

Fiche culture : Fertilisation du soja

Le soja est une légumineuse et à ce titre aucun apport d'azote sous la forme de fertilisant ne se justifie.

Seul un échec d'inoculation peut justifier une fertilisation minérale pour le soja. Toute fertilisation organique est déconseillée.

Conditions d'application :

1. au moins 30 % des plantes ne présentent pas de nodosités
2. le feuillage des plantes présente une coloration vert pâle à jaunâtre avant l'entrée en floraison des plantes

Les bactéries symbiotiques responsables de l'inoculation et de la formation des nodosités sur les racines des plantes ne sont pas présentes naturellement dans les sols européens et français ce qui impose de les apporter simultanément avec les graines lors du semis de la plante dans toute parcelle n'ayant jamais porté de soja précédemment. Cette opération peut connaître des échecs plus ou moins marqués (sécheresse du lit de semence, erreurs techniques lors de l'inoculation, phytotoxicités, ...) conduisant la plante à ne plus dépendre, pour son alimentation azotée, que de l'azote disponible dans les sols, reliquats éventuels au semis et surtout minéralisation.

On considère que la fixation symbiotique assure en moyenne entre 50 et 60 % des besoins en azote de la plante, pour des besoins unitaires de la plante estimés en France à 10 unités d'azote/q de graines produites.

Toute fertilisation organique (PRO) est déconseillée, un excès d'azote minéral en début de cycle contrarie l'installation des bactéries et donc le processus de nodulation.

1. RÉFÉRENTIEL

1 Objectif de rendement

L'objectif de rendement correspond à la moyenne des rendements réalisés par l'exploitation pour la culture (et pour des conditions comparables de sol) au cours des 5 dernières années en excluant les deux valeurs extrêmes.

2 Références d'azote minéral à apporter :

Sous ces conditions, l'apport azoté dépend de l'objectif de rendement :

Objectif de rendement	Bonne inoculation	Inoculation déficiente	
	Tous types de sol	Sols superficiels	Sols profonds
25 q/ha	Aucun apport d'azote	120	80
30 q/ha			
35 q/ha		150	120
40 q/ha et +			

Références Cetiom - fiche culture soja Cetiom 2012, « Les points clé de la conduite de la culture du soja »

Fiche culture : Fertilisation du tournesol

1. EQUATIONS :

Le raisonnement de la fertilisation azotée du TOURNESOL fait appel à la méthode du bilan de masse prévisionnel d'azote minéral dans le sol sur la profondeur explorée par les racines.

Ce bilan s'écrit :

$$\text{Etat final} - \text{Etat initial} = \text{Entrées} - \text{Sorties.}$$

Sa forme développée complète comprend un grand nombre de postes (COMIFER, 2011). Différentes hypothèses simplificatrices permettent d'obtenir les deux écritures suivantes :

$$- \quad \text{Pf} + \text{Rf} = \text{Pi} + \text{Ri} + \text{Mh} + \text{Mhp} + \text{Mr} + \text{MrCi} + \text{Nirr} + \text{X} + \text{Xa} - \text{L}$$
$$\text{D'où } \mathbf{X = Pf + Rf - (Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + Xa)}$$

$$- \quad \text{Pf} + \text{Rf} = \text{Pi} + \text{Ri} + \text{Mh} + \text{Mhp} + \text{Mr} + \text{MrCi} + \text{Nirr} + \text{X} \times \text{CAU} + \text{Xa} - \text{L}, \text{ aussi appelée}$$

équation d'efficacité, elle-même souvent simplifiée en $\text{Pf} = \text{P0} + (\text{X} + \text{Xa}) \times \text{CAU}$

$$\text{D'où } \mathbf{X = (Pf - P0) / CAU - Xa}$$

Avec

Pf : Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan

Rf : Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan

Pi : Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan

Ri : Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (ou RSH)

Mh : Minéralisation nette de l'humus du sol

Mhp : Minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr : Minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi : Minéralisation nette des résidus de cultures intermédiaires

Nirr : Quantité d'azote apporté par l'eau d'irrigation

X = Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

Xa : Equivalent engrais minéral efficace lié à l'apport de produits organiques

L : Pertes par lixiviation du nitrate

CAU : Coefficient apparent d'utilisation de l'azote de l'engrais minéral de synthèse

P0 : fourniture d'azote par le sol (Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr)

Pour raisonner la couverture des besoins en fertilisation azotée minérale du tournesol on pourra utiliser l'équation du bilan additif (avec des grilles), toutefois le bilan prévisionnel simplifié basé sur l'équation d'efficacité permet d'utiliser l'outil Heliotest.

La période d'ouverture du bilan va du semis (date moyenne retenue 15 avril) à la maturité physiologique, fin de la période potentielle d'absorption, considérée atteinte 3 semaine avant la date de récolte (date moyenne retenue pour la région : 10 septembre).

2. RÉFÉRENTIELS :

- **b : Besoin d'azote par unité de production**

$b = 4,5 \text{ u N/q}$ (Besoin quels que soient la variété ou le contexte de production)

Source : R. Reau et al, 1995

▪ **y : Objectif de rendement**

L'objectif de rendement correspond à la moyenne des rendements réalisés par l'exploitation pour la culture (et pour des conditions comparables de sol) au cours des 5 dernières années en excluant les deux valeurs extrêmes.

▪ **Autres postes**

- **Ri** : Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (ou RSH)
- **Mh** : Minéralisation de l'humus par le sol
- **Mr** : Minéralisation des résidus de récolte du précédent
- **Mhp** : Minéralisation nette due à un retournement de prairie
- **MrCI** : Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire
- **Mpro** : Supplément de minéralisation lié aux apports d'engrais organiques
- **Xpro** : Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (effet direct)
- **Nirr** : Apport par l'eau d'irrigation

Sont estimés dans le tableur régional où sont retenus 7 types de sols :

Limons sableux hydro
Argilo-sableux
Argilo-calcaire superficiel
Argilo-calcaire
Terre Noire
Alluvions
Sableux

Etant donnée la capacité particulière du système racinaire pivotant du tournesol à extraire l'azote du sol on majorera la minéralisation d'au moins 20 kgN/ha.

▪ **1/CAU : Coefficient de majoration** (pour outil héliotest)

1/CAU = 1.25

source : Cetiom

3. HÉLIOTEST : OUTIL BASÉ SUR LE CAU

Héliotest propose un indicateur précoce de la disponibilité en azote du sol ($P0 = Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr$): c'est l'apparition d'une différence visuelle entre une bande de parcelle fertilisée au semis (60 à 80 kgN/ha) et le reste de la parcelle n'ayant pas reçu cet apport.

Les hypothèses sous-jacentes sont les suivantes :

- l'apparition d'une différence visuelle traduit un état de carence azotée sur la partie non fertilisée ;
- plus cette différence visuelle apparaît tôt, plus la carence est intense ; cela se traduit par une relation positive entre le stade et l'INN au stade B12; si la différence visuelle apparaît après le stade « 14 feuilles », elle n'a pas de conséquence sur le rendement;
- l'intensité de la carence au stade B12 sur le témoin sans apport d'azote est un indicateur fiable des fournitures du sol.

Fiche culture : Fertilisation du colza

▪ EQUATIONS :

En France, le raisonnement de la fertilisation azotée du colza fait appel à la méthode du bilan de masse prévisionnel d'azote minéral dans le sol, sur la profondeur explorée par les racines, dont les bases remontent aux années 1970 (Hébert, 1968 ; Rémy et Hébert, 1974).

Ce bilan s'écrit : *Etat final – Etat initial = Entrées – Sorties*.

Sa forme développée complète comprend un grand nombre de postes (COMIFER, 2011). Différentes hypothèses simplificatrices ont permis d'obtenir une équation d'efficience simplifiée :

$$Pf + Rf = Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + X * CAU + Xa - L,$$

Elle-même simplifiée pour s'adapter au comportement du colza adaptée au colza

Equation proposée : $X = 1/CAU (Pf - P0 - Pi) - Xa$

X	Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse
Pf	Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan (besoin par unité de production * objectif de rendement)
Ri	Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan
Rf = RpR	Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan
L	Pertes par lixiviation du nitrate
P0	Fourniture d'azote par le sol (=Mh+MhP+Mr+MrCi+Nirr)
Mh	Minéralisation nette de l'humus du sol
Mhp	Minéralisation nette due à un retournement de prairie
Mr = Mp	Minéralisation nette de résidus de récolte (du précédent)
MrCi	Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire
Nirr	Azote apporté par l'eau d'irrigation
Xa	Equivalent d'engrais minéral efficace lié à l'apport de produits organiques
Pi	Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan
CAU	Coefficient apparent d'utilisation de l'azote de l'engrais minéral de synthèse
1/CAU	Coefficient de majoration

Postulats de simplification de l'équation :

A l'ouverture du bilan, la plante a absorbé et intégré dans sa biomasse la quasi-totalité de l'azote disponible. Dans ce cas, $Ri = Rf$

Le poste M_{pro} est intégré au Pi (car azote disponible absorbé par la plante absorbé par la plante au moment de l'ouverture du bilan)

En cas d'apport régulier de PRO sur la parcelle une mesure de reliquat sortie hiver (RSH) reste cependant conseillée.

La dose conseillée sera alors minorée de ce reliquat auquel on aura retranché 20 unités (minimum incompressible restant dans le sol à la sortie du bilan).

▪ RÉFÉRENTIELS :

- **1/CAU : Coefficient de majoration**

1/CAU = 1.25

source : essais Cetiom (2008 à 2010)

▪ **b : Besoin d'azote par unité de production**

$b = 6.5 \text{ u N/q}$

(Besoin quels que soient la variété ou le contexte de production)

Source : R. Reau et al, 1995

▪ **y : Objectif de rendement**

L'objectif de rendement correspond à la moyenne des rendements réalisés par l'exploitation pour la culture (et pour des conditions comparables de sol) au cours des 5 dernières années en excluant les deux valeurs extrêmes.

▪ **P0 : Fourniture d'azote par le sol**

Dans le cas du colza, on utilise une valeur globale de fourniture du sol

$P0 = Mh + MhP + Mr + MrCi + Nirr$

Nirr : sans objet pour le colza

P0 varie en fonction du type de sols

Type de sol	P0 (kg N/ha)
Sols superficiels : argilo-calcaires superficiels, sableux, argilo-sableux, alluvions	40
Sols profonds : Terres noires, argilo-calcaires profonds, limons sableux hydromorphes drainés	60

Source : CETIOM, 1999

▪ **Pi : Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan**

Le colza a la particularité de pouvoir fixer des quantités importantes d'azote dès l'automne. Cet azote fixé doit être pris en considération dans la mesure où il se révèle aussi fonctionnel dans la plante que ne l'est l'azote absorbé ultérieurement qu'il soit d'origine « naturel », minéralisation du sol, ou qu'il provienne de l'engrais apporté sur la culture.

La quantité fixée dans la plante entière s'obtient en multipliant le poids de matière verte aérienne exprimée en kg de biomasse aérienne verte évaluée à la sortie de l'hiver (en m²) par le coefficient Nh (source Cetiom – Données acquises dans le contexte de la région avec l'aide des partenaires).

Pi = Poids frais × Nh, avec Nh = 75

L'estimation du poids frais peut se faire selon 3 méthodes :

Méthode par pesée (intégrée dans l'outil règlette azote CETIOM)

Procédure à suivre pour réaliser un bon prélèvement et une bonne mesure :

1. A la sortie d'hiver, prélever juste avant la date prévue du 1er apport d'azote au printemps (courant janvier à février)
2. Délimiter 2 à 4 placettes de 1 m² chacune, représentatives de la parcelle (attention, bien prendre en compte la largeur de l'entre-rang)
3. Prélever les plantes, lorsque la végétation est ressuyée (en absence de rosée ou de pluie)
4. Couper les plantes au niveau du collet, au ras du sol
5. Peser les plantes fraîchement coupées sur chaque placette sans séchage

Parcelles hétérogènes

Si la parcelle comprend plusieurs zones avec des densités ou des niveaux de croissance très différents, il est intéressant de réaliser la même opération sur chacune de ces zones (2 à 4 placettes par zone).

Méthode satellitale

L'observation des parcelles par satellite permet de déterminer un indice de végétation, lui-même corrélé à la biomasse verte du colza. La technique consiste à cartographier la biomasse des parcelles de colza en entrée et sortie d'hiver pour calculer la quantité d'azote absorbée par les plantes à l'aide des modèles agronomiques déjà utilisés de façon plus conventionnelle.

Méthode visuelle

L'observation des parcelles à la sortie d'hiver et les photos suivantes permettent d'estimer le poids frais du colza. Cette méthode est plus imprécise notamment en cas de fort développement végétatif.

Méthode visuelle	Correspondance méthode par pesée (poids frais en kg/m ²)
	0,2
	0,4
	1,0
	1,4
	2,0

- **Xa**

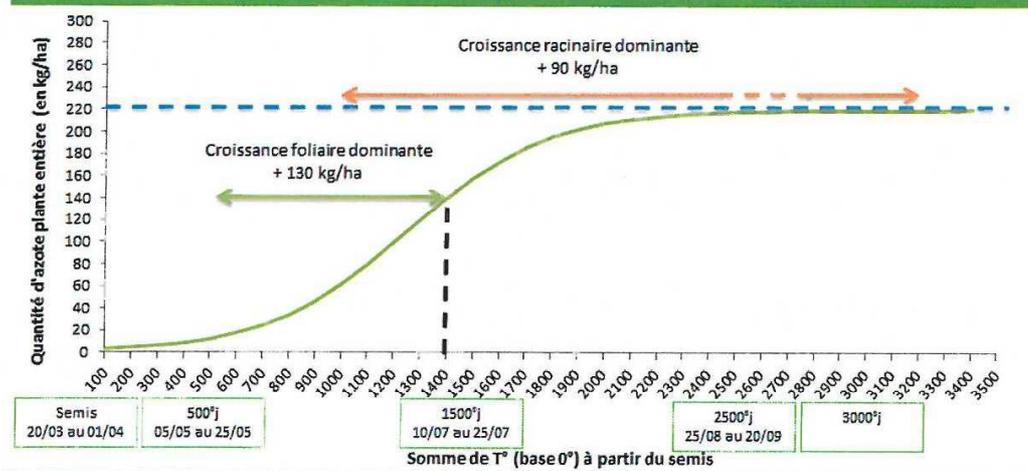
Il convient de prendre en compte une valeur de Xa de 30 unités d'azote en cas d'apport régulier de PRO, valeur retenue par la réglette azote Auvergne.

BETTERAVE SUCRIÈRE

Caractéristiques générales

- La culture de betterave est développée sur l'ensemble du Bassin Parisien, auquel il faut ajouter les régions d'Alsace et Limagnes. Elle est cultivée généralement en **sols profonds**. Plante bisannuelle, elle est cultivée en **phase végétative** et présente une croissance continue depuis le semis (mars-avril) jusqu'à la récolte (de mi-septembre à fin novembre). La croissance foliaire représente la part majoritaire des besoins en azote, avec une forte intensité de prélèvement entre mai et juillet (courbe ci-dessous).
- La plante couvre l'ensemble de la période **printemps-été**, et prospecte le sol en profondeur (plus de 150 cm de profondeur d'enracinement). Elle bénéficie pleinement de l'azote minéral présent en sortie d'hiver, de la minéralisation de l'humus et des résidus du précédent et de la culture intermédiaire, et le cas échéant de l'azote libéré par les produits organiques épandus en interculture.
- La productivité est **affectée par l'excès d'azote**. Elle entraîne une diminution de richesse saccharine en favorisant le développement foliaire au détriment de la production de sucre. La maîtrise de l'azote est aussi un enjeu de qualité (l'azote sous forme d'acides aminés dans la racine limite l'extraction du sucre), même si le couplage industriel sucrerie+distillerie a aujourd'hui diminué son impact industriel.

Prélèvement d'azote par la betterave sucrière



Éléments nécessaires au calcul de la dose d'azote prévisionnel

Les besoins en azote de la betterave sucrière sont définis par une valeur forfaitaire, établie à **220 kg/ha**. Cette valeur est indépendante du niveau de rendement dans la gamme de productivité des betteraves sucrières produites en France. En effet, l'azote de l'engrais assure la mise en place du bouquet foliaire pendant la première moitié du cycle. La synthèse de sucres et son stockage dans la racine en seconde moitié de cycle présentent des besoins en azote plus modérés, et les conditions favorables à la croissance sont également favorables à la minéralisation de l'humus. Celle-ci peut donc subvenir à des besoins augmentés en situations de forts rendements.

Calcul de la fertilisation azotée

Équation du bilan utilisée

Le bilan de masse est l'équation utilisée exclusivement, sur base d'un reliquat d'azote minéral établi avant semis. Le reliquat résiduel à la fermeture du bilan est de 8 à 15 kg/ha par horizon de 30 cm (valeur généralement utilisée : 10 kg/ha par horizon de 30 cm).

Règle particulière à la Betterave Sucrière : Avec le développement des pratiques de fertilisations organiques avant betterave, et avec des reliquats sortie hiver qui peuvent être élevés dans ces situations, il n'est pas rare que le calcul bilan soit négatif (offre supérieure aux besoins). On conseille cependant d'apporter une dose forfaitaire de 40 kg/ha si le bilan reste compris entre -50 kg/ha et 0, et de ne faire d'impasse (dose 0) que si le bilan calculé est inférieur à -50 kg/ha.

Attention : A l'exception de parcelles en sols superficiels, compte tenu de la capacité d'enracinement rapide de la culture et afin de ne pas sous estimer la quantité d'azote disponible, on se basera sur un reliquat mesuré en sortie d'hiver sur la profondeur 0-90 cm selon 3 horizons de 30 cm.

Pratiques de fertilisation

Les apports fractionnés, en particulier les apports tardifs au-delà de 4-6 feuilles, peuvent pénaliser la productivité et dégrader la qualité interne de la betterave. Le fractionnement n'est généralement pas justifié sauf sols superficiels et/ou très filtrants.

Les apports sont réalisés en un **passage avant semis**, en respectant un délai d'une à deux semaines, selon la dose apportée, pour éviter les brûlures de germe.

Les apports par **enfouissement localisé** au semis sont considérés comme une technique optimale pour limiter les pertes par volatilisation et favoriser l'utilisation de l'engrais minéral. On appliquera ainsi la totalité de la dose conseillée, dont le calcul aura tenu compte du mode d'application par localisation (prise en compte directe dans le logiciel, ou abaque proposée par l'ITB).

Les coutres enfouisseurs d'azote doivent être décalés de 7cm à côté du rang pour éviter tout risque de brûlure du germe.

Il n'est généralement pas fait de distinction entre formes d'engrais azotés, sauf indirectement si le logiciel d'établissement de dose évalue les pertes par volatilisation ammoniacale. Pour des apports retardés en début de végétation, la forme ammonitrate solide doit être privilégiée.

Outil de pilotage : ajustement en cours de culture

La betterave sucrière n'étant pas adaptée à une fertilisation fractionnée, **aucun outil de pilotage** en culture n'a été développé dans les conditions françaises.

Récolte et exportations

A la récolte, les betteraves sont scalpées : On laisse au champ les bouquets foliaires, qui sont broyés et éparpillés par la machine de récolte.

Les modalités de paiement conduisent à **plusieurs expressions** contractuelles du rendement :

- rendement "**Poids net**" ou "Poids effectif" (t/ha) (= Poids commercial de racines),
- rendement "Poids Valeur" (t/ha) (calcul qui établit un rendement payé à l'agriculteur, exprimé comme un poids de betteraves, mais qui intègre la richesse saccharine et un coefficient favorisant les richesses autour de 19%), et
- rendement en "**tonnes à 16%**", unité dans laquelle est défini le droit à produire (quota) de l'agriculteur.

Calcul de la fertilisation azotée

C'est souvent cette dernière expression qui est retenue par les agriculteurs. C'est aussi l'expression courante qui est la plus directement liée au rendement matière sèche de la culture, donc la plus pertinente et qui présente le plus faible risque d'erreur pour établir des calculs d'exportation à partir d'un bulletin de livraison.

	Teneur ou ratio	Valeur*	unité
1	Teneur N‰ sur poids racines frais :	1.15	en kg N / tonne de racines (décolletées ou entières)
2	Teneur N‰ sur poids racines sec :	4.7	en kg N / tonne de MS racines (décolletées ou entières)
3	Ratio N exporté sur poids net livré :	1.25	en kg N / tonne de MS racines (décolletées ou entières)
4	Ratio N exporté sur rendement à 16 :	1.05	en kg N exporté / tonne de rendement à 16

* établis sur la base de données ITB (73 sites) et LDAR (36 analyses) (1990-2005)

Les résidus de culture (feuilles broyées) représentent **90 à 120 kg/ha d'azote**, qui contribueront partiellement à l'alimentation azotée de la culture suivante.

Attention : Les exportations sont calculées sur la racine entière (sauf les feuilles) alors que le rendement réalisé par l'agriculteur ne prend pas en compte le poids du collet (représentant 10% du poids des racines lavées en moyenne).

Les valeurs des lignes 3 et 4 sont directement applicables aux rendements exprimés sur le bulletin de réception car elles tiennent compte du poids du collet.

Remarques diverses

La betterave sucrière est une culture de printemps qui est précédée par un apport des produits organiques sur 60% de ses surfaces. Les origines sont très variées, à la fois effluents d'élevage et effluents agro industriels (enquêtes ITB-SITE 2010-2011).

80% des surfaces de betterave sont semées après une culture intermédiaire dans l'interculture qui précède. Ces pratiques justifient d'autant plus la mesure de reliquat et l'estimation de la minéralisation après l'ouverture du bilan jusqu'à la récolte.

Contributeur

Institut Technique de la Betterave

Liens utile

www.itbfr.org

Toutes les fiches sont téléchargeables sur www.comifer.asso.fr

TABAC

Caractéristiques générales

En 2011, il y avait environ 6000 ha plantés répartis sur les 7 coopératives françaises de producteurs de tabac qui se réunissent elles mêmes en une union des coopératives (voir ci-dessous carte de la production de tabac en France avec les coopératives). Les bassins de production sont rattachés aux coopératives. En 2011, 49 départements étaient concernés par la production en France métropolitaine.



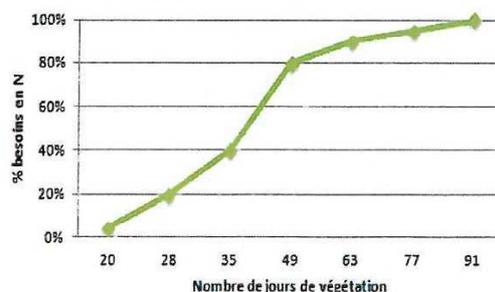
- Le tabac est une plante sarclée issue de minuscules graines qui sont très souvent enrobées afin de faciliter leur semis en pépinière. Le semis et l'élevage des plants se font sous serre au printemps (à partir de début mars). Les plants sont transplantés au champ, 2 mois après leur élevage en flottaison en pépinière (semis flottant pour la plupart - avec des plateaux de polystyrène remplis de terreau et mis à flotter dans des bacs). Les plantations s'effectuent à partir de la mi-mai.

- La durée de végétation au champ est de **90 à 150 jours** selon les types de tabac et leur mode de séchage. Le tabac Burley est récolté plante entière (en tiges) au bout de 90-110 jours de végétation et séché pendant 2 mois dans des séchoirs, à l'air libre. Le tabac Virginie est récolté en feuilles en 4 passages au moins, en fonction de la maturité des feuilles et séché dans des fours pendant une semaine pour chaque fournée. La durée de végétation de ce type de tabac peut aller de 100 à 150 jours au champ.

- Le tabac a de gros besoins en éléments fertilisants sur une période courte, **80% des besoins** doivent être satisfaits sur les 60 premiers jours d'un cycle végétatif moyen de 90-110 jours. Ce cycle végétatif du tabac jusqu'à la maturité est comparable à celui du maïs.

Le graphique ci-dessous donne l'absorption de l'azote par la plante durant la période de végétation :

% N absorbé par le tabac durant la période de végétation



Calcul de la fertilisation azotée

Le tabac est une culture peu exigeante en P_2O_5 et exigeante en K_2O . Le tableau ci-dessous donne les préconisations en unités fertilisantes (hors azote) pour les 2 types de tabac les plus cultivés en France.

Unités fertilisantes par tonne de tabac		VIRGINIE	BURLEY	
			Récolte en tiges ⁽²⁾	Récolte en feuilles
P_2O_5	Besoins /T de rendements ⁽¹⁾	9	8	8
K_2O	Besoins /T de rendements ⁽¹⁾	50	90	90
MgO	Besoins /T de rendements ⁽¹⁾	11	30	20

⁽¹⁾: rendement exprimé en quantité de feuilles après séchage et à humidité de livraison

⁽²⁾: si tiges non restituées à la parcelle après effeuillage

Éléments nécessaires au calcul de la dose d'azote prévisionnel

- Les rendements en feuilles de tabac après séchage sont de 2800 à 3000 Kg/ha
- Les besoins en azote sont les suivants : 30 kgN/ha par tonne de feuilles sèches produites pour le tabac type VIRGINIE et 85kgN/ha par tonne de feuilles produites pour le tabac type BURLEY
- La quantité d'azote déjà absorbé, $P_i = 0$
- Les reliquats post-récolte (Rf) réalisés sur 60 cm montrent que la culture de tabac laisse 50 unités d'azote/ha sous formes nitrique et ammoniacale.

Équation du bilan utilisée

L'équation du bilan de masse est utilisée en France, le tabac explore le sol jusqu'à 60 cm. Le bilan s'ouvre à la plantation (mi-mai), la mesure du reliquat azoté (Ri) est réalisée à partir de mi-avril et se mesure sur 60 cm de profondeur. La fermeture du bilan correspond à la fin d'absorption d'azote par le tabac que l'on situe fin août à mi septembre selon la date plantation.

Pratiques de fertilisation

La fumure du tabac s'applique soit en totalité soit en fractionnée surtout pour les tabacs séchés à l'air naturel (Brun et Burley) : 2/3 à la plantation et 1/3 en localisé au binage environ 3 semaines après. La ferti-irrigation est utilisée afin de réduire les apports tout en les adaptant au mieux au cycle végétatif de la culture.

L'ammonitrate reste la forme d'engrais la plus utilisée pour les apports d'azote.

Il est recommandé de privilégier les formes nitriques :

- sur terrains froids,
- derrière un retournement de prairie (pour éviter les intoxications ammoniacales)
- et pour les apports tardifs dans la période de culture.

Outils de pilotage : ajustement en cours de culture

En cours de culture, les ajustements se font en fonction des signes visuels de carence constatés au champ. Les photographies des carences existantes sont exploitées et les ajustements se font de façon progressive par pulvérisations foliaires ou par « fertigation » de petites quantités de l'élément nutritif concerné. Les carences souvent constatées sur le tabac sont : les carences en azote, en potassium et en magnésium.

Pour préciser la nature des carences, un descriptif illustré élaboré en collaboration avec l'INRA, est disponible sur le www.anitta.fr.

Pour affiner le diagnostic et y apporter des solutions, il est recommandé au producteur de contacter son technicien.

Calcul de la fertilisation azotée

Remarques diverses

Le tabac est sensible aux chlorures qui pénalisent sa combustibilité et son goût au fumage. Il est donc préconisé d'apporter des engrais pauvres en cet élément.

La plante est un bon extracteur en éléments traces métalliques (ETM), notamment le Cadmium. Il est préconisé d'apporter des fertilisants pauvres en ETM. L'épandage des boues d'épuration est à proscrire sur les terres concernées par une rotation avec la culture du tabac.

Contributeur

INRA
ANITTA

Liens utile

www.inra.fr
www.anitta.fr

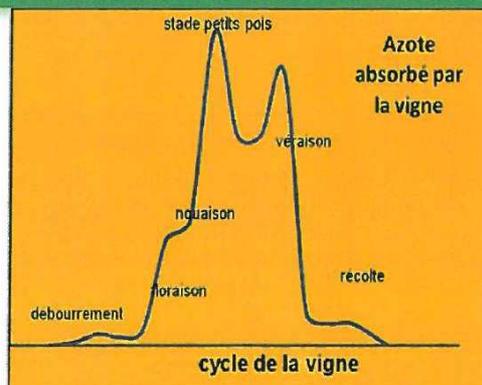
Toutes les fiches sont téléchargeables sur www.comifer.asso.fr

VIGNE

Caractéristiques générales

- La vigne est cultivée dans différentes régions du fait de sa grande adaptabilité aux conditions pédoclimatiques. On peut distinguer schématiquement trois zones. Une zone à climat continental incluant les vignobles alsacien, champenois, bourguignon et beaujolais. Une zone à climat atlantique avec le Bordelais, le Sud-Ouest, le Cognac et la vallée de la Loire. Et enfin, les vignobles à climat méditerranéen qui sont la Vallée du Rhône, le Languedoc-Roussillon, la Provence et la Corse. Le raisin de table est principalement produit en Provence et dans le Sud-Ouest.
- La vigne débourre en mars-avril (fonction du cépage et des conditions climatiques), avec une floraison en mai-juin et des vendanges entre août et octobre.
- L'azote est l'élément auquel la vigne est le plus sensible. Un excès provoque une vigueur exacerbée, des problèmes de rendement trop important et une qualité des raisins dépréciée (moins bonne maturité, pourriture). Une carence induit des problèmes de rendement trop faible et une fermentescibilité des moûts plus faible (risque d'apparition de mauvais goûts).
- Du débourrement au stade floraison, l'azote nécessaire à la pousse végétative est fourni, en grande partie, par les réserves contenues dans les structures pérennes (tronc et racines) et accumulées à la fin du cycle végétatif précédent. Les stades floraison-nouaison constituent un pic important d'absorption. Le début de la véraison également, mais à un moindre niveau.
- 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.

Dynamique de nutrition de la vigne et de la minéralisation du sol



(Fiche 5 Groupe national fertilisation de la vigne)

Éléments nécessaires au calcul de la dose d'azote prévisionnel

Les besoins en azote de la vigne sont modestes car les exportations (baies ou grappes) sont faibles. Ces besoins se situent autour de **30 à 60 kg/ha** pour des productions de 6 à 10 t/ha et jusqu'à **60 à 90 kg/ha** pour des productions de 10 à 25 t/ha. 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 et de calcaire, pH).

Calcul de la fertilisation azotée

Toutefois, la teneur en matière organique des sols de vignoble diminue depuis de longues années, sauf dans les cas d'enherbement ou de restitution au sol des bois de taille.

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

- **Entretien du sol**

L'enherbement va concurrencer la vigne au niveau des prélèvements d'azote. Il limite également la minéralisation en diminuant l'humidité du sol. Si ces effets sont souvent recherchés 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.

Le travail du sol peut favoriser la minéralisation et accélérer la mise à disposition de l'azote contenu dans la matière organique.

- **Sensibilité à la pourriture grise** : éviter les apports d'azote dans les parcelles sensibles.
- **Les amendements organiques** contiennent plus ou moins d'azote. Il convient d'en tenir compte dans le raisonnement.

L'azote jouant un effet important sur la plante du point de vue qualitatif, il convient de trouver le juste équilibre entre le développement optimal de la vigne et la qualité des raisins, en fonction de l'objectif produit que l'on vise.

Équation du bilan utilisée

La méthode du bilan n'est pas encore adaptée sur la vigne, en raison notamment de sa pérennité et de la mise en réserves qui la caractérise. En effet le cycle de la vigne de l'année "n" est le résultat de 3 cycles imbriqués : n-1 pour les réserves, n pour l'en cours, n+1 car l'élaboration des primordia foliaires se fait en année "n" de mai à fin juillet.

Pratiques de fertilisation

La gestion de la matière organique (MO) du sol est prioritaire. Si la minéralisation annuelle de la MO du sol ne suffit pas à couvrir les besoins de la vigne, des apports minéraux peuvent être envisagés. Par exemple en climat méditerranéen où le manque d'eau peut limiter la minéralisation, des apports spécifiques d'azote peuvent être nécessaires.

Les apports d'azote organique peuvent être réalisés soit dans le cadre de la nutrition azotée de la vigne (objectif engrais), soit, de façon indirecte, dans le cadre du maintien ou de l'augmentation du stock de matière organique (MO) du sol (objectif amendement). Dans ce dernier cas, les apports peuvent être relativement importants, cet entretien ou cette augmentation du taux de MO du sol étant réalisés tous les 3-4 ans, pour des questions pratiques (limitation du passage du tracteur, quantités, temps). Le cas particulier de l'apport d'amendement organique à la plantation est à prendre en considération (voir paragraphe Doses d'apport).

Dans le cas du raisin de table et compte tenu des niveaux de production qui peuvent être élevés, des apports limités d'engrais azotés peuvent se pratiquer jusqu'à la fermeture de la grappe.

Époques d'apport

Pour que l'azote soit efficace, il doit être apporté de façon à ce qu'il soit disponible au niveau des racines de la vigne à partir de la floraison. Il convient donc, pour déterminer la période d'apport la plus adéquate, de prendre en compte plusieurs paramètres :

- **La forme d'azote apporté** : la plante n'absorbant l'azote que sous forme minérale, principalement sous forme nitrate, il faut prendre en compte les éventuelles étapes pour passer de la forme apportée à la forme minérale. C'est le cas notamment pour passer de la forme organique à la forme minérale.

Calcul de la fertilisation azotée

- Les conditions climatiques : ces conditions vont influencer à deux niveaux. D'une part sur le développement des micro-organismes du sol, qui permettra entre autre la transformation de l'azote apporté vers la forme nitrates. D'autre part sur la migration de l'azote vers les racines, du fait des précipitations. La partie la plus importante du système racinaire de la vigne se situant vers 20-50 cm de profondeur (variable, en fonction notamment du mode d'entretien du sol) une certaine quantité de précipitations est nécessaire à la migration de l'azote à cette profondeur.
- Le type de sol : la vitesse de migration de l'azote en profondeur est également sous l'influence du type de sol. Elle sera plus rapide en sol sableux (moyenne 1,25 m/an) qu'en sol argileux (moyenne 0,6 m/an - Lacherez-Bastin, 2005). Champagnol (1984) donne comme ordre de grandeur de cette migration, 6,5 fois la hauteur de pluie pour un sol sableux et 2,5 pour un sol argileux.

En fonction de ces paramètres, l'apport d'azote peut varier de façon assez importante suivant la forme apportée et les conditions pédo-climatiques : courant d'hiver pour une forme organique, jusqu'en milieu-fin de printemps pour une forme nitrates sur sol léger et climat humide.

Un apport est également possible après vendanges (début d'automne). Cette pratique n'est pas ou peu utilisée en France actuellement, mais pourrait devenir intéressante dans le cas de millésimes secs où la mise en réserves de l'azote dans les parties pérennes de la vigne est rendue difficile durant l'été par la moindre minéralisation au niveau du sol, liée au manque d'eau. Cette technique demande tout de même à être étudiée (notamment concernant les quantités à épandre), de façon à ne pas perdre une partie de l'azote apportée par lixiviation.

Doses d'apport

Les doses d'apport sont très variables en fonction du rendement visé, du type de sol et de l'entretien du sol. Sur vignes en production, les doses peuvent donc varier de 0 (en cas d'objectif faible rendement) à 90 kg N/ha (en cas d'objectif fort rendement).

La plantation est à considérer à part, l'objectif étant avant tout l'augmentation de la teneur en matière organique du sol. Les quantités d'azote mises en jeu, par l'apport d'amendement organique, peuvent alors être très importantes (150 à 250 kg N /ha pour un apport de 30 à 50 t de compost de fumier /ha, 500 à 550 kg N /ha pour un apport de 60 t de compost de déchets verts /ha par exemple). Ces apports sont fonction du taux initial de matière organique du sol, qui peut être très faible en vigne, d'où une diversité de pratique importante. Ces quantités d'azote organique parfois conséquentes ont toutefois un impact faible vis-à-vis des flux azotés perdus car les produits utilisés génèrent peu d'azote disponible et donc lixiviable.

Dans le cas du raisin de table, les apports d'azote se détermineront en fonction de l'objectif de rendement : de 30 à 50 kgN/ha pour des productions de 8 t/ha à 70-80 kgN/ha pour des productions de 25 à 30 t/ha

Vignes enherbées

Sur vigne enherbée et en cas de nécessité, l'apport est à réaliser sur le rang. Dans les autres cas, il peut se faire sur toute la surface.

L'apport particulier d'azote pour la mise en place d'un enherbement, réalisé au début du printemps ou en début d'automne, est également à signaler. Cet azote est destiné à favoriser la pousse initiale du couvert herbacé et donc à être absorbé par ce couvert. Les quantités mises en jeu restent faibles (de l'ordre d'une trentaine de kg/ha).

Apport par voie foliaire

Cet apport a pour objectif une augmentation de l'azote assimilable des moûts (pour une meilleure fermentescibilité de ces moûts) et une augmentation de l'expression aromatique de certains cépages blancs, riches en thiols variétaux. Cet apport vise donc à une amélioration qualitative du vin, une mauvaise fermentescibilité des moûts entraînant des problèmes de déviations métaboliques et l'apparition de mauvais goûts (réduction, acescence en particulier). Les apports foliaires sont réalisés aux environs de la véraison, soit, en fonction de la précocité des millésimes et en fonction des vignobles, entre la mi-juillet et fin septembre. Les quantités apportées varient entre 10 et 20 kg N/ha.

Calcul de la fertilisation azotée

Outils de pilotage : ajustement en cours de culture

L'observation est actuellement le préalable indispensable pour déterminer la nutrition azotée de la vigne, par l'intermédiaire de l'évaluation de la vigueur (en plus de la connaissance du potentiel de production). Le développement de la pourriture grise, le nombre de rognage, la couleur des feuilles, la grosseur des sarments, le niveau d'entassement du feuillage, l'importance des entre-cœurs peuvent être des indicateurs 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 : 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 viennent en complément : analyse foliaire, analyse du moût, analyse de terre (taux de matière organique et C/N), capteurs optiques (indice chlorophyllien, fluorescence...).

Remarques diverses

La vigne est sensible à la carence en potassium et à la carence en magnésium, avec un lien entre les deux du fait de l'antagonisme d'absorption K/Mg.

La chlorose ferrique peut également être un problème sur sol calcaire.

Elle est également sensible aux carences et toxicités en bore et en manganèse, aux toxicités en cuivre et aluminium (uniquement à la plantation).

En raisin de table, le dessèchement de la rafle (conséquence d'une sous nutrition magnésienne) demeure l'accident végétatif d'origine minérale le plus courant, mais le flétrissement des baies (ou fla) lié à une déficience potassique refait son apparition depuis quelques années.

Voir fiches fertilisation élaborées par le Groupe National Fertilisation de la vigne :

<http://www.vignevin.com/publications/brochures-techniques/fertilisation-de-la-vigne.html>

Contributeur

Institut Français de la Vigne et du vin

Bureau National Interprofessionnel du Cognac

Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes

Chambres d'Agriculture : Côte d'Or, Gard, Gironde, Hérault, Rhône, Pyrénées-Orientales, Saône-et-Loire, Vaucluse

Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne

Domaine Expérimental La Tapy

Institut National de la Recherche Agronomique

Liens utile

www.vignevin.com

www.cognac.fr

www.ctifl.fr

www.chambres-agriculture.fr

www.champagne.fr

www.domainelatapy.com

www.inra.fr

Toutes les fiches sont téléchargeables sur www.comifer.asso.fr