER, 1993).

E T M : Elément Trace Métallique. Exemple : cuivre, aluminium, plomb…

Métabolites : molécules issues du métabolisme microbien.

Micro-organisme : très petit organisme vivant. Ce sont essentiellement des bactéries et des champignons.

Minéralisation : les débris sont dans un premier temps dépolymérisés par les enzymes. Les petites molécules (sucres, acides aminés) sont utilisées par la microflore du sol (champignons, bactéries). Cette dernière attaque les molécules plus importantes et les dégrade plus ou moins rapidement, libérant entre autres des éléments minéraux. C'est la minéralisation.

Cette fiche a été publiée en 2007 dans le cadre d'un projet de R&D mené en partenariat avec les organismes ci-dessous et grâce au financement de ONIVINS :

4 MAITRISE DE L'ACIDITÉ DES SOLS

Au même titre que la matière organique, la prise en compte du statut acido-basique du sol est un préalable à toute fertilisation de la vigne.

L'ACIDIFICATION DU SOL, PHÉNOMÈNE NATUREL

Divers phénomènes interviennent dans l'évolution du sol, certains agissant positivement ou négativement sur son acidification. Les processus majeurs sont les suivants :

- activité biologique, elle favorise l'acidification par :
  - la libération d'acides organiques
  - l'absorption quantitativement plus importante des cations* par rapport aux anions*, au niveau des racines
  - la nitrification ($NH_4^+ \longrightarrow NO_3^-$)
- dissolution de la roche mère : elle tend à limiter l'acidification* par libération de bases* (processus lent : plusieurs dizaines d'années)
- lessivage : la circulation de l'eau, notamment l'hiver, accélère l'entraînement des cations produits par l'acidification, des anions et des particules
- intrants : certains engrais jouent également un rôle non négligeable dans l'acidification des sols (engrais ammoniacaux : nitrates, phosphates, sulfates), et dans une moindre mesure certains produits phytosanitaires (soufre…).

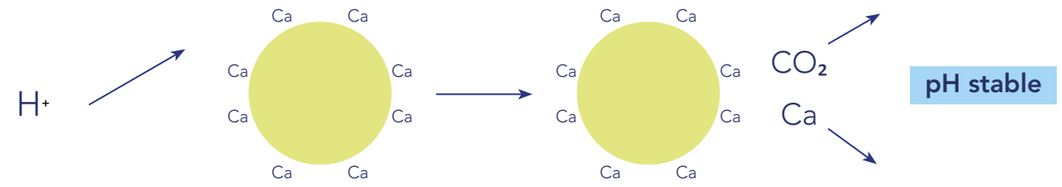
L'acidification du sol est donc fonction de la nature du sol, de la biomasse produite et des conditions climatiques.

** renvoi au glossaire*

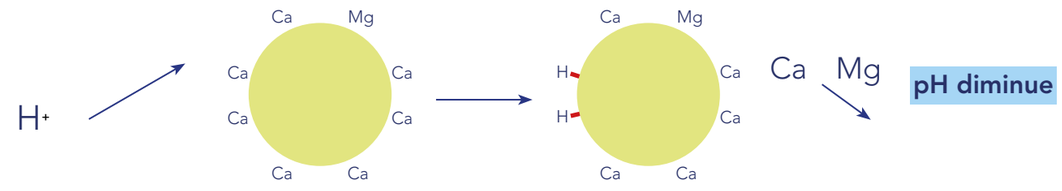
PROCESSUS D'ACIDIFICATION DU SOL

1 - Décarbonatation

pH > 7 ($CaCO_3$ en excès)

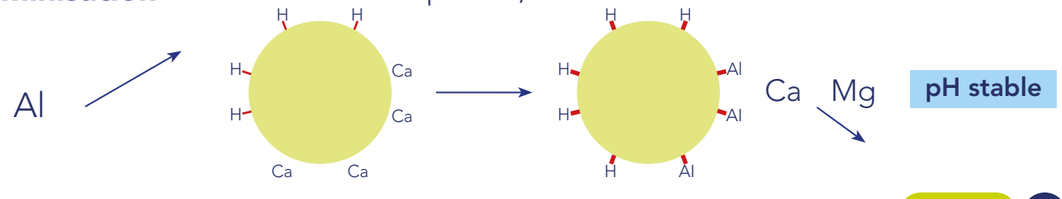


2 - Décalcification



3 - Aluminisation

pH > 5,5



Liaison forte — Complexe adsorbant

LES CONSÉQUENCES DE L'ACIDIFICATION

Ces conséquences sont plus ou moins marquées suivant le niveau d'acidification atteint :

- dégradation de la structure du sol. La cohésion du sol est moins bonne et l'infiltration de l'eau est plus difficile, par diminution de la porosité, favorisant ainsi l'érosion.
- en sol non calcaire, diminution de la CEC effective*, lessivage des cations. La fertilité du sol est diminuée, les éléments tels que phosphore (P), potassium (K) et magnésium (Mg) sont moins disponibles pour la plante à partir d'un certain niveau d'acidification.
- diminution de l'activité biologique du sol. Les phénomènes liés à la vie microbienne sont plus difficiles : minéralisation, dégradation de la matière organique, nitrification…
- augmentation de la solubilisation de certains métaux. Cette solubilisation peut entraîner des toxicités (aluminium, cuivre, manganèse) si le pH descend trop bas (inférieur à 5,5). Ces toxicités peuvent toucher la vigne (en particulier les jeunes plants) mais agissent surtout sur la vie du sol.

INDICATEURS DU STATUT ACIDO-BASIQUE DU SOL



Institut Français de la Vigne et du Vin

Après épandage de chaux

- Observation : flore naturelle, dégradation de l'état de surface, dégradation plus difficile des résidus organiques (sarments notamment).
- Le pH_{eau}*: il permet de mesurer l'acidité du sol. Il a l'inconvénient d'être variable dans le temps (plus élevé en hiver) et dans l'espace. Il est donc conseillé de réaliser les prélèvements de terre en hiver, époque de l'année où les variations de pH sont les plus modérées. Il est important de noter que le pH idéal n'existe pas (en particulier le pH = 7, neutralité, n'est pas un objectif).
- Taux de saturation (S/CEC) : l'acidification du sol se traduit par une perte des cations échangeables (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}) du complexe d'échange et leur remplacement progressif par les ions H^{+} et Al^{3+}. Le taux de saturation (rapport cations échangeables/CEC Metson*) apparaît donc comme une bonne approche pour évaluer cette acidification.

Dans les sols à faible CEC (CEC Metson <6 $cmol^{+}/kg$), l'utilisation du pH_{eau} est cependant préférable aux taux de saturation.

- Pouvoir tampon : cette notion traduit la plus ou moins grande faculté du sol à modérer les variations de pH. Ce pouvoir tampon est surtout fonction de la teneur en argile et en matières organiques (un sol argileux a un pouvoir tampon plus élevé qu'un sol sableux par exemple).

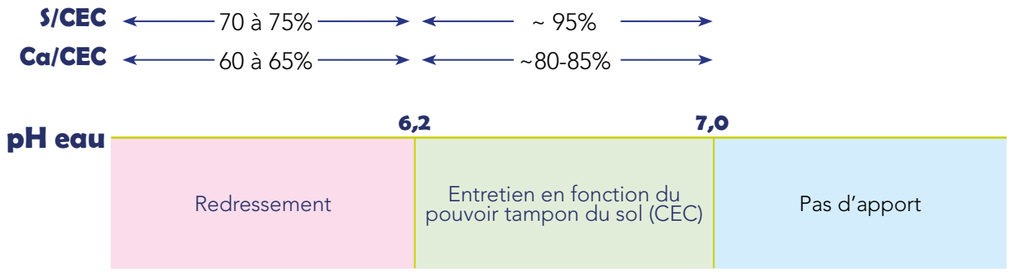
** renvoi au glossaire*

PRINCIPES DE RAISONNEMENT

Le raisonnement s'effectue en fonction des trois indicateurs précédents (Groupe chaulage du COMIFER, 2001). Le calcul des doses se fait en tenant compte de la différence entre état souhaitable et état actuel et du pouvoir tampon.

Plaquette éditée par le Comifer : Le chaulage. Des bases pour le raisonner.

Principes de raisonnement de l'apport d'amendement basique

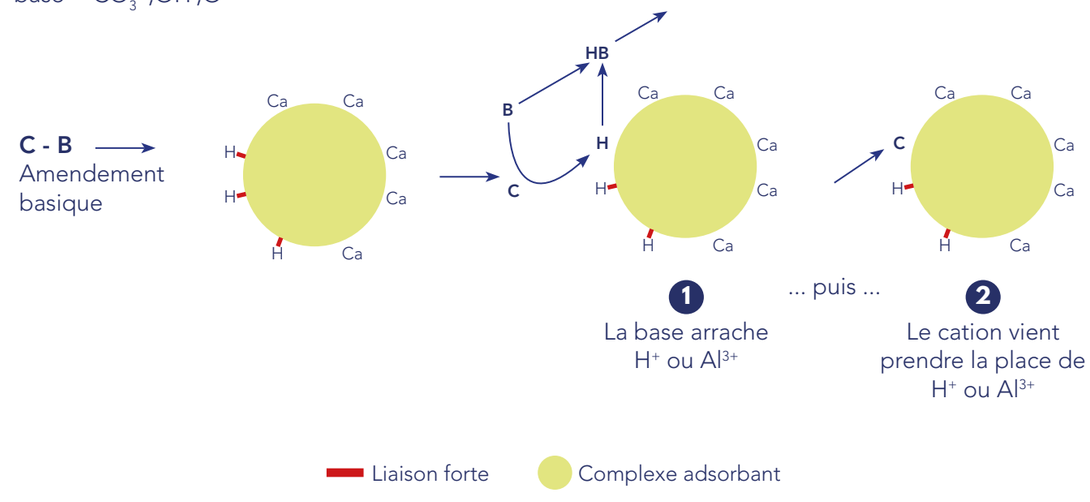


LES AMENDEMENTS BASIQUES

PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT D'UN AMENDEMENT BASIQUE

C'est la base associée (CO_3^{2-}, OH^{-}, O^{2-}, silicates) qui est l'élément actif de l'amendement basique et non pas le cation (Ca^{2+} ou Mg^{2+}).

C = cation = Ca^{2+}, Mg^{2+}
B = base = CO_3^{2-},OH^{-},O^{2-}



DIFFÉRENTS TYPES :



Institut Français de la Vigne et du Vin

Nécrose périlimbaire provoquée par l'acidité du sol

- produits crus : calcaires, craies, dolomies, marnes (forme carbonates)
- produits cuits : chaux (forme O ou OH) - action plus rapide

Un produit cuit sous forme granulé devra obligatoirement être incorporé au sol après épandage au risque de perdre toute efficacité (recarbonatation).

CRITÈRES DE CHOIX

- Valeur neutralisante (VN) : 1 CaO = 1 VN 1 MgO = 1,4 VN

exemple : calcaire à 54 % de CaO = 54 VN
dolomie à 33 % de CaO et 18 % de MgO = 58 VN

Ceci n'est applicable que pour les amendements basiques traditionnels.
Il s'agit d'une capacité potentielle de neutralisation. Elle ne préjuge en rien de la rapidité d'action du produit.

Pour d'autres types de produits (amendements organiques par exemple), la valeur neutralisante est à déterminer par incubation (norme NF EN 14984).

- finesse (uniquement pour les produits crus) : broyés, calibrés... (voir norme NF U44-001)

La finesse du produit à utiliser est à raisonner en fonction de la rapidité d'action que l'on désire. Des éléments grossiers seront plus difficiles à dégrader d'où une action plus lente. Cette difficulté est d'autant plus grande que l'acidité du sol est plus faible. Dans ce cas, une finesse plus élevée sera éventuellement recherchée pour une meilleure efficacité du produit.

- solubilité carbonique, elle caractérise la rapidité d'action des produits crus :
  Supérieure à 50 = action rapide
  Comprise entre 20 et 50 = action moyennement rapide
  Inférieure à 20 = action lente

La solubilité carbonique est fonction de la finesse du produit et de la nature de la roche d'origine.

NB : l'étiquetage des amendements basiques est obligatoire.

CRITÈRES DE CHOIX D'UN AMENDEMENT BASIQUE

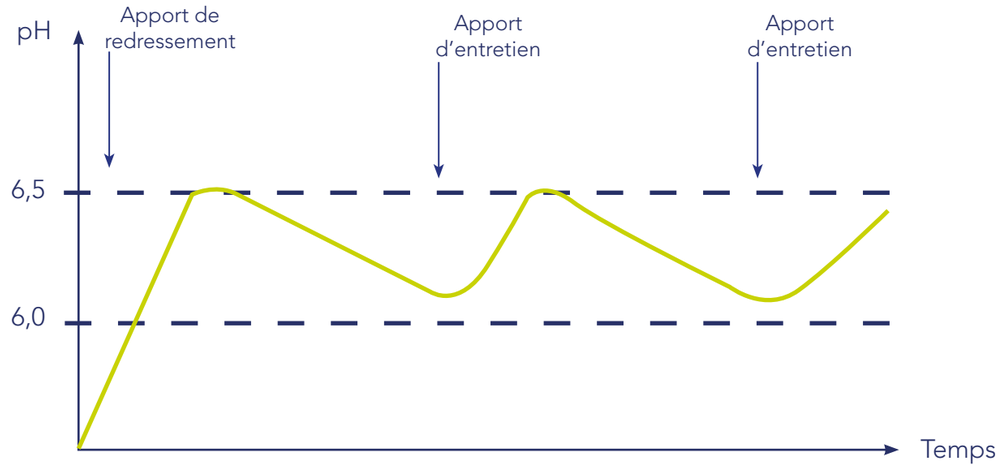
	PLANTATION	VIGNE EN PLACE		
Situation		Redressement	Entretien – Sol lourd	Entretien – Sol léger
Rapidité d'action	Lente	Rapide	Rapide	Moyennement rapide et durable
Solubilité carbonique	Moyenne à faible	Elevée	Elevée	Moyenne
Fréquence d'apport			3 à 5 ans	2 à 3 ans

Dans le cas d'une plantation, si le pH est inférieur à 5,8, il convient d'utiliser des produits à finesse plus grande pour un effet plus rapide. Il est fortement déconseillé de planter tant que le pH du sol n'a pas été remonté au minimum à 5,8.

FRÉQUENCE D'APPORT

Elle est fonction du produit, de sa rapidité d'action et du type de sol (pouvoir tampon).

Schéma d'action de l'amendement sur le pH du sol



CONSEILS

- Incorporer l'apport au sol, si possible, pour une meilleure rapidité d'action.
- Raisonner le statut acido-basique du sol avant la matière organique (Cf. influence sur la minéralisation et la dégradation de la matière organique).
- Sur vigne en place, les apports d'amendement organique et d'amendement basique sont à alterner : l'apport d'amendement organique est à réaliser l'année suivant l'apport d'amendement basique. Avant plantation, éviter un apport d'amendement basique avec un apport d'amendement organique (risque de neutralisation). Apporter toujours l'amendement basique (si possible en l'incorporant au sol) avant l'amendement organique.
- Éviter un apport d'amendement basique avec un apport d'engrais ammoniacal (pertes par volatilisation).
- Dolomie : apport de Mg, donc sur sol déficient en Mg.

GLOSSAIRE

Acide : entité chimique (molécule, ion, …) susceptible de donner H^+ (proton) à une autre entité chimique qui est une base.

Acidification : modification résultant de l'apport d'acide ou de réactions produisant des acides (ou consommant des bases). Cette action ou ces modifications peuvent conduire à plus ou moins long terme à un abaissement du pH.

Anion : ion chargé négativement (ex : NO_3^-).

Base : entité chimique (molécule, ion, …) susceptible d'accepter H+ (proton) en provenance d'une autre entité chimique qui est un acide.

Cation : ion chargé positivement (ex : K^+, Ca^{2+}).

CEC : capacité d'échange cationique : quantité de charge cationique retenue par la charge négative du système adsorbant et susceptible d'être échangée de façon inversible. Cette quantité est estimée par une mesure chimique ou physico-chimique conventionnelle réalisée sur un échantillon de terre.

CEC effective : CEC évaluée par une méthode modifiant peu le sol, en particulier du point de vue du pH et de la concentration ionique.

CEC Metson : CEC évaluée par la méthode «Metson», caractérisée entre autre par un pH voisin de 7.

pH_{eau} : pH d'une suspension de terre dans de l'eau pure dans un rapport terre/eau (1/5 en volume dans la norme française).

$pH_{KCl\ 1M}$: pH d'une suspension de terre dans une solution de chlorure de potassium de concentration molaire.

Cette fiche a été publiée en 2006 dans le cadre d'un projet de R&D mené en partenariat avec les organismes ci-dessous et grâce au financement de Viniflhor :

5 L'AZOTE EN VITICULTURE

Du fait de son rôle majeur dans le fonctionnement de la vigne et de ses effets importants sur la qualité des raisins (c'est l'élément minéral dont les effets sont les plus rapides et les plus notables sur la vigne), la gestion de l'azote revêt un aspect capital dans la maîtrise quantitative et qualitative des raisins. Les fiches 10 et 11 viennent compléter cette fiche sur des aspects plus pratiques.

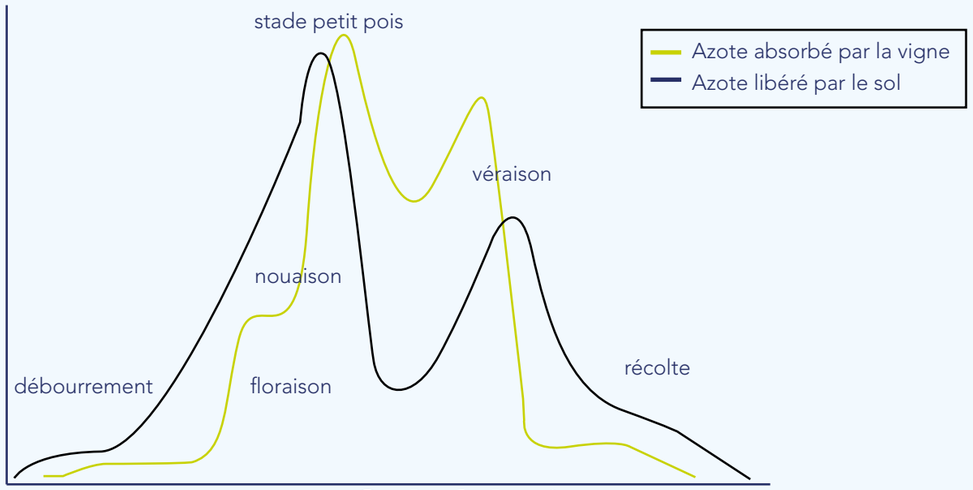
IMPORTANCE DE L'AZOTE

L'azote est un des constituants majeurs des plantes. Il joue ainsi un rôle primordial dans leur physiologie par l'intermédiaire des molécules dont il est l'un des composants : acides aminés (édification, métabolisme), acides nucléiques (génétique), chlorophylle (énergie), hormones de croissance (développement).

BESOINS DE LA VIGNE EN AZOTE

Les besoins de la vigne sont modestes et se situent en moyenne autour de 20-30 kg d'azote par hectare et par an pour une charge modérée en raisins de cuve. Dans le cas d'un objectif à plus forte production (vins de table ou de pays, eaux-de-vie), ces besoins peuvent être doublés.
Ils peuvent être satisfaits, tout au moins en partie, par l'azote fourni par la minéralisation de la matière organique du sol. C'est la principale source d'alimentation pour la plante. Elle dépend des conditions climatiques (température et humidité) et du type de sol (taux d'argile, pH, …). Voir fiche 3 : La matière organique.

Les dynamiques de nutrition de la vigne et de minéralisation du sol peuvent être représentées schématiquement comme suit, sachant que l'effet millésime est particulièrement important sur la minéralisation (qui augmente quand la température et/ou l'humidité augmentent).

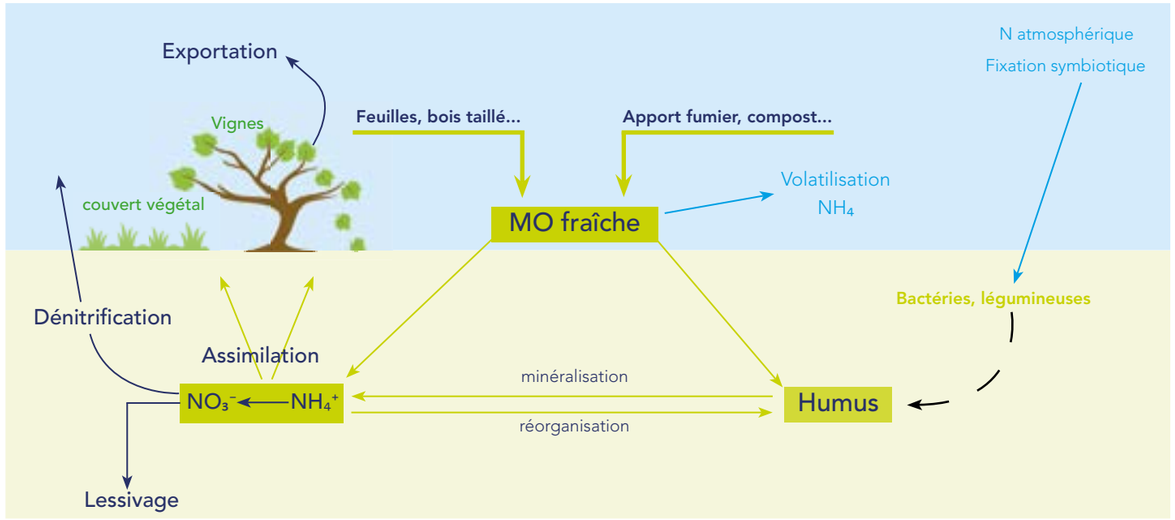


Cycle de la vigne

Sources : *Conradie, 1980 ; Gaudillère, 2004*

Du débourrement au début de la floraison, l'azote nécessaire à la pousse végétative est fourni, pour la plus grande partie, par les réserves contenues dans les racines et accumulées à la fin du cycle végétatif précédent. Ce n'est qu'à partir de la floraison que la vigne absorbe l'azote du sol de façon notable.

Le bilan au niveau de l'élément azote est difficile à établir du fait de la complexité des phénomènes mis en jeu, comme le montre le schéma suivant.



SYMPTÔMES ET CONSÉQUENCES



CARENCE



EXCÈS

	CARENCE	EXCÈS
Symptoômes	• Jaunissement des feuilles • Nanisme des feuilles • Chute précoce des feuilles • Vigueur faible • Rendement faible (fertilité, taille des grappes) • Aoûtement imparfait • Carence azotée des moûts	• Feuilles plus vertes • Grandes feuilles • Entassement du feuillage • Vigueur forte • Coulure (en fonction du cépage) • Arrêt de croissance tardif
Conséquences	• Pérennité de la souche • Fermentescibilité des moûts • Rendement faible	• Surcoût économique (nombre de rognages) • Sensibilité aux maladies cryptogamiques (en particulier Botrytis) accrue • Augmentation de la taille des baies (dilution des composés de la baie) • Difficultés de maturation • Couleur des vins moindre • Augmentation de la teneur en amines biogènes • Augmentation de la teneur en précurseurs du carbamate d'éthyle

Ces effets sont la conséquence du rôle de l'azote sur l'équilibre hormonal de la vigne. En cas d'abondance, ce dernier va favoriser l'édification du végétal en mobilisant les sucres issus de la photosynthèse comme source d'énergie, au détriment de l'accumulation dans les baies et les parties pérennes (vieux bois, tronc, racines).

FACTEURS INFLUENCANT LA DISPONIBILITÉ EN AZOTE

- Type de sol
- Aération,tassement,hydromorphie
- Teneur en matières organiques du sol
- Type de matière organique apportée («faim d'azote»)
- Entretien du sol :
  - enherbement : en fonction des espèces, de la surface enherbée
  - le travail du sol modifie la cinétique de fourniture en azote
- Conditions climatiques :
  - température
  - pluviométrie (régime hydrique du sol).



Institut Français de la Vigne et du Vin

Parcelle enherbée

OUTILS D'AIDE A LA DÉCISION

L'observation est actuellement l'outil le plus utile, le préalable indispensable pour déterminer la nutrition azotée de la vigne, par l'intermédiaire de l'évaluation de la vigueur. Le nombre de rognages, le développement de la pourriture grise, la couleur des feuilles, la grosseur des sarments, le niveau d'entassement du feuillage, l'importance des entre-coeurs peuvent être des indicateurs (voir symptômes et conséquences) de la vigueur de la parcelle. Sauf cas de carence, la quantification et l'interprétation sont toutefois rendues délicates par le caractère subjectif de cette évaluation.

Il est donc nécessaire de réaliser des mesures pour en avoir une idée objective : diamètre du sarment, poids moyen du sarment ou poids des pétioles. Ces mesures sont simples mais difficiles à systématiser. De plus elles nécessitent des référentiels régionaux.

Les autres outils à la disposition du viticulteur viennent en complément : analyse foliaire, analyse de terre (taux de matière organique et C/N), mesure de l'indice chlorophyllien.

GESTION DE L'AZOTE



Institut du Vin et de la Vigne Français

Tas de fumier

La fertilisation azotée doit être intégrée au raisonnement global de la fertilisation de la vigne, en relation avec l'entretien du sol.

L'azote ayant un effet important sur la plante du point de vue qualitatif, il convient de trouver le juste équilibre entre développement optimal de la vigne et qualité des raisins.

La spécificité de la gestion azotée vient également du fait qu'elle est à réfléchir annuellement, contrairement aux autres éléments principaux comme P et K.

La gestion de l'azote est à raisonner en priorité par l'intermédiaire de la matière organique. L'apport d'autres formes azotées n'est à envisager que si la gestion de la matière organique est correcte et qu'une carence est diagnostiquée.
Enfin, il convient de bien garder à l'esprit qu'une carence est toujours plus facile à corriger qu'un excès.

a - Eléments à prendre en compte

La gestion de la fertilisation azotée doit également se raisonner à partir des éléments suivants :

• *entretien du sol :*

- enherbement : il va concurrencer la vigne au niveau des prélèvements d'azote.
Si cet effet est souvent recherché afin de diminuer la vigueur, son implantation, dans un objectif uniquement, par exemple, d'amélioration de la portance, peut nécessiter des apports azotés complémentaires, à la vigne ou au chai

- travail du sol : il a tendance à accélérer la minéralisation de la matière organique (et donc la libération d'azote par le sol) en augmentant l'aération et en rendant les matières organiques plus accessibles à la biodégradation (déprotection).

• **sol :**
- analyse de terre (et climat) pour le k_2 (coefficient de minéralisation : taux de matière organique dégradée annuellement), voir fiche 3
- profondeur exploitée par les racines (idée du volume de sol exploré par la vigne).

• sensibilité à la pourriture grise : éviter les apports d'azote dans les parcelles sensibles.

• apports d'amendements organiques : les amendements organiques contiennent plus ou moins d'azote. Il convient d'en tenir compte dans le raisonnement. Par exemple, un fumier de bovins frais contient en moyenne 5 kg d'azote par tonne de produit brut. A la dose de 30 tonnes par hectare, il apporte donc 150 unités à l'hectare. Même si cet azote est libéré progressivement, l'apport est loin d'être négligeable.



Institut du Vin et de la Vigne Français

Pourriture grise

La forme de la matière organique apportée est également à prendre en compte.Ainsi un amendement ligneux bien composté, libérera très peu d'azote chaque année.

b - Formes d'apport minéral

C'est sous cette forme essentiellement que l'azote est absorbé par le système racinaire de la vigne.

L'azote minéral est présent sous trois formes.

Le nitrate NO_3^-
Les nitrates sont assimilés facilement et rapidement par les plantes.
Ils sont très solubles. En effet, ils ont la même charge électrique que celle du complexe argilo-humique et ils ne sont donc pas retenus par le pouvoir adsorbant du sol. Par conséquent, si les nitrates ne sont pas fixés par la végétation ou les micro-organismes du sol, ils sont rapidement lessivés.

La vitesse à laquelle l'azote nitrique migre en profondeur dépend de la pluviométrie et de la texture du sol : la profondeur de migration est, selon que le sol est argileux ou sableux, de 3 à 8 fois la hauteur de pluie (soit 3 à 8 cm pour 10 mm de pluie).
Comme cette forme est très lessivable et directement assimilable en masse par la vigne, elle doit être apportée, si besoin est, au moment où les besoins sont les plus importants.

L'azote ammoniacal NH_4^+
Cette forme d'azote minéral est peu assimilée par les végétaux mais sert de nutriments aux micro-organismes du sol. Par contre l'azote ammoniacal est lui relativement retenu par le pourvoir adsorbant du sol car, étant chargé positivement, il a la capacité de se lier avec les argiles ou la matière organique. L'azote ammoniacal est donc très peu lessivé par les eaux de pluie par rapport aux nitrates. Il est susceptible par contre d'être nitrifié (transformation en nitrate) par les bactéries du sol plus ou moins rapidement selon les conditions.
Cette forme a donc une action plus lente que la forme nitrate.

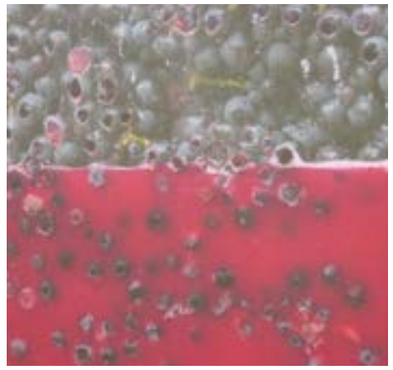
L'urée $CO(NH_2)_2$
L'urée est utilisée en tant que fertilisant foliaire car elle est soluble et facilement absorbée par les feuilles.

c - Azote des moûts

Analyse du moût : les analyses d'azote (ammoniacal, assimilable ou total) donnent une bonne idée de la fermentescibilité des moûts. Toutefois, la relation entre ces teneurs et la nutrition azotée de la vigne n'est pas toujours établie, les conditions du millésime pouvant jouer de façon importante sur le niveau d'azote des moûts (climat, rendement, maturité). De plus, il y a découplage entre azote des moûts et azote du végétal. L'azote des feuilles est le résultat de l'absorption et de la croissance de la plante durant la première partie du cycle végétatif. L'azote des baies est principalement le résultat de l'absorption d'azote durant la phase estivale. Ces analyses ne présagent donc en rien de l'alimentation azotée de l'ensemble de la plante.

L'apport d'azote par voie foliaire est intéressant pour augmenter la teneur en azote des moûts ainsi que la composante fruitée de certains vins, en condition de carence azotée des moûts.

En conclusion, il convient d'insister sur l'importance de la gestion des matières organiques avant toute chose. Le raisonnement de la fertilisation azotée ne vient que dans un deuxième temps. De nombreux facteurs interviennent dans ce raisonnement : vigueur, sol, climat, entretien du sol... Il est important d'estimer au mieux leur influence car une mauvaise gestion de l'azote conduit immanquablement à une sanction immédiate en terme qualitatif, surtout en cas d'excès.



Institut du Vin et de la Vigne Français

Moût en fermentation

Cette fiche a été publiée en 2007 dans le cadre d'un projet de R&D mené en partenariat avec les organismes ci-dessous et grâce au financement de Viniflhor :

6 LES OLIGO-ÉLÉMENTS

Les oligo-éléments sont des éléments minéraux nécessaires à la vie de la plante, mais en quantités très faibles : quelques centaines de g/ha/an au maximum. Malgré ces faibles quantités assimilées, le manque ou l'excès d'un élément peut être à l'origine d'accidents physiologiques (respectivement carence ou toxicité) préjudiciables à la qualité et à la quantité de récolte et/ou à la pérennité des ceps. Les oligo-éléments jouent en effet un rôle physiologique important : photosynthèse, respiration, transport d'énergie…

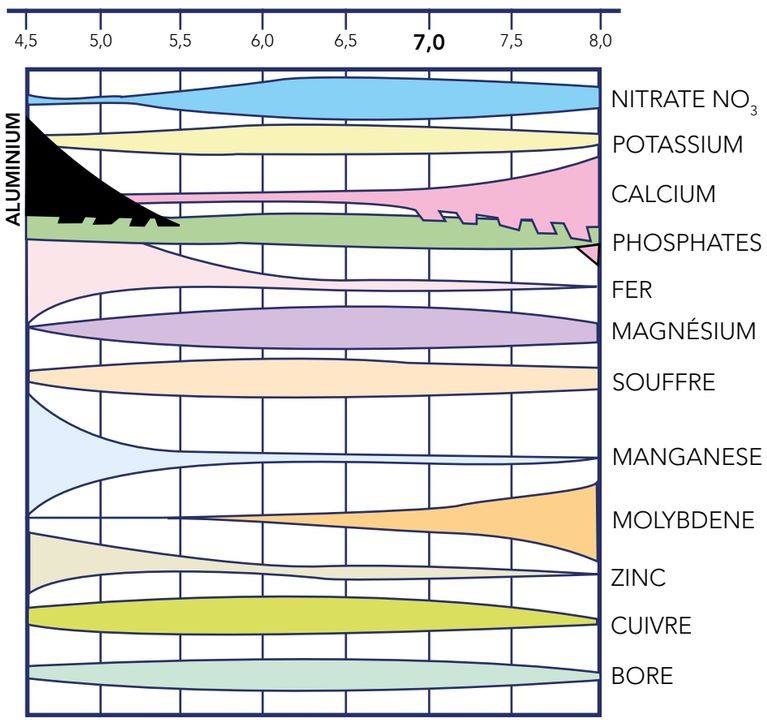
Toutefois ces problèmes sont rares et souvent propres à certaines situations (type de sol, conditions climatiques…).

Dans la plupart des cas, l'usage des bonnes pratiques, comme la gestion de la matière organique, de l'acidité des sols, la limitation de la vigueur, le drainage et la lutte phytosanitaire, permet d'éviter ces soucis. Une toxicité est toujours plus difficile à corriger qu'une carence.

Certains éléments (cuivre, aluminium, manganèse) peuvent provoquer des toxicités sur la vigne, en sol acide (voir diagramme ci-dessous). En effet, dans des conditions de pH inférieur à 5,5-6, la solubilité des éléments métalliques est augmentée et ils sont donc assimilés en quantités plus importantes par la vigne. Le cuivre et l'aluminium migrant peu verticalement et la vigne possédant un système racinaire pouvant s'installer en profondeur, les problèmes vont survenir essentiellement à la plantation pour ces deux éléments.

NB : le fer et la chlorose ferrique sont traités dans la fiche 7.

Diagramme d'assimilation des éléments minéraux en fonction du pH (Truog, 1948)



Source GEMAS

LE BORE



Institut Français de la Vigne et du Vin



IFV - Pierre MACKIEWICZ

	CARENCE EN BORE	TOXICITÉ EN BORE
Fréquence d'apparition	Occasionnelle (très rare en sol calcaire)	Exceptionnelle (accidentelle)
Symptômes		
Feuilles	• avant floraison • plages décolorées sur le pourtour du limbe pouvant conduire à des nécroses • aspect gaufré	• enroulement des feuilles • nécroses des limbes
Rameaux	• extrémité des rameaux touchée en premier • rameaux courts • « balai de sorcière » : nombreuses ramifications en zig-zag au niveau du rameau	• aspect buissonnant
Grappes	• « plomb » sur baies : taches brunes sur la pellicule	
Conséquences	• mauvais aoûtement • coulure et millerandage	• coulure et millerandage • perte totale de la récolte
Indicateurs	• analyse pétiolaire < 15 mg/kg • analyse sol < 0,15 mg/kg	• analyse pétiolaire > 60 mg/kg
Facteurs favorisants	• sol acide (solubilisation du bore et lessivage par les précipitations)	• excès de fertilisation boratée
Gestion	• pulvérisations foliaires de borax (5 kg/ha) en 2-3 apports, avant floraison • apport de borate de sodium au sol (3 à 5 kg bore/ha) Attention au surdosage ou au cumul des apports → • apport d'amendements basiques	• ne peut pas être corrigée • ne pas dépasser un cumul pluriannuel de 9 kg/ha de façon à éviter tout risque de toxicité

LE MANGANESE

	CARENCE EN MANGANÈSE	TOXICITÉ EN MANGANÈSE
	 Chambre d'agriculture de la Gironde	 B.Bourrié
Fréquence d'apparition	Occasionnelle	Rare
Symptômes		
Feuilles	• avant le début de la véraison • jaunissement ou rougissement du limbe, marbrures vert jaunâtre ou rougeâtre	• enroulement du limbe (involution) • risque de nécrose des feuilles et chute
Rameaux	• jeunes feuilles et entre-coeurs touchés en dernier	• tâches et stries noirâtres le long des rameaux, rafles, pétioles et nervures
Conséquences	• difficulté de maturation • coulure et millerandage dans les cas graves	• coulure et millerandage
Indicateurs	• analyse pétiolaire < 20 mg/kg • analyse de sol < 5 mg de Mn extractible EDTA*/kg	• analyse pétiolaire > 500 mg/kg avec symptômes • analyse de sol > 100 mg/kg (pour pH < 5)
Facteurs favorisants	• sol calcaire • antagonisme Fe/Mn • sécheresse • rendement élevé	• sol acide (pH < 6) • excès d'eau dans le sol, manque d'oxygène • amendements organiques trop riches en Mn
Gestion	• pulvérisations foliaires de sulfate de manganèse (5 kg/ha) en 2-4 apports, à la floraison • intégration d'un fongicide contenant du Mn (dithiocarbamates) dans le calendrier de traitement • apport au sol non efficace	• apport d'amendement basique (magnésien notamment)

** L'extraction par l'EDTA permet d'évaluer la biodisponibilité de l'élément considéré.*

LE CUIVRE ET L'ALUMINIUM *

	TOXICITÉ EN CUIVRE	TOXICITÉ EN ALUMINIUM
	 IFV - Pierre MACKIEWICZ	 IFV - Pierre MACKIEWICZ
Fréquence d'apparition	Occasionnelle	
Symptômes	mortalité élevée des plants à la plantation	
	• système racinaire extrêmement réduit, plus ou moins remontant	• croissance et développement très faibles
Conséquences	• mort des plants • échec de la plantation	
Indicateurs	• analyse de sol : sol sableux > 25 mg Cu extractible EDTA/kg sol argileux > 100 mg Cu extractible EDTA/kg	• analyse de sol > 50 mg Al éch/kg
	analyse foliaire sans intérêt, ces deux éléments migrant peu dans les parties aériennes	
Facteurs favorisants	• uniquement sur sol acide • sol sableux • historique traitements cupriques sur la parcelle	• uniquement sur sol acide (pH<5,8)
Gestion	• chaulage avant plantation pour arriver à pH > 6,2 • apport d'amendement organique	

Le cuivre a, de plus, un effet sur les micro-organismes du sol et les lombrics, et donc indirectement sur l'alimentation minérale de la vigne, sur le brassage et l'aération du sol. Une diminution de la vie microbienne des sols est constatée à partir de 30-50 ppm (mg/kg) de cuivre extractible EDTA sur sols acides et 50-100 ppm sur sols carbonatés. Mais c'est le cuivre d'apport récent qui est le plus toxique à ce niveau.

* L'aluminium n'est pas un oligo-élément à proprement parler. Mais le problème qu'entraîne la toxicité en cet élément étant à rapprocher de ceux de la toxicité en cuivre, il paraît judicieux de les traiter conjointement.

LA TOXICITÉ SALINE (hors vent salin)



IFV - Pierre MACKIEWICZ

Cette toxicité se rencontre sur le cordon littoral méridional ou d'anciens sols salés ou les atolls. Elle est la conséquence d'excès à la fois de chlore et de sodium.



IFV - Pierre MACKIEWICZ

Fréquence d'apparition	Occasionnelle
Symptômes **Feuilles** **Rameaux**	• brûlures périphériques pouvant aller jusqu'à des nécroses, voire la chute des feuilles • feuilles adultes touchées en premier • entrée en croissance des prompts bourgeons dans les cas graves
Conséquences	• mauvais aoûtement • mort des souches
Indicateurs	• Analyse de sol : sols sableux > 150-200 mg NaCl/kg sols argileux > 300-400 mg NaCl/kg
Facteurs favorisants	• présence d'eau salée plus ou moins profondément • fertilisation potassique à base de chlorure de potassium
Gestion	• drainage et apport d'eau douce • utilisation d'un porte-greffe résistant (1616 C, 216-3 Cl, G 1) • apport de sulfate de calcium • non utilisation de chlorure de potassium

NB : D'autres oligo-éléments sont utiles au fonctionnement de la vigne mais ne posent pas de problèmes : soufre, zinc (carence signalée à l'étranger avec un seuil d'analyse pétiolaire < 20 mg/kg), molybdène...



Institut Français de la Vigne et du Vin

Carence en bore



INRAE

Toxicité en bore



Chambre d'agriculture de Gironde

Carence en manganèse



IFV - Pierre MACKIEWICZ

Toxicité en bore sur jeune plant



Domaine Expérimental la Tapy

Carence en manganèse



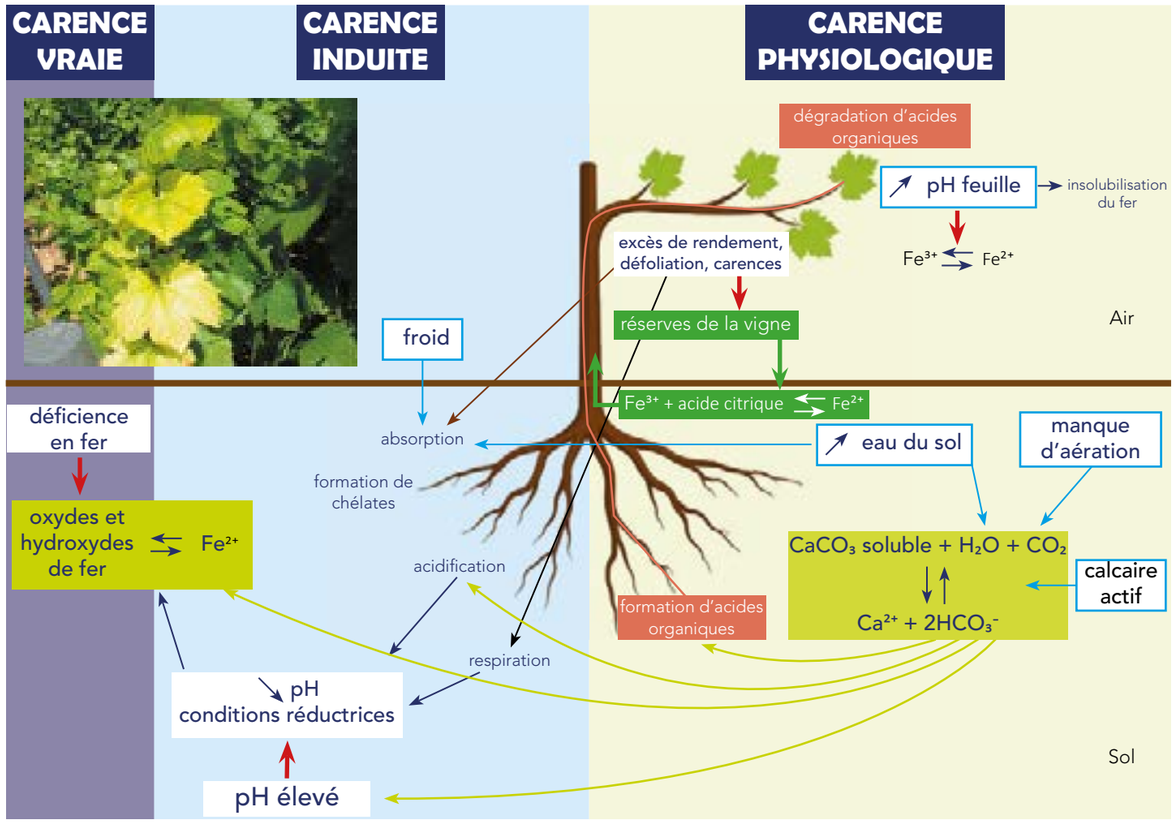
B.Bourrié

Toxicité en manganèse

Cette fiche a été publiée en 2008 dans le cadre d'un projet de R&D mené en partenariat avec les organismes ci-dessous et grâce au financement de Viniflhor :

7 LA CHLOROSE FERRIQUE

La carence en fer provoque la chlorose. Elle peut être due à une teneur en fer du sol insuffisante et on parle alors de carence vraie. Mais les plus répandues sont les carences induites et physiologiques liées à une mauvaise exploitation du fer par la vigne.
Les besoins de la vigne en cet élément sont réduits (inférieurs à 1 kg/ha). En conséquence le fer est un oligo-élément.



Trois types de chlorose sont distingués classiquement :

- la chlorose vraie, liée à une déficience du sol en fer. Ce type de chlorose est rare

- la chlorose induite, liée à une indisponibilité du fer au niveau du sol. La vigne ne peut alors pas l'absorber. Les causes principales sont le pH du sol, l'aération, le taux de calcaire actif ou la teneur élevée en bicarbonate du sol

- la chlorose physiologique. Le fer est absorbé au niveau des racines. Mais, soit la migration vers les feuilles ne peut pas se faire du fait d'une déficience en acide citrique (réserves glucidiques insuffisantes), acide qui permet le transfert du fer. Soit le fer, arrivé au niveau des feuilles, est insolubilisé et donc non utilisable par la plante. Ces deux phénomènes, qui peuvent avoir lieu conjointement, sont liés à la richesse en bicarbonates des racines.

Ces différents types de chlorose peuvent être simultanés et il est souvent difficile de les différencier.

SYMPTÔMES	• Pendant la période de croissance de la vigne : au printemps, le maximum de manifestation des symptômes se situant à la floraison • Jaunissement du limbe (couleur blanc nacré pour les symptômes sévères), dessèchement du limbe entre les nervures (en commençant par la bordure de la feuille), pouvant aller jusqu'à la nécrose complète de la feuille (stade « cottis ») • Les nervures restent vertes • Les jeunes feuilles sont touchées en premier • Zones dans la parcelle
CONSÉQUENCES	• Mauvais aoûtement • Raccourcissement du cycle végétatif ne permettant pas de reconstituer les réserves (faible teneur en amidon dans les bois) • Affaiblissement des souches (jusqu'à la mort dans les cas les plus graves) • Coulure et millerandage • Diminution de la qualité des raisins (richesse en sucres notamment)
FACTEURS FAVORISANTS	• Sol calcaire • Porte-greffe insuffisamment résistant à la chlorose et/ou à l'excès d'humidité temporaire (printemps humide) • Excès d'humidité (absorption plus difficile, formation de bicarbonates) • Période froide (absorption plus difficile au niveau de la vigne) • Sol compacté (mauvaise aération du sol qui favorise la formation de bicarbonates) • Excès de vigueur, de production (limite le stockage de l'acide citrique et nécessite des besoins plus importants) • Historique des désherbages avec des herbicides de prélevée • Travail du sol au printemps dans certains cas • Fertilisation azotée nitrique excessive

GESTION	**Préventive**
	• À la plantation choisir un porte-greffe résistant : en fonction du calcaire actif ou IPC du sol (ce dernier indice ne donne pas toujours satisfaction sur certains types de sol)
	• Favoriser le drainage
	• Éviter le compactage des sols : enherbement, travail du sol (sauf si les horizons profonds sont plus chlorosants)
	
	Curative
	• Apporter du fer au sol avant le débourrement :
	  • Sulfate ferreux (3 à 4 t/ha), en enfouissement de façon à éviter le contact avec l'air
	  • chélates de fer (30 à 80 kg/ha selon formulation), en enfouissement
	• Effectuer 3-4 pulvérisations foliaires (sulfate, nitrate, chélates de fer), à partir du stade 5 feuilles étalées.
	
	NB : l'apport au sol est la solution curative la plus efficace.

Cette fiche a été publiée en 2008 dans le cadre d'un projet de R&D mené en partenariat avec les organismes ci-dessous et grâce au financement de Viniflhor :

8 OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION

Les outils d'aide à la décision permettent de diagnostiquer ou de prévenir d'éventuels problèmes de nutrition. Un outil ne se suffit pas à lui-même et il convient d'exploiter au mieux la complémentarité des outils à la disposition du viticulteur. Les résultats obtenus par ces outils sont des indicateurs, point de départ du raisonnement concernant la fertilisation, qui doivent être interprétés. Cette interprétation doit être effectuée par un technicien de terrain ayant une bonne connaissance du vignoble concerné (cf. fiche 1 - Principes généraux).

OUTILS PRÉCONISÉS À CHAQUE ÉTAPE-CLÉ

Les outils d'aide à la décision sont à agencer en fonction des différentes situations qui peuvent se présenter tout au long de la vie de la vigne et de l'exploitation de la parcelle. Le schéma ci-dessous résume la panoplie d'outils susceptibles d'être utilisés à chaque étape-clé du raisonnement de la fertilisation.

Vigne avant arrachage
- caractéristiques de la parcelle
- historique de la parcelle
- cartographie (pages 3 et 7)
- fosses (page 3)
- analyse de terre (page 4)

Vigne avant plantation
- historique de la parcelle
- cartographie (pages 3 et 7)
- fosses (page 3)
- analyse de terre (page 4)



Vigne en place : cas particuliers
- observation (page 3)
- analyse du végétal (page 6)
- analyse de terre (page 4)

Vigne en place : entretien
- observation (page 3)
- analyse du végétal (page 6)
- analyse de terre (page 4)
- outils prospectifs (page 7)

La connaissance des caractéristiques de la parcelle avant arrachage (comme le porte-greffe ou l'année de plantation), de même que son historique (problèmes éventuels, vigueur, apports réalisés : amendements, engrais, terre), est un complément utile aux outils cités ci-dessous avant arrachage ou plantation, pour appréhender les actions à mener en termes de fertilisation.

VIGNE EN PLACE AVANT ARRACHAGE

- **Cartographie :**

- sondage par tarière
- images aériennes
- chlorose, problèmes sanitaires (court-noué)
- environnement global (adventices, plantes bio-indicatrices, hydromorphie temporaire...)
- cartographie de la vigueur, du rendement (visuel + NDVI), cartographie du sol (résistivité).

- **Fosses** dans des zones représentatives
- **Analyse de terre** pour la détermination de la fumure de fond, le choix du porte-greffe et la détection de contaminants, en fonction de la cartographie définissant des îlots où la réaction de la vigne est supposée homogène.

VIGNE AVANT PLANTATION

- **Cartographie :**

- sondage par tarière
- images aériennes
- chlorose, problèmes sanitaires (court-noué)
- environnement global (adventices, plantes bio-indicatrices, hydromorphie temporaire...)
- cartographie de la vigueur, du rendement (visuel + NDVI), cartographie du sol (résistivité).

- **Fosses** dans des zones représentatives
- **Analyse de terre** pour la détermination de la fumure de fond, le choix du porte-greffe et la détection de contaminants, en fonction de la cartographie définissant des îlots où la réaction de la vigne est supposée homogène.

ENTRETIEN D'UNE VIGNE EN PLACE

- **Observation** de la parcelle
- **Analyse du végétal**
- **Analyse de terre**
- **Outils prospectifs** [optionnels] : N Tester, pinces manuelles, fluorimétrie, analyse de sarments, analyse de sève. La périodicité des analyses à réaliser est indiquée dans la fiche 1 - Principes généraux.

CAS PARTICULIERS SUR UNE VIGNE EN PLACE

Si les problèmes sont localisés en termes spatial, il est important de réaliser une comparaison entre la zone à problème et une zone sans problème.

- **Observation** de la parcelle
- **Analyse du végétal**
- **Analyse de terre**

OBSERVATION DE TERRAIN

De façon à effectuer un diagnostic correct, il est important de prendre en compte les spécificités climatiques du millésime, de même que l'environnement de la parcelle (topographie, végétation des alentours...).

SOL

OBJECTIFS

- Connaissance générale du sol et de son fonctionnement
- Comportement global de la parcelle par détermination des contraintes : érosion, hydromorphie, profondeur, pente
- Choix du matériel végétal
- Choix de l'entretien du sol
- Choix de la préparation du sol avant plantation
- Adaptation de la fertilisation
- Détermination de zones s'il y a hétérogénéité
- Optimisation du prélèvement de terre pour analyses (zones homogènes, profondeur) et de l'échantillonnage pour les prélèvements sur le végétal
- Phase plus concrète pour le viticulteur, que les données analytiques, grâce au constat visuel.

ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE

- Examen de la surface : sol (couleur, cailloux, plantes, hydromorphie), voisinage (environnement, fosses à proximité de la parcelle ou chantiers, qui peuvent permettre d'avoir une première approche)
- Examen de cartes existantes (pédologique, géologique, base de données d'analyses des terres, Institut Géographique National), photos aériennes, historique de la parcelle (analyses, apport de terre)
- Sondage par tarière : profondeur de sol (enfoncement jusqu'à blocage), horizon de matières organiques, texture (appréciation manuelle)
- Fosses (cf. fiche 1 - Principes généraux) : horizons, enracinement (profondeur, répartition du système racinaire), enfouissement de la matière organique, zones de semelle, tassement, circulation d'eau...

Remarque :
Dans la plupart des cas (en particulier concernant la description des fosses), il est nécessaire et recommandé de faire appel à un technicien de terrain.

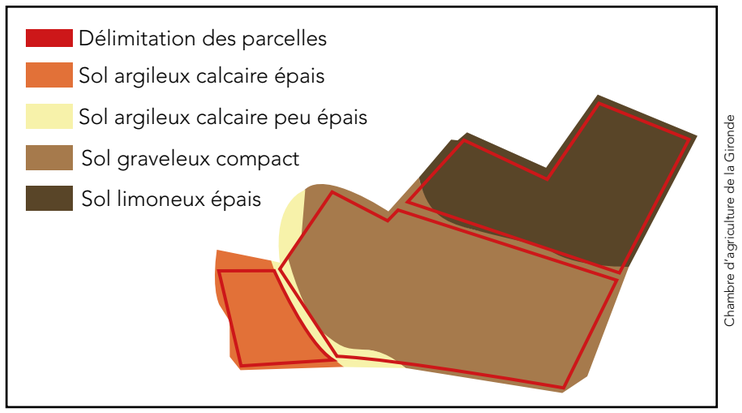
LIMITES

- Temps nécessaire
- Technicité (pour les fosses)
- Mise en oeuvre
- Poids des habitudes



Institut Français de la Vigne et du Vin

Fosse pédologique



Chambre d'agriculture de la Gironde

Cartographie de sol

VÉGÉTAL

OBJECTIFS

- Fonctionnement de la vigne
- Détermination des particularités de la parcelle (zones)
- Adaptation de la fertilisation (et de la conduite de la vigne)
- Adaptation du porte-greffe, de la durée du repos du sol (observations sur la vigne précédente).

ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE

- Observation de la vigueur : pousse végétative, couleur du feuillage, arrêt de croissance, nombre de rognages, niveau de production, qualité des bois (cf. fiche 5 - L'azote en viticulture)
- Etat sanitaire
- Problèmes de coulure
- Eventuels symptômes de carence ou de toxicité : chronologie, périodes, traitements effectués, zonage dans la parcelle.



Institut Français de la Vigne et du Vin

Vigne vigoureuse

LIMITES

- Possibilité de confusion dans les symptômes, en particulier avec des problèmes non liés à la nutrition de la vigne (court-noué, phytosanitaire...)
- Constat (non préventif) s'il s'agit de vignes en place.

ANALYSE DE TERRE

OBJECTIFS

- Caractérisation du type de sol
- Connaissance de la fertilité chimique du sol (bases de la détermination de la fumure de fond)
- Approche du fonctionnement du sol
- Fumure de fond (engrais + amendements)
- Choix du porte-greffe

IMPORTANCE DU PRÉLÈVEMENT

La qualité du prélèvement conditionne la pertinence des résultats et de leur interprétation.

- **Epoque de prélèvement :**

Il vaut mieux éviter de prélever sur sol récemment travaillé ou fertilisé si les conditions sont extrêmes (humidité, sécheresse). Dans des conditions climatiques normales, il est conseillé de veiller à ce que l'engrais ou l'amendement soit bien « dissous ».
La **période** la plus indiquée se situe en automne-hiver (par rapport au pH). Il est surtout important, dans le cas d'analyses de contrôle (répétition dans le temps), de réaliser les prélèvements à la même époque, de façon à pouvoir comparer les résultats dans le temps.
La **fréquence** des prélèvements peut être la suivante dans le cas d'une parcelle sans problème particulier (cf. fiche 1 : Principes généraux) : avant plantation puis tous les 8 ans et une analyse de pH tous les 4 ans.

- **Zone de prélèvement :**

Il est conseillé de prélever toujours **dans la même zone** en réalisant un plan de prélèvement par rapport aux rangs et aux ceps. De façon à limiter le nombre d'analyses, il est recommandé de définir des îlots de **parcelles homogènes** au sein de l'exploitation et de choisir une parcelle représentative par îlot.
Pour **un suivi de l'évolution des paramètres du sol** : prélever dans une petite zone bien repérée par rapport aux rangs et aux ceps, d'environ 20 m de diamètre. Pour **une caractérisation moyenne d'une parcelle** : prélever suivant une diagonale ou dans une zone représentative de la parcelle de 20 m de diamètre.

Il faut veiller à ne pas prélever dans **les zones non représentatives** : zone humide, ancien talus… Si **plusieurs grandes zones coexistent** au sein de la parcelle, prélever séparément dans ces zones et faire l'analyse sur chacune d'elles (cf. page 3 - Observation de terrain). En particulier, sur une grande parcelle, il est intéressant de prendre en compte la pente, notamment avant plantation.
Dans le cas d'un **problème particulier**, prélever à la fois dans la zone à problème et dans la zone saine, de façon à pouvoir les comparer.
Le prélèvement doit être effectué **près de la ligne des ceps**, à 10-30 cm de cette ligne. Sur **vigne enherbée**, veiller à ne pas prélever sur la bande enherbée.

- **Profondeur du prélèvement :**

Avant plantation : 0-30 cm et prélèvement de profondeur (à déterminer) quand cela est possible.
En suivi : 0-30 cm.
L'interprétation pour une épaisseur de sol différente de 0-30 cm est hasardeuse, car les référentiels auxquels il convient de comparer les résultats obtenus, ont généralement été établis pour cette profondeur.
En revanche, il est intéressant de réaliser au préalable une fosse pédologique dans un endroit représentatif de la parcelle, pour adapter le niveau du prélèvement de profondeur à l'épaisseur des horizons observés et des zones de colonisation racinaire.

- **Nombre de prélèvements :**

Il est recommandé de faire 12 à 15 prélèvements unitaires. Les carottes seront soigneusement démottées et l'ensemble bien mélangé dans un seau, de façon à obtenir un échantillon homogène d'environ 1 kg qui sera envoyé au laboratoire d'analyses.
La présence du viticulteur lors du prélèvement est souhaitable dans le sens où cela revêt un intérêt particulier pour lui. Il peut alors se rendre compte par lui-même de certaines caractéristiques du sol, comme la résistance pour prélever. Le viticulteur peut également réaliser les prélèvements lui-même. Des tarières peuvent être prêtées par les chambres d'agriculture.
Il convient de remplir convenablement la feuille de renseignements accompagnant le prélèvement, pour le laboratoire.
Pour les analyses spécifiques (paramètres biologiques notamment), il est recommandé de consulter le laboratoire pour le prélèvement (période) et le conditionnement (conservation des échantillons).


Institut Français de la Vigne et du Vin

Prélèvement de terre

TABLEAUX DE CORRESPONDANCE ET DE CONVERSION

Il convient d'être vigilant quant à l'expression des résultats donnés dans les bulletins d'analyses. Le tableau ci-dessous permet d'effectuer les conversions les plus courantes.

Si le chiffre est exprimé en	Pour le transformer en	Il faut le multiplier par
Ca	$CaCO_3$	2,496
$CaCO_3$	Ca	0,401
K	K_20	1,205
K_20	K	0,830
Mg	MgO	1,658
MgO	Mg	0,603
P	P_2O_5	2,292
P_2O_5	P	0,436

1g de	Est égal à (mEq)
Ca^{2+}	49,9
Mg^{2+}	82,3
K^+	25,6
Na^+	43,5
Al^{3+}	111,1

1 mEq de	Est égal à (g)
Ca^{2+}	0,02004
Mg^{2+}	0,01215
K^+	0,0391
Na^+	0,0230
Al^{3+}	0,009

1 mg/kg = 1 g/t = 1 ppm
1 g/kg = 1 kg/t = 1 pour mille
mEq = milliéquivalents

Source : Guide des analyses en pédologie. D. Baize (2000)

ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE

- Granulométrie : une seule détermination est nécessaire. Elle sera réalisée avant plantation.
- Analyses chimiques classiques : taux de matières organiques, éléments minéraux (N, P, K, Ca, Mg).
- pH : peu d'intérêt en sols calcaires. Dans ce cas, les dosages du calcaire actif et de l'IPC seront réalisés avant plantation (cf. fiche 7 - La chlorose ferrique).
- Oligo-éléments : uniquement si un problème est détecté sur la vigne (cf. fiche 6 - Les oligo-éléments).
- CEC : pour vérifier une évolution, demander la CEC effective et non la CEC Metson, qui est ramenée à pH 7.

L'analyse complète avant plantation est à réaliser obligatoirement.

L'interprétation de la richesse en éléments minéraux et de leur disponibilité pour la vigne est appréciée à partir de la granulométrie, de la teneur en matières organiques et du pH. Cette interprétation est réalisée grâce à des référentiels, le plus souvent régionaux. Cependant, elle requiert l'expertise d'un conseiller possédant une bonne connaissance du vignoble considéré (cf. fiche 1 - Principes généraux).

LIMITES

La profondeur de prélèvement de la vigne doit correspondre à la profondeur d'enracinement de la vigne. Or, il est difficile de prélever dans les horizons profonds.
L'hétérogénéité de la parcelle n'est pas facile à prendre en compte.
En fonction du vignoble, du type de sol et des pratiques culturales, il existe des référentiels régionalisés.

ANALYSE DU VÉGÉTAL

OBJECTIFS

- Connaissance de l'état nutritionnel et de son suivi au niveau de la vigne
- Outil de pilotage de la fertilisation d'entretien.

ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE

L'organe prélevé, l'époque et le mode de prélèvement sont à déterminer en fonction du référentiel dont on dispose. Ce référentiel peut être obtenu en consultant le laboratoire d'analyses ou votre conseiller local.

Le limbe, le pétiole ou la feuille entière peuvent être analysés. Le stade de prélèvement le plus indiqué est la véraison, mais des prélèvements peuvent être effectués à d'autres stades (à la floraison par exemple), en complément. Les référentiels sont avant tout régionaux. Ils peuvent également différencier les cépages. Ils correspondent à des conditions de prélèvement très précises (organe prélevé, stade de prélèvement, position de la feuille à prélever), qu'il convient de respecter pour une bonne interprétation des résultats.
Zone de prélèvement : se référer au paragraphe « Zone de prélèvement » de la partie « Analyse de terre » (page 4).
Dans le cas d'un problème particulier sur la vigne, ne pas prélever sur un cep trop atteint (plutôt en bordure de zone touchée).


Institut Français de la Vigne et du Vin

Prélèvement de feuilles

Fréquence : tous les 4 ans si pas de problème particulier (cf. fiche 1 - Principes généraux). En cas de problème, réaliser un suivi annuel jusqu'à sa résolution (3-4 ans).
Les observations réalisées (page 3) peuvent être mentionnées sur la fiche de renseignement pour le laboratoire.
Il est recommandé de tenir compte de l'équilibre entre les éléments (par exemple rapport K/Mg – cf. fiche 2 : Fertilisations phosphatée, potassique et magnésienne) et pas seulement des valeurs par élément.

LIMITES

- Pondérer l'interprétation en fonction des conditions climatiques
- Outil non utilisable pour certains éléments : Cu, Fe par exemple.

Remarque : Il existe d'autres outils d'analyse du végétal (analyses de sarments, de sève), mais avec peu de recul et des référentiels à mettre en place.

OUTILS PROSPECTIFS

Les outils prospectifs n'ont pas de caractère générique et leur utilisation reste encore marginale à l'heure actuelle. Une phase d'étalonnage est encore nécessaire de façon à pouvoir exploiter au mieux les renseignements qu'ils fournissent. Ils n'en restent pas moins des outils qui pourraient permettre à l'avenir de compléter utilement les données obtenues avec les outils plus classiques.

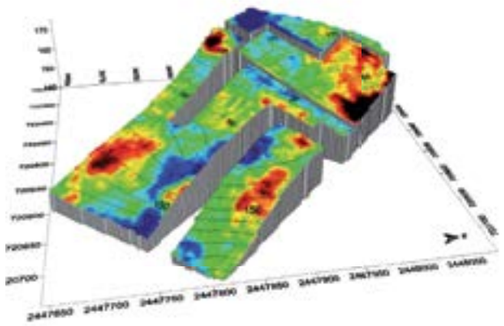
RÉSISTIVITÉ

PRINCIPE

Mesure de la résistivité électrique du sol, c'est-à-dire la capacité du sol à limiter le passage du courant électrique. Cette mesure dépend des caractéristiques pérennes du sol, mais également de caractéristiques variables au cours du temps (température, humidité par exemple).

OBJECTIF

Zonage intra-parcellaire, mise en évidence des hétérogénéités en vue d'optimiser les prélèvements d'échantillons pour analyse.



Comité Champagne

Cartographie de résistivité d'une parcelle

OUTILS OPTIQUES

NDVI (Normalized Difference Vegetative Index)

Indice de végétation à base de mesures de la réflectance chlorophyllienne, qui renseigne sur la vigueur du végétal. Il est possible d'utiliser cette technique en aérien (télédétection) ou en embarqué (proxidétection).
En intra-parcellaire, le NDVI est un bon révélateur de l'hétérogénéité. Mais, il reste délicat à utiliser en inter-parcellaire, avec des parcelles différentes, des cépages différents... Une fois l'hétérogénéité détectée par le NDVI, c'est au technicien d'en trouver la cause, qui peut être diverse : sol, carence, virose, sécheresse, maladie...



INRAE

Appareil de mesure du NDVI embarqué



INRAE

Cartographie NDVI d'une exploitation



Photos Comité Champagne

N Tester



CCM 200

CHLOROPHYLLE-MÈTRES

- **Principe**

Mesure de l'absorption de différentes longueurs d'ondes (rouge, infrarouge, ultraviolet...).

FLUORIMÉTRIE CHLOROPHYLLIENNE

- **Principe**

Mesure de la réémission de fluorescence chlorophyllienne qui traduit le plus ou moins bon fonctionnement de la plante.



SADEF

Fluorimètre chlorophyllien

OBJECTIFS COMMUNS

- Quantification de la vigueur par l'appréciation du fonctionnement photosynthétique
- Mise en évidence des hétérogénéités
- Suivi dynamique
- Suivis préventif et prédictif

Cette fiche a été publiée en 2009 dans le cadre d'un projet de R&D mené en partenariat avec les organismes ci-dessous :

9 LA RÉGLEMENTATION

La réglementation sur les matières fertilisantes a pour but d'informer le viticulteur sur les caractéristiques des produits (nature, composition, précautions d'emploi) qui lui sont proposés et de l'assurer sur l'utilisation de ces produits (efficacité, innocuité).

DÉFINITIONS - PROCÉDURES

Tout produit mis sur le marché doit avoir été homologué. Cinq cas de dispense à cette homologation sont prévus :

- produit ayant obtenu une autorisation provisoire de vente (APV) ou d'importation
- produit conforme à une norme française rendue d'application obligatoire par arrêté interministériel
- produit soumis au règlement CE n°2003/2003
- rejets, dépôts, déchets ou résidus soumis à plans d'épandage par arrêté préfectoral au titre de la loi sur l'eau ou sur les installations classées
- produits organiques bruts et supports de culture d'origine naturelle, sous-produits d'une exploitation agricole ou d'un établissement d'élevage cédés directement par l'exploitant.

QUELQUES DÉFINITIONS

- MATIÈRES FERTILISANTES

Elles comprennent les engrais, les amendements et d'une manière générale tous les produits dont l'emploi est destiné à assurer ou à améliorer la nutrition des végétaux ainsi que les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols.

ENGRAIS -

Matières fertilisantes dont la fonction principale est d'apporter aux plantes des éléments directement utiles à leur nutrition (éléments fertilisants majeurs, secondaires et oligo-éléments).

- **Engrais organique :** engrais dont la totalité des éléments fertilisants majeurs (N, P, K) a une origine organique, animale ou végétale
- **Engrais organo-minéral :** réservé aux mélanges d'engrais minéraux et d'engrais organiques. Ils doivent contenir au moins 1 % d'azote d'origine organique*.

- AMENDEMENTS

Matières fertilisantes destinées à maintenir ou à améliorer les propriétés des sols (amendement organique et amendement minéral basique).

SUPPORT DE CULTURE -

Produits destinés à servir de milieu de culture à certains végétaux.

** Les pourcentages indiqués dans cette fiche sont exprimés par rapport à la matière brute du produit considéré.*

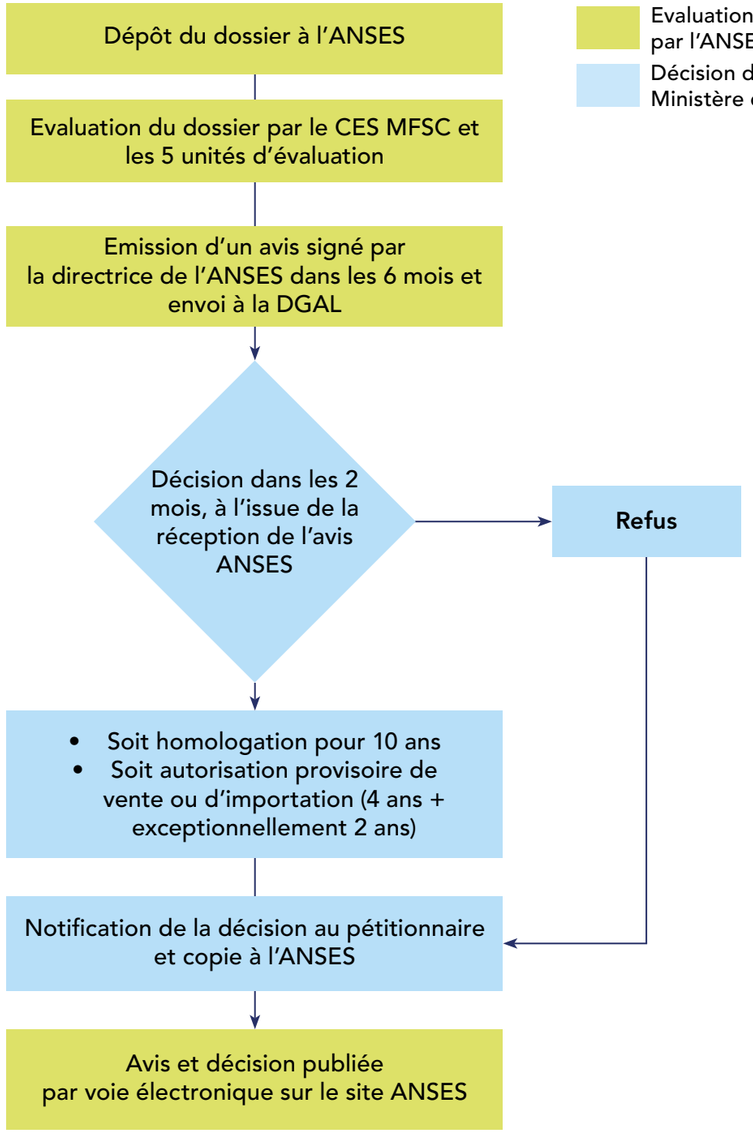
HOMOLOGATION

C'est la règle générale de base. Elle impose trois critères :

- l'efficacité agronomique
- l'innocuité à l'égard de l'homme, des animaux et de leur environnement dans les conditions d'emploi prescrites et normales
- la constance de composition. Cela implique une caractérisation la plus complète possible du produit.

- PROCÉDURE

L'évaluation des risques et des bénéfices liés aux matières fertilisantes est assurée par la DPR (Direction des produits réglementés) de l'ANSES [Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, issue de la fusion entre l'AFSSA (Agence française de sécurité sanitaire des aliments) et l'AFSSET (Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail)]. www.anses.fr



CONTRÔLE -

Les modalités de contrôle sont précisées dans la décision d'homologation (en particulier spécification des analyses à réaliser et périodicité).

NORMALISATION

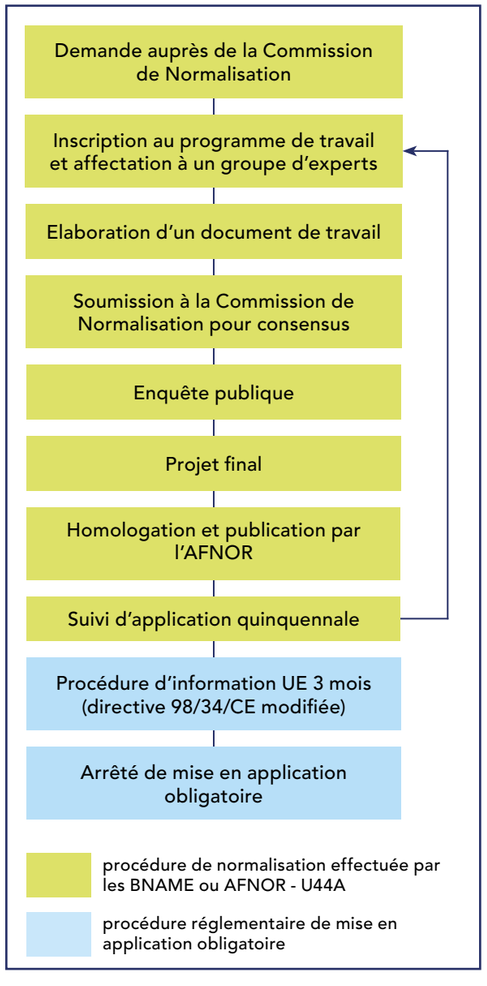
La normalisation simplifie la procédure de mise sur le marché des produits par rapport à l'homologation. Il suffit en effet de respecter le mode d'obtention et les spécifications de la dénomination de la norme (basé sur des critères d'efficacité agronomique) et de s'assurer de l'innocuité du produit.

- DÉFINITION

« La normalisation est une activité d'intérêt général qui a pour objet de fournir des documents de référence élaborés de manière consensuelle par toutes les parties intéressées, portant sur des règles, des caractéristiques, des recommandations ou des exemples de bonnes pratiques, relatives à des services, à des méthodes, à des processus ou à des organisations » (définition issue du décret 2009/697).

ÉLABORATION -

Toutes les personnes concernées par un sujet peuvent participer aux travaux de rédaction d'une norme. Elle n'est pas toujours exhaustive ni d'une rigueur scientifique. Elle est le résultat d'un consensus des discussions entre les professionnels du tour de table.
Trois commissions de normalisation gèrent la procédure de normalisation des matières fertilisantes : deux commissions au sein du BNAME (Bureau de Normalisation des Amendements Minéraux et des Engrais) pour la normalisation des engrais et des amendements minéraux basiques et une commission U44A au sein de l'AFNOR (Association Français de Normalisation) pour les amendements organiques et les supports de culture. Le BNAME est agréé et travaille par délégation de l'AFNOR.



- CONTRÔLE

1) conformité du produit à la norme :
analyses de chaque paramètre déclaré sur l'étiquetage, effectuées sur des échantillons représentatifs du produit tel qu'il est mis sur le marché,
2) Vérification de l'innocuité du produit :
- analyses régulières et lors de toute modification dans l'origine ou la nature des matières premières utilisées,
- évaluation des risques pouvant résulter de la présence éventuelle d'ETM (Eléments Traces Métalliques), de germes pathogènes pour l'homme et les animaux, d'autres polluants potentiels tels que les composés traces organiques, les éléments inertes (plastiques, verre, métaux)...
La fréquence des analyses dépend de la norme et des quantités mises en marché.

NORMES CONCERNANT LES MATIÈRES FERTILISANTES -

NF U42-001 : engrais
- les engrais minéraux doivent avoir une teneur d'au moins 3 % dans l'un des éléments majeurs N, P_2O_5, K_2O
- pour les engrais apportant du calcium, du magnésium, du sodium et/ou du soufre (sans teneur déclarée en N, P ou K), une teneur minimale est définie par type de produit
- les engrais organo-minéraux doivent avoir une teneur d'au moins 1 % en N organique d'origine animale ou végétale
- les engrais organiques azotés doivent avoir une teneur d'au moins 3 % en N organique d'origine animale et/ou végétale et les engrais organiques NPK, NP, NK doivent contenir au moins 3 % en un des éléments majeurs ou avoir $N + P_2O_5 + K_2O > 7$ %

NF U42-002 : engrais à teneur déclarée en oligo-éléments, apport au sol
NF U42-003 : engrais à teneur déclarée en oligo-éléments, apport par pulvérisation foliaire
NF U42-004 : engrais pour solutions nutritives minérales
NF U44-001 : amendement minéral basique
NF U44-051 : amendements organiques

Définition :
matières fertilisantes composées principalement de combinaisons carbonées d'origine végétale, ou animale et végétale en mélange, destinées à l'entretien ou à la reconstitution du stock de matière organique du sol et à l 'amélioration de ses propriétés physiques et/ou chimiques et/ou biologiques.

Composition en éléments majeurs :
- $N < 3\ \%$ et $P_2O_5 < 3\ \%$ et $K_2O < 3\ \%$
- $N + P_2O_5 + K_2O < 7\ \%$
- Matière sèche > 30 %

sauf pour les amendements organiques avec engrais
- $N\text{-}NO_3 + N\text{-}NH_4 + N$ Uréique < 33 % N Total
- C/N > 8

L'ISMO (Indice de Stabilité de la Matière Organique) remplace désormais ISB/CBM (voir fiche 3). La minéralisation potentielle du carbone et de l'azote est également intégrée dans cette norme. Une classification agronomique des amendements organiques, basée sur ces analyses, est en cours. Ces analyses ne sont toutefois obligatoires que pour des productions supérieures à 3 500 t/an.

NF U44-095 : composts de MIATE (Matières d'Intérêt Agronomique Issues du Traitement des Eaux)
NF U44-203 : amendements minéraux basiques - engrais
NF U44-551 : supports de culture

Règlement (CE) n° 2003/2003

Il définit les engrais CE (uniquement pour les engrais minéraux). Il permet la mise sur le marché des engrais définis en annexe I dans tous les états-membres (harmonisation, libre circulation). Les critères sur lesquels se base ce règlement sont proches de ceux de l'homologation :
- absence d'effet négatif sur la santé des hommes, des animaux, des plantes et sur l'environnement dans les conditions normales d'utilisation
- efficacité du produit
- disponibilité de méthodes appropriées d'échantillonnage et d'analyse

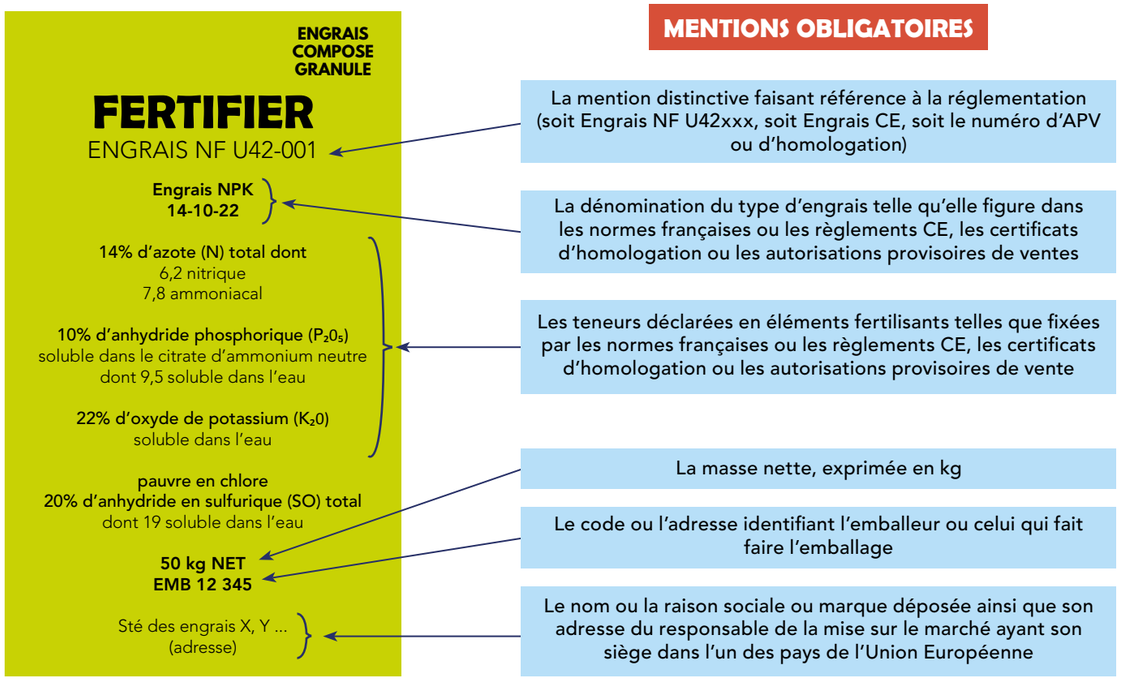
Nota bene : *la législation européenne intègre le principe de reconnaissance mutuelle, qui permet l'utilisation de produits autorisés dans d'autres états-membres. Cependant, toutes les matières fertilisantes non françaises qui ne rentrent pas dans les normes françaises doivent être évaluées par l'ANSES.*

EN PRATIQUE

ÉTIQUETAGE

Les mentions obligatoires sont précisées dans le décret 80-478 du 16 juin 1980 dans les normes, les décisions d'homologation ou les autorisations provisoires de vente ou d'importation.

- COMMENT LIRE UNE ÉTIQUETTE



Source : UNIFA

Doivent également être indiqués le classement du produit vis-à-vis des risques au transport (caractère comburant par exemple) et les informations relatives à la sécurité de l'utilisateur (irritant, corrosif).
Les indications obligatoires concernant les matières premières utilisées pour la fabrication d'un compost sont très importantes à considérer, car la plus ou moins grande stabilité du produit peut en dépendre, indépendamment de l'ISMO (voir page 4). Le compostage est en effet un processus dont le produit final (et ses caractéristiques) dépend pour beaucoup des matières utilisées pour sa fabrication.
L'étiquette est le seul document officiel. Les plaquettes de présentation du produit ou les fiches techniques, par exemple, ne sont pas normalisées et ne sont donc pas garantes des caractéristiques du produit.

Exemple :
Etiquette du produit X (officiel) : engrais CE (mélange liquide d'oligo-éléments)
Plaquette de présentation (sans garantie) : le produit X potentialise les défenses naturelles de la plante en renforçant son auto-défense. Il agit sur les champignons du bois.

PRODUITS «ALTERNATIFS» POUR LA LUTTE PHYTOSANITAIRE

Il s'agit des produits du type stimulateur de défenses naturelles (SDN), éliciteur ou produit naturel. Les facteurs biotiques et abiotiques influencent la réponse de ces produits, dont l'objectif est la lutte contre les parasites de la vigne.
Légalement, un produit utilisé pour lutter contre un pathogène doit être autorisé pour cet usage selon la directive européenne 91/414/CEE (remplacée prochainement par le règlement CE n° 1107/2009) et disposer d'une autorisation de mise en marché. Bien que distribués officieusement pour lutter contre les maladies, les SDN se retrouvent souvent dans la catégorie des fertilisants. Il n'y a alors aucune garantie au niveau de leur toxicologie, éco-toxicologie et efficacité pour un usage qu'ils ne peuvent revendiquer officiellement.
La réglementation sur les produits phytosanitaires est en cours d'évolution de façon à prendre en compte ces nouveaux produits. Ainsi, les préparations naturelles peu préoccupantes (PNPP) ont été récemment définies (par décret en 2009), de même que la procédure simplifiée permettant leur utilisation.

RÉGLEMENTATION SUR LES BOUES DE STATION D'ÉPURATION (STEP)

Elles suivent la réglementation concernant les MIATES, c'est-à-dire avec plan d'épandage obligatoire. Toutefois, le fait qu'une boue réponde à la norme NF U44-095 dispense d'un plan d'épandage et des contraintes sur les caractéristiques du sol récepteur.
L'utilisation des ces matières, brutes, compostées ou en association avec d'autes matières, est actuellement non autorisée en AOC, sauf mention contraire dans le cahier des charges de l'AOC considérée (décret de 2003).
Cette réglementation porte également sur les composts et déchets organiques ménagers. Ainsi, un produit homologué sur vigne, fabriqué en partie à base de boues de STEP, ne peut pas être utilisé en AOC.
D'une manière générale, les matières épandues sont régies par un plan d'épandage (suivi des apports, suivi au niveau du sol) alors que les produits épandus normalisés ou homologués n'ont pas besoin de ce suivi.

DIRECTIVE NITRATES

Cette directive a été mise en place pour lutter contre les pollutions liées à l'azote provenant de sources agricoles. Cette directive oblige les Etats-membres à délimiter les zones vulnérables justifiant un programme d'action. Ils comportent un ensemble de mesures allant d'un plafond d'apport en azote d'origine animale à l'équilibre de la fertilisation en passant par un calendrier d'épandage et des conditions restrictives à l'épandage liées aux états du sol. Des mesures complémentaires peuvent être prises sur des bassins versants ou des territoires présentant un risque particulier au sein de la zone vulnérable.

Outre ces différentes réglementations, des réglementations particulières peuvent être mises en place dans certaines zones : zones de captage des eaux, Natura 2000 par exemple.

Dans le cas particulier des bassins d'alimentation de captage (BAC), certains périmètres de protection de captage (rapproché et/ou éloigné) sont soumis à réglementation (notamment pour l'épandage d'effluents et de matières organiques dont amendements et engrais organiques), selon les recommandations ou prescriptions de l'hydrogéologue agréé (ayant procédé à l'étude des périmètres de protection du bassin considéré).

CAS DE LA VITICULTURE BIOLOGIQUE

La viticulture biologique est régie par le règlement européen sur l'agriculture biologique. L'annexe I précise les produits fertilisants utilisables à l'exclusion de tout autre (principe de la liste positive). https://agriculture.gouv.fr/sites/default/files/documents/pdf/PJ3-Nvx_R_CE_889-2008_cle41a61d.pdf

Les produits peuvent porter différentes distinctions de qualité en relation avec leur utilisation en agriculture biologique. Ces certification, label, marque, charte et garantie de qualité n'ont pas de caractère obligatoire : ils relèvent d'une démarche volontaire de la part des sociétés commerciales.

On peut distinguer ainsi :
- la mention « utilisable en agriculture biologique » où le fournisseur n'est pas soumis à un contrôle d'un organisme certificateur mais peut être contrôlé par la Répression des Fraudes,
- la mention « Nature et Progrès » où le fabricant fait l'objet d'un contrôle externe mais n'est pas certifié,
- les marques Ecofert ou Qualité France qui, en plus de l'utilisation en AB, certifient que les produits sont respectueux de l'environnement et que leur innocuité a été vérifiée.

EN CONCLUSION

La réglementation, même si elle reste complexe, assure une certaine garantie à l'utilisateur final qu'est le viticulteur. Elle permet également de le guider dans le choix des produits, grâce aux indications mentionnées : composition en éléments fertilisants, caractéristiques du produit. Elle lui permet également une comparaison intéressante des produits.

En dépit des procédures qui peuvent être assez longues, la réglementation est également évolutive, ce qui lui permet de s'adapter à l'évolution des produits, des techniques d'analyses et des contraintes environnementales. Malgré certaines failles, elle reste un garde-fou indispensable à une utilisation raisonnée des fertilisants.

Cette fiche a été publiée en 2010 dans le cadre d'un projet de R&D mené en partenariat avec les organismes ci-dessous :

10 LES ASPECTS PRATIQUES DE LA FERTILISATION AZOTÉE

Pour plus de renseignements sur la fertilisation azotée, se rapporter à la fiche 5.

QUEL TYPE DE PRODUIT ORGANIQUE UTILISER POUR AMÉLIORER LA VIGUEUR OU LE RENDEMENT DE LA VIGNE ?

Il s'agit alors de jouer sur la nutrition de la vigne. Il faut donc utiliser un produit qui va libérer suffisamment d'azote pour cette dernière : c'est un engrais qui est nécessaire. Ce type de produit est défini réglementairement (normes NF U42-001-1 à 42-001-3). Voir fiche 11 pour approfondir.

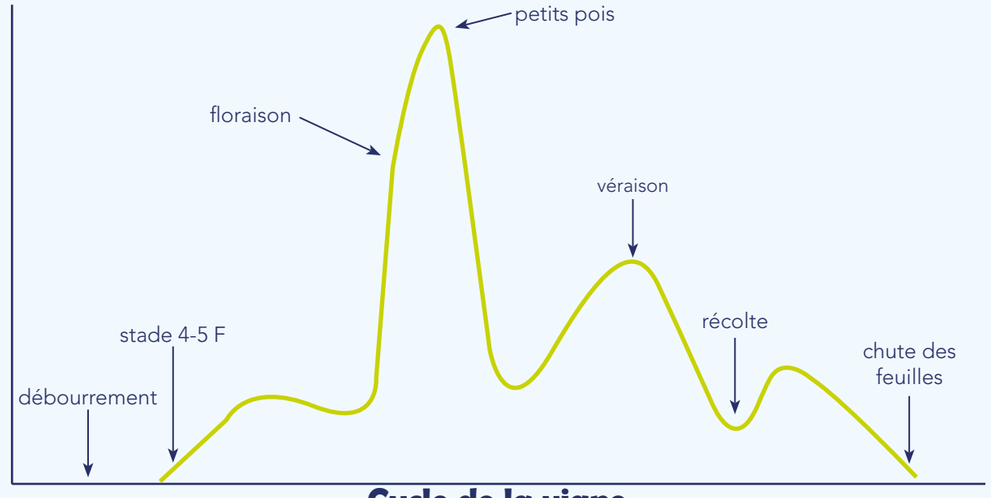
ET QUEL TYPE DE PRODUIT POUR AMÉLIORER L'ÉTAT DE MON SOL ?

Il faut alors utiliser un amendement, qui va jouer sur les propriétés du sol, notamment grâce à la matière organique stable qu'il apporte. Ce type de produit est également défini réglementairement (norme NF U44-051 - voir fiche 9).

QUELLE EST LA PÉRIODE OPTIMALE POUR RÉALISER UN APPORT D'AZOTE ?

De la forme d'apport va dépendre la période d'apport, sachant que la vigne va utiliser l'azote fourni par le sol surtout vers la floraison puis la véraison et enfin après vendanges. En particulier, au débourrement, la vigne puise sur ses réserves azotées, situées dans les parties pérennes, pour se développer.

SCHÉMA DU RYTHME ANNUEL D'ABSORPTION DE L'AZOTE PAR LA VIGNE



Cycle de la vigne

Sources : *Conradie, 1980 ; Lönhertz, 1989*

Il va falloir faire en sorte que l'azote minéral (principalement sous forme de nitrates) soit disponible au niveau des racines vers la floraison. Les conditions pédoclimatiques sont donc également à prendre en compte pour évaluer la vitesse de migration de l'azote nitrique vers les racines. Ainsi la migration sera plus rapide pour un sol drainant (sol sableux par exemple) que pour un sol lourd (argileux par exemple). En régions à tendance printanière sèche, la migration sera ralentie par le manque de précipitations.

La meilleure époque dépend également du type d'engrais utilisé (voir fiche 11) :
- Apport sous forme minérale : à réaliser 2-3 semaines avant floraison en sol drainant, 1 mois à 1 mois et demi avant floraison en sol lourd et en situation printanière normale.
- Apport sous forme organique : à réaliser en fin d'hiver.

Attention, en zone vulnérable (directive nitrates), l'apport d'azote est interdit à certaines périodes : consulter l'arrêté régional correspondant à sa parcelle.

Concernant les apports azotés après vendanges, de façon à augmenter les réserves de la vigne en cet élément, les références sont encore peu nombreuses. Des essais réalisés en Beaujolais avec des apports foliaires en azote juste après les vendanges, ont essentiellement montré un effet sur l'azote assimilable des moûts l'année suivante, alors que l'effet sur la vigueur et le rendement n'était pas significatif.

L'APPORT DOIT-IL ÊTRE ENFOUI ?

L'engrais peut être enfoui de façon superficielle après apport, de façon à faciliter sa migration vers les racines et à limiter la volatilisation de l'ammoniac et les pertes par ruissellement. Les émissions d'ammoniac constituent en effet une perte d'azote pour la culture mais également un risque environnemental (acidification des sols et de l'eau, eutrophisation) et humain (formation de particules fines).

L'APPORT DOIT-IL ÊTRE LOCALISÉ ?

En vigne étroite, dans le cas d'une vigne enherbée, l'apport sera localisé sur la partie non enherbée (sous le rang si la parcelle est enherbée sur l'inter-rang) de façon qu'il bénéficie en priorité à la vigne. En vigne large, l'apport sera localisé sous le rang dans tous les cas.

Y A T-IL D'AUTRES POINTS DE VIGILANCE POUR L'APPORT AZOTÉ ?

Outre la prise en compte des effets néfastes d'un apport trop important ou trop faible (voir fiche 5), il faut également respecter la réglementation, en particulier la directive nitrates en zone vulnérable. Ainsi, il est nécessaire de prendre en compte la distance par rapport aux cours d'eau, les périodes d'interdiction d'épandage selon les conditions météorologiques et l'état du sol, ainsi que les règles spécifiques applicables en zone vulnérable. Il convient également de consulter l'arrêté régional correspondant à la parcelle concernée.

Certaines certifications ou certains cahiers des charges (HVE, Terra Vitis…) imposent également certaines règles à respecter.

QUEL EST L'IMPACT ÉCONOMIQUE DE CES TYPES D'APPORT ?

Des exemples peuvent être trouvés avec le calculateur GEMO.
Ce calculateur, disponible pour l'Occitanie, devrait, quand il sera finalisé, aboutir à un outil d'aide à la décision technico-économique.

Exemple de calculateur GEMO

En partenariat avec :

11 COMPLÉMENTS TECHNIQUES À LA FICHE 10

QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE UN ENGRAIS ET UN AMENDEMENT ORGANIQUE ?

Quelques définitions sont nécessaires pour bien comprendre cette différence (voir fiche 9).

Matières fertilisantes : elles comprennent les engrais, les amendements, les biostimulants et d'une manière générale tous les produits dont l'emploi est destiné à assurer ou à améliorer la nutrition des végétaux ainsi que les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols.

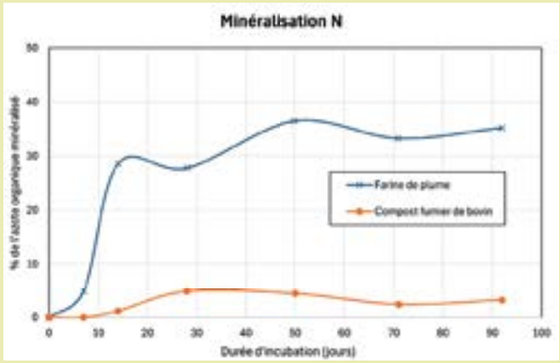
Il est particulièrement important de bien distinguer un engrais organique d'un amendement organique :

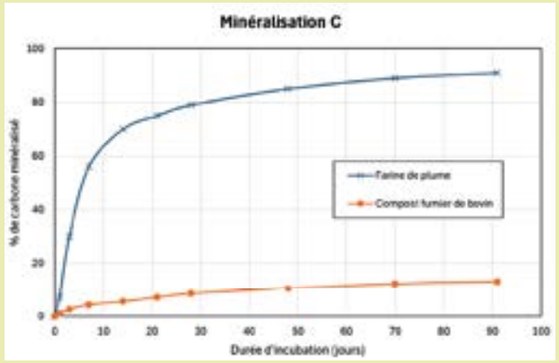
Critères	Engrais	Amendement organique
Objectif principal	Nourrir la culture (action fertilisante directe)	Améliorer la structure, la vie microbienne, la capacité de rétention d'eau et la fertilité du sol à long terme
Effet	Rapide ou progressif selon la forme (minéralisation des nutriments)	Effet lent, durable, souvent sur plusieurs années
Exemples	Ammonitrate, urée, sulfate d'ammoniaque, engrais ternaire (NPK), fumier frais, guano, sang séché, corne broyée, tourteaux végétaux…	Composts, fumier bien décomposé, biochar…
Norme française associée	NF U42-001-1 à 3	NF U44-051
Teneurs exigées	Doit contenir une quantité minimale d'éléments fertilisants : $N+P_2O_5+K_2O \geq 7$ % ou un des 3 éléments ≥ 3 %	Pas d'obligation d'apports minimum en N, P ou K. Priorité donnée à la matière organique
Action sur le sol	Peu d'effet structurel, agit surtout via la nutrition des plantes	Fort impact sur la structure, l'aération, la rétention en eau, l'activité biologique…

D'un point de vue pratique, la différenciation entre ces deux types de produit peut se faire à partir de la minéralisation, d'une part, de l'azote et, d'autre part, du carbone de ces produits. Un exemple est donné dans les figures suivantes.
La farine de plume laisse peu de carbone dans le sol, 90 % du carbone du produit étant minéralisé, mais libère de l'azote assimilable pour la vigne (35 % de l'azote du produit). **C'est un engrais.**
A l'inverse, le carbone du compost de fumier de bovin est peu minéralisé (13 %) et enrichit donc le sol en carbone. Ce compost libère peu d'azote pour la vigne (4-5 % de l'azote du produit). **C'est un amendement.**

Courbes de minéralisation en conditions contrôlées dans un sol (température : 15 °C, humidité du sol à la capacité au champ). Issues de la plaquette Itinéraires n°25 Marcs de raisin, lies de vin et bourbes : ***Quelle gestion des sous-produits vinicoles ? (IFV, 2013)***

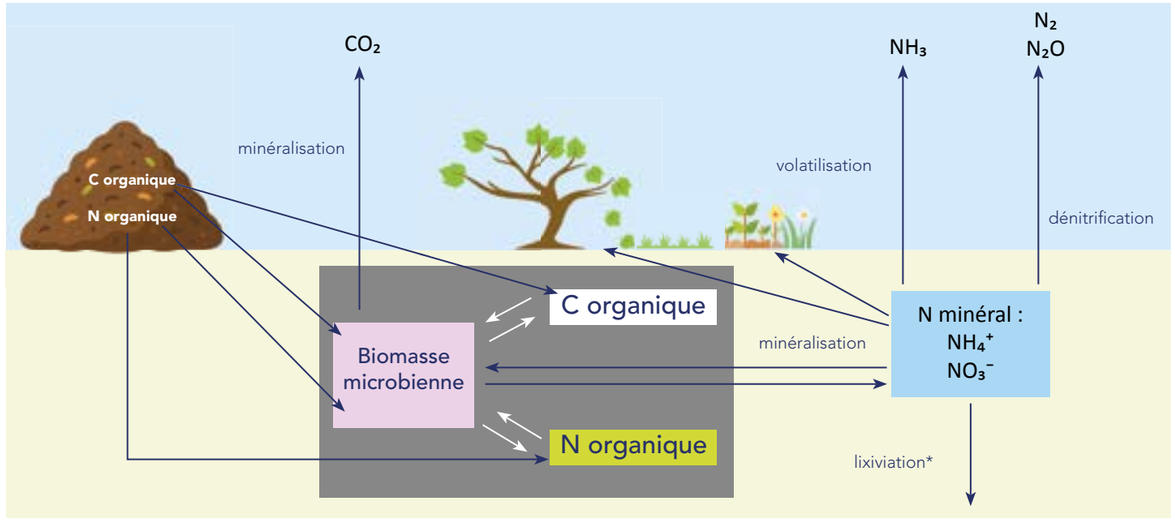
On considère que 3 mois en incubation sont équivalents à une année en plein champ.





DEVENIR DE L'AZOTE ET DU CARBONE DU PRODUIT ORGANIQUE

A noter que tout l'azote de l'engrais organique n'est pas minéralisé l'année de l'apport et que seule une fraction de cet azote, variable suivant le type d'engrais, sera donc disponible pour la vigne. Il faudra le prendre en compte pour déterminer la dose d'engrais organique à apporter. Une fraction de l'azote peut être perdue vers l'atmosphère par volatilisation ou dénitrification, ou vers les eaux par lixiviation. Une partie est utilisée par les organismes du sol. Enfin, une fraction va rejoindre la partie stable de la matière organique du sol. Voir le schéma ci-dessous.



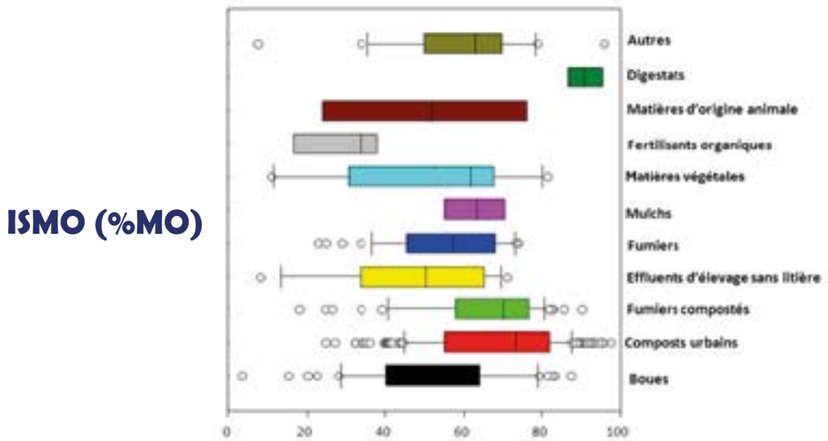
* la lixiviation correspond à l'entraînement d'un élément soluble (ici l'azote) en profondeur. Par abus de langage, elle est souvent confondue avec le lessivage, qui correspond à l'entraînement en profondeur de particules solides (par exemple les argiles).

L'INDICE DE STABILITÉ DE LA MATIÉRE ORGANIQUE (ISMO)

Cet indice a été mis au point par INRAE en 2009 et remplace les indicateurs ISB et CBM (voir fiche 3). Déterminé par analyse au laboratoire (analyse normalisée), il permet de fournir le rendement en matière organique (MO) stable du produit (exprimé en % de la MO du produit). Il prédit l'efficacité d'un produit organique à augmenter les stocks de MO dans le sol et à améliorer ainsi les propriétés du sol. Il permet de caractériser le pouvoir amendant du produit.

On peut donc calculer la quantité de MO stable fournie par le produit à partir de son taux de MO et de son ISMO. Ainsi un produit organique ayant une teneur en MO de 50 % (sur produit brut) et un ISMO de 65 fournira 325 kg de MO stable par tonne de produit brut.

La figure suivante donne quelques valeurs d'ISMO en fonction du type de produit (Lashermes et al, 2009). On remarque que l'ISMO peut varier de façon importante pour un même type de produit.



Les fabricants d'amendements organiques doivent évaluer l'ISMO de leurs produits annuellement dès une production annuelle supérieure ou égale à 3500 t (norme NF U44-051). Le marquage reste cependant facultatif.

Les composts de déchets verts et les composts de marcs de raisin présentent des ISMO compris entre 65 et 90. Pour les couverts végétaux (engrais verts par exemple), l'ISMO varie de 30 à 40.

En complément, des valeurs d'ISMO sont données dans le coût des fournitures en viticulture ainsi que dans le guide valorisation agricole des matières fertilisantes d'origine résiduaire en Occitanie.

Le coût des fournitures en viticulture

Le guide de valorisation agricole en Occitanie

Le rapport C/N d'un produit organique donne une idée de la vitesse de décomposition d'un produit brut (voir fiche 3) mais ne donne pas d'information chiffrée sur le rendement du produit en matière organique stable, à la différence de l'ISMO.

LES TYPES D'ENGRAIS AZOTÉS

L'azote peut être apporté sous forme minérale ou sous forme organique. Son état conditionne son évolution, sa dynamique et son aptitude à être assimilé ou non par les racines (et donc sa période d'apport).

Réglementairement, les engrais se répartissent en 3 catégories :

Catégorie d'engrais	Norme	Composition / Exigences principales	Origine des matières
Engrais minéraux	**NF U42-001-1**	Engrais dont la totalité des éléments fertilisants a une origine minérale	Fabriqué à partir de l'azote de l'air, de minerais extraits du sous-sol ou par synthèse
Engrais organiques	**NF U42-001-2**	Engrais dont la totalité des éléments fertilisants a une origine organique. Ne doit pas contenir d'azote organique de synthèse	Matières d'origine animale ou végétale (fumiers, farines animales, etc.)
Engrais organo-minéraux	**NF U42-001-3**	Réservé aux mélanges d'engrais minéraux et d'engrais organiques Ils doivent contenir au moins 1% d'azote d'origine organique	Association d'éléments minéraux et organiques (ex. fumier enrichi en phosphates)

L'AZOTE MINÉRAL

C'est sous la forme minérale essentiellement que l'azote est absorbé par le système racinaire de la vigne. L'azote minéral est présent sous trois formes.

a - les nitrates NO_3^- (azote nitrique par exemple)

Les nitrates sont assimilés facilement et rapidement par les plantes.
Ils sont très solubles. En effet, ils ont la même charge électrique que celle des associations organo-minérales et ils ne sont donc pas retenus par le sol. Par conséquent, si les nitrates ne sont pas fixés par la végétation ou les micro-organismes du sol, ils sont rapidement lixiviés.

La vitesse à laquelle l'azote nitrique migre en profondeur dépend de la pluviométrie et de la texture du sol : la profondeur de migration est, selon que le sol est sableux ou argileux, de 3 à 8 fois la hauteur de pluie (soit 30 à 80 mm pour 10 mm de pluie).

Comme cette forme est très lessivable et directement assimilable en masse par la vigne, elle doit être apportée au moment où les besoins sont les plus importants.

Cette forme peut être dénitrifiée par les bactéries du sol en absence d'oxygène (sol tassé ou gorgé d'eau par exemple) et donner du N_2 (azote) ou du N_2O. Ce dernier est un puissant gaz à effet de serre.

b - l'azote ammoniacal NH_4^+ (sulfate d'ammoniaque par exemple)

Cette forme d'azote minéral est très peu assimilée par les végétaux mais sert de nutriments aux micro-organismes du sol. L'azote ammoniacal est lui relativement retenu par le sol car, étant chargé positivement, il a la capacité de se lier avec les argiles ou la matière organique. L'azote ammoniacal est donc très peu lessivé par les eaux de pluie par rapport aux nitrates.

Cette forme a une action légèrement plus lente que la forme nitrate. Toutefois, si le sol fonctionne correctement, le passage de la forme ammoniacale à la forme nitrique est très rapide.

Il peut subir un phénomène de volatilisation sous forme de NH_3 après un apport, selon les propriétés du sol et les conditions climatiques (température et pH du sol élevés, CEC du sol faible, non enfouissement…). Enfin il peut avoir une tendance à acidifier le sol (notamment en cas de lixiviation de l'azote).

Les deux formes précédentes peuvent être combinées. C'est le cas dans l'ammonitrate, dont la forme azotée contient pour moitié de l'azote nitrique et pour moitié de l'azote ammoniacal.

c - l'urée

L'urée est un corps du groupe des amides, c'est un engrais azoté riche (46 % d'azote sous forme uréique).
L'urée doit subir des transformations (hydrolyse) dans le sol avant d'être absorbée par les plantes. Sous sa forme non hydrolysée, elle migre en profondeur comme les nitrates car elle n'est pas retenue par le sol et sa transformation exige une bonne activité microbienne.

Dans des sols à l'activité biologique normale, ayant des taux de matière organique satisfaisants, l'hydrolyse est un phénomène rapide qui a lieu en 3 à 4 jours. Elle est moins rapide dans des sols peu actifs biologiquement, acides ou dans des conditions froides et sèches.

L'urée est également utilisée en tant que fertilisant foliaire car elle est soluble et facilement absorbée par les feuilles.

d – cas particuliers

On peut ajouter aux trois formes décrites précédemment, les formes retard ou à libération progressive (enrobage ou retardateur de nitrification).

Les engrais contenant ces formes minérales sont des engrais de synthèse, qui nécessitent notamment beaucoup d'énergie pour leur fabrication, essentiellement du gaz. Leur production conduit à des émissions de gaz à effet de serre : elle a ainsi un impact sur le changement climatique.

L'AZOTE ORGANIQUE

Cette forme d'azote est impliquée dans des molécules organiques. Son évolution est complexe (voir fiche 3 et schéma page 2)).

La libération de l'azote organique se fait sous la forme ammoniacale : c'est l'ammonification, puis l'azote ammoniacal est oxydé en nitrate. La vitesse de minéralisation dépend essentiellement des conditions pédoclimatiques. Les phénomènes de minéralisation commencent avec le réchauffement du sol en mars. La sécheresse estivale, une acidité trop importante, l'asphyxie du sol ou une baisse des températures provoquent un ralentissement de l'activité microbienne décomposante. Le travail du sol et le chaulage augmentent la vitesse de minéralisation.

Ce sont des **produits à action lente et progressive** qui libèrent les éléments fertilisants au fur et à mesure de la dégradation de la matière organique.

LES ENGRAIS FOLIAIRES AZOTÉS

Ils sont actuellement essentiellement utilisés à la véraison, généralement sous forme d'urée, pour améliorer la teneur en azote assimilable des moûts et l'expression aromatique de certains cépages blancs.

La pulvérisation d'azote foliaire à la véraison

LES ENGRAIS VERTS

Ce sont des couverts végétaux temporaires et semés. Ils peuvent apporter de l'azote de l'air dans le sol via une symbiose bactérienne (cas des Fabacées) ou jouer le rôle de piège à nitrate. Ils procurent de nombreux autres avantages : amélioration de la structure du sol et du taux de matière organique par exemple.

Les engrais verts en viticulture

NB : Les engrais azotés existent sous ces différentes formes et peuvent contenir également plusieurs formes (ammonitrate, engrais organo-minéral).

Pour des raisons environnementales et en lien avec l'agroécologie, il est conseillé de privilégier les formes organiques et l'utilisation des engrais verts. Dans tous les cas, il est obligatoire de respecter les différentes réglementations en vigueur : directive nitrates, agriculture biologique… (voir fiche 9)

En partenariat avec :