

Guide technique



FERTILISATION des GRANDES CULTURES

**aGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
REGION ALSACE



Novembre 2015

Ce guide technique a été réalisé avec le soutien financier de



et l'ensemble des partenaires techniques des opérations Agri-Mieux d'Alsace



PREAMBULE

L'Alsace possède l'une des nappes phréatiques les plus importantes d'Europe. Cette nappe est un immense réservoir d'eau qui constitue une richesse de la région. Or, depuis le début des années 90, une dégradation de la qualité des eaux a été constatée avec en particulier des teneurs en nitrates en augmentation pendant la fin du XX^{ème} siècle. C'est précisément l'objet de la création des opérations Agri-Mieux dans la région, il y a près de 25 ans, avec pour objectif de faire adapter les pratiques des agriculteurs, pour permettre de concilier productivité agricole, rentabilité économique et préservation de la qualité de la ressource en eau. Ces opérations ont vu le jour en associant l'ensemble des partenaires agricoles, de la distribution en passant par le conseil, le tout animé par la Chambre d'agriculture. L'agriculture, au même titre que ses autres partenaires utilisateurs de fertilisants et en particulier d'azote, se devait en effet de maîtriser au mieux les éventuelles pertes de fertilisants dont elle est responsable. Il est bon de souligner que la tendance s'inverse et qu'une baisse de la teneur en nitrates est enclenchée depuis 2003, confirmée par le dernier inventaire de la qualité de l'eau rhénane de 2009.

Les éléments fertilisants que sont l'azote, le phosphore, la potasse, voire le soufre ou certains oligo éléments, sont indispensables au bon développement de toute culture. Ils représentent cependant une charge financière importante pour l'exploitation, qu'il convient de gérer au plus juste. Le bon raisonnement de la fertilisation azotée est bien entendu un des principaux leviers de diminution du risque de lessivage des nitrates, contribuant ainsi directement à la préservation des ressources en eau. Il s'agit de faire correspondre les apports d'engrais minéraux ou organiques aux besoins de la culture pour atteindre un niveau de production donné, en n'oubliant pas de prendre en compte les différentes fournitures d'azote du sol, les précédents et les éventuels apports d'effluents organiques.

Ce guide a pour objectif de vous apporter les éléments de réflexion indispensables dans vos choix à venir concernant la gestion de la fertilisation des cultures. Les principales grandes cultures présentes en Alsace font l'objet d'une fiche spécifique. Pour chacune d'entre elles, ce guide aborde un volet spécifique sur l'azote (besoin, fournitures et fractionnement), le phosphore et la potasse (exigences, apports ou impasses recommandées). Un focus sur les autres oligo éléments (soufre, bore,...) est détaillé suivant l'exigence de la culture. Enfin, l'importance d'analyses de sol régulières pour gérer sa fumure de fond est détaillée, ceci dans le but de diagnostiquer un éventuel problème de fertilité des sols.

L'ensemble des conseillers de l'équipe « Eau et Agriculture » de la Chambre d'agriculture de région Alsace sont à vos côtés pour vous accompagner dans vos réflexions futures concernant la bonne fertilisation de vos cultures. Bonne lecture !

F. METZ



D.NASS



SOMMAIRE

La méthode du BILAN PREVISIONNEL	3
Raisonnement fertilisation P - K et analyse de sols.....	5
MAÏS	7
BLE	9
ORGE.....	11
TRITICALE, SEIGLE, AVOINE, EPEAUTRE	12
COLZA	13
TOURNESOL.....	14
SOJA.....	15
POIS, FEVEROLE, LUPIN	16
SORGHO.....	17
BETTERAVE SUCRIERE.....	18
POMME DE TERRE	19
CHOUX à choucroute et CHOU blanc	20
PRAIRIES	21
FERTILISANTS ORGANIQUES.....	22
SOMMAIRE ANNEXES	24
ANNEXE 1 : Tableaux de référence des niveaux de rendement du maïs grain et des fournitures azotées du sol (maïs et sorgho).....	25
ANNEXE 2 : Tableaux de référence des niveaux de rendement du blé et des fournitures azotées du sol pour le blé et les autres céréales à paille	27
ANNEXE 3 : Tableau de référence des doses d'azote à apporter en colza	29
ANNEXE 4 : Tableaux de référence des fournitures du sol pour la betterave sucrière, le chou à choucroute et le chou blanc.....	30
ANNEXE 5 : Tableaux de référence des fournitures azotées et de la minéralisation du sol pour la pomme de terre	31
ANNEXE 6 : Tableau de référence de la fertilisation maximale à apporter sur des surfaces en herbe	32

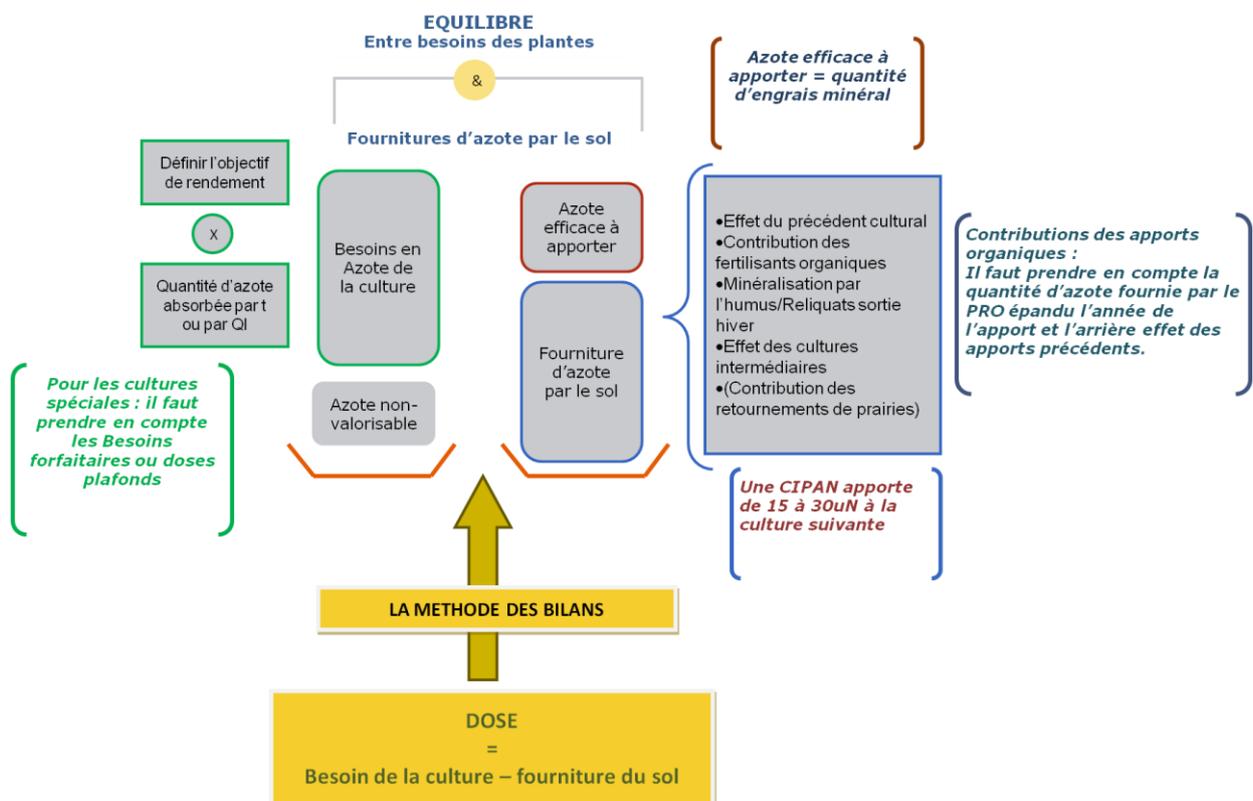
La méthode du BILAN PREVISIONNEL

Le 5^{ème} programme de la Directive Nitrates (version n°104/2015 du 06 août 2015) fixe les règles de calcul de la dose prévisionnelle d'azote à apporter à la culture, pour chaque îlot cultural situé dans la zone vulnérable Alsace. Il se base sur l'utilisation de la méthode du bilan prévisionnel pour l'ensemble des cultures traitées dans ce guide, exception faite de la prairie qui recourt à une dose plafond.



La méthode des bilans permet de calculer la dose d'azote nécessaire à la culture en fonction d'un rendement objectif. Elle équilibre les besoins avec les fournitures issues du milieu, la différence permettant de déterminer la quantité d'azote minéral à apporter à la culture.

Le Plan Prévisionnel de Fumure (PPF), exigible au plus tard pour le 15 février de l'année culturale, est un outil réglementaire mais également technique et économique, à réaliser en morte saison et avant toute commande d'engrais, afin de bien chiffrer les besoins de l'exploitation en engrais azoté pour l'année à venir.



Equation de la fertilisation azotée selon la méthode du bilan prévisionnel :

Dose d'azote à apporter		=	Besoins (B) – Fournitures (F)	
Niveau de rendement	q/ha		Fourniture du sol (RSH + Mh)	kgN/ha
Coefficient	kgN/q		Contribution des fertilisants organiques	kgN/ha
Azote non disponible	kgN/ha		Effet précédent	kgN/ha
Besoins Totaux = B			Fournitures totales = F	

BESOINS

Le **niveau de rendement** à retenir doit être égal à la moyenne des rendements réalisés sur l'exploitation, pour la culture considérée, au cours des 5 dernières années, en écartant la valeur maximale et la valeur minimale, et pour des conditions comparables de sol et de milieu (type de sol, précédent, apports d'effluents d'élevage,...).

Exemple maïs (sur la base de la moyenne des rendements Alsace 2010-2014)

2014	118 q/ha
2013	100 q/ha = non retenue (moins bonne année)
2012	118 q/ha
2011	120 q/ha non retenue (meilleure année)
2010	110 q/ha



Niveau de rendement réaliste :
 $(118 + 118 + 110) / 3 = 115 \text{ q/ha}$

Ce niveau de rendement est à multiplier par le **coefficient d'azote absorbé par unité de production** afin de déterminer les besoins en azote de la culture. A cela s'ajoute enfin une **part d'azote non valorisable** par la plante. La méthode des bilans retenue en Alsace reprend des valeurs forfaitaires par type de sol et par culture.

FOURNITURES

Plusieurs postes sont à prendre en compte et doivent être cumulés afin de déterminer les fournitures totales d'azote de la parcelle :

- fourniture du sol (reliquat sortie hiver + minéralisation du sol),
- contribution des fertilisants organiques
- effet du précédent cultural.

Parmi les différentes ressources du sol, le **RSH** représente le poste le plus variable. Il correspond dans le profil du sol à un stock d'azote. Pour le déterminer de façon précise, il est impératif d'analyser la terre après le lessivage hivernal et sur la profondeur exploitable par les racines, par tranches de 30 cm. La **minéralisation de la matière organique du sol** libère une quantité importante d'azote. Celle-ci est directement liée au type de sol. Des valeurs forfaitaires ont été retenues dans le 5^{ème} programme de la Directive Nitrates en Alsace. La **contribution des fertilisants organiques** est également à prendre en considération dans les fournitures du sol à déduire (effet direct et/ou arrière effet) de même que les **effets du précédent cultural**.

Zoom Directive Nitrates Alsace et fournitures du sol retenues en maïs

Pour protéger la nappe phréatique rhénane, des références techniques ont été acquises et centralisées par l'ARAA à travers des expérimentations Agri-Mieux locales depuis plus de 20 ans, afin de fournir aux agriculteurs un conseil de dose d'engrais minéral ajustée. Ainsi, la fourniture du sol-référence retenue pour le calcul de la dose d'engrais pour une situation homogène correspond au 1^{er} quintile des fournitures mesurées. Cela signifie que 80 % des fournitures mesurées sont au-dessus de la fourniture-référence, ce qui se traduit par un conseil de dose sécurisé pour les agriculteurs. Le but est de protéger la nappe, tout en maintenant les rendements.

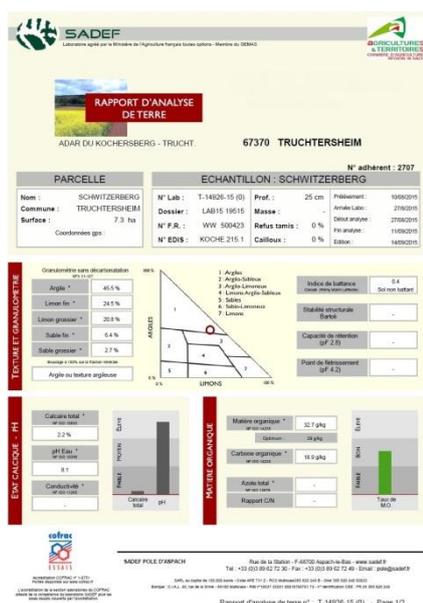
Raisonnement fertilisation P - K et analyse de sols

Les sols alsaciens cultivés contiennent des réserves importantes de phosphore et potassium compte tenu de l'historique de notre région (mines du bassin potassique du nord de Mulhouse) et des anciennes pratiques d'épandage (apports annuels systématiques quelle que soit la culture). Ces éléments sont présents dans le sol sous différentes formes, mais tout n'est pas disponible pour les plantes. Lorsque ces éléments ne sont pas suffisamment disponibles dans la solution du sol, l'apport d'engrais minéral est alors nécessaire pour satisfaire les besoins des plantes. C'est essentiellement en début de cycle que les cultures sont les plus sensibles aux carences en phosphore et/ou potassium. Les bases du raisonnement de la fertilisation P - K, établies par le COMIFER (Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée) reposent sur quatre critères : l'exigence de la culture, l'analyse de terre, l'historique de la fertilisation et la gestion des résidus de culture du précédent.

Exigences des cultures

Les espèces cultivées ont des sensibilités différentes à des impasses en P ou K, qui se traduisent par des pertes de production d'autant plus élevées que l'espèce est sensible. Cette caractéristique des espèces, liée à la nature de leur système racinaire et/ou au rôle de P et K dans l'élaboration de leur production, est traduite par la notion d'exigence. Celle-ci ne signifie pas que les cultures vont avoir besoin de plus ou moins de P ou K. Elle traduit le fait qu'une carence en l'un de ses éléments, pour une culture dite exigeante, risque de fortement pénaliser sa productivité.

P₂O₅	
Cultures très exigeantes	<i>Betterave, colza, pomme de terre</i>
Cultures exigeantes	<i>Blé sur blé, chou, maïs ensilage, orge, prairie, sorgho, pois, féverole</i>
Cultures peu exigeantes	<i>Avoine, blé, épeautre, maïs grain, seigle, soja, tournesol, triticale, lupin</i>
K₂O	
Cultures très exigeantes	<i>Betterave, chou, pomme de terre</i>
Cultures exigeantes	<i>Colza, maïs, prairie, soja, tournesol, pois, féverole, lupin</i>
Cultures peu exigeantes	<i>Avoine, blé, épeautre, orge, seigle, sorgho, triticale</i>



L'analyse de terre

Les teneurs du sol en P et K, données par l'analyse de terre, constituent des indicateurs de leur niveau de disponibilité dans le sol. Ces teneurs s'interprètent différemment selon le niveau d'exigence des cultures. Plusieurs valeurs seuils existent :

- T impasse : teneur au-dessus de laquelle il est possible de réaliser une impasse
- T renforcée : teneur au-dessous de laquelle il faut renforcer la fumure au-delà de la compensation des exportations.

Des seuils complémentaires ont été proposés récemment afin d'introduire une certaine progressivité des niveaux de fertilisation lorsque les teneurs du sol sont basses.

Afin d'ajuster au mieux la fumure de fond, il est recommandé de réaliser régulièrement (tous les 5 ans environ) des analyses de sol pour suivre l'évolution des teneurs en P et K du sol. Pour réaliser une analyse de terre, il est nécessaire de s'équiper d'une tarière et de réaliser une douzaine de prélèvements par parcelle, sur une profondeur de 25/30 cm. Mélanger l'ensemble de ces prélèvements dans un seau, puis conserver entre 500 g et 1 kg de terre en veillant à la placer dans un lieu frais et sec avant analyse (idéalement, le congélateur).



Gestion des résidus de récolte

Lorsqu'une espèce est cultivée pour ses graines (blé, maïs grain, colza, tournesol, sorgho...), l'essentiel du phosphore prélevé par la culture est présent dans le grain et se retrouve donc exporté. En revanche, la majorité du potassium (80 à 90 %), présent dans les tiges et les feuilles, sous une forme très soluble, va retourner au sol. La restitution des résidus de récolte du précédent équivaut donc à un apport important de potasse. Par exemple, un blé de 80 q/ha restitue plus de 100 unités K_2O /ha par les pailles et chaumes. En l'absence de restitution des résidus de récolte, l'impasse sur la fertilisation potassique peut être plus risquée (selon l'exigence de la culture) et la dose de potasse nécessaire est généralement plus importante.

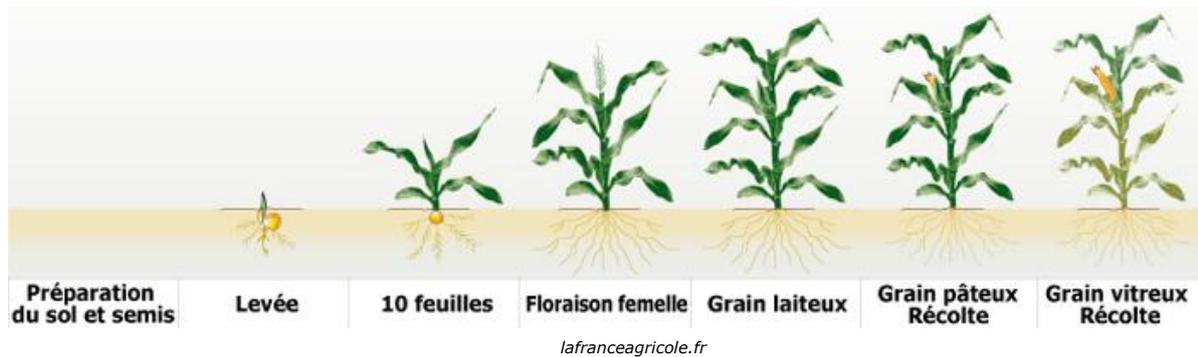


Historique de fertilisation

Les engrais les plus solubles dans l'eau sont les plus efficaces pour l'alimentation des plantes à leurs stades précoces. Cependant, ces éléments vont subir des transformations, des réorganisations dans le sol qui vont les conduire vers des états de moins en moins disponibles. Les effets du climat, l'activité biologique des sols, les pratiques de fertilisation modifient constamment l'équilibre de ces éléments dans le sol.

Pour garantir une bonne alimentation, non limitante des cultures, il est conseillé de ne pas réaliser d'impasses en P - K, sur une même parcelle, plus de 2 années consécutives, même pour des cultures peu exigeantes. Sur des sols ayant des teneurs très élevées (Teneur du sol > 2 fois Teneur impasse), il est possible de réaliser des impasses sur des périodes plus longues. La gestion de la fertilisation P et K sans analyse de sol est également possible en couvrant annuellement les exportations, ce qui n'exclut pas de réaliser des analyses par groupe de parcelles tous les 4 à 5 ans afin d'envisager des impasses sans risque technique mais économiquement non neutre sur la trésorerie des exploitations.

MAÏS (grain, ensilage, semences)



Fertilisation azotée

La fertilisation azotée sur maïs se raisonne selon la méthode du bilan prévisionnel.

- **Besoin**

Il est fonction du niveau de production visé et du type de production : grain ou fourrage. Les coefficients de besoin sont de **2,3 uN/quintal** pour le **maïs grain** et de **14 uN/tonne de matière sèche** pour le **maïs fourrage**. Il convient ensuite de prendre en compte la quantité d'azote que les racines ne peuvent extraire. Cette valeur est dépendante du type de sol, **azote non disponible** (voir annexe 1).

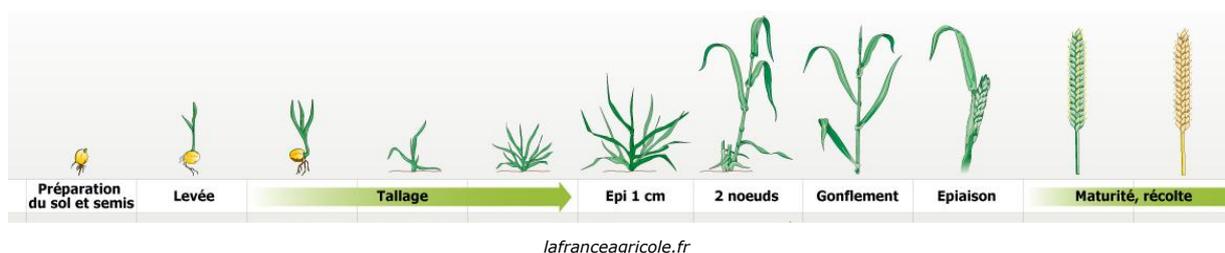
- **Fournitures**

Elles sont évaluées globalement et non par poste, à la différence des autres cultures, auxquelles il faut ajouter une éventuelle contribution des fertilisants organiques et de l'effet du précédent cultural :

- Les **fournitures** en azote des sols alsaciens varient en fonction des types de sol (de 60 uN/ha en secteur très superficiel de la Hardt à 140 uN/ha dans les sols argileux de bruch, voir annexe 1).
- La **contribution des fertilisants organiques** : dans le cas d'apports organiques sur la parcelle, il est impératif de calculer leur contribution à la fourniture d'azote. La valeur fertilisante d'un apport organique dépend de la quantité de matière épandue, de sa teneur en azote et du coefficient d'équivalence d'un engrais minéral (voir fiche Fertilisation PRO pages 22 et 23).
- L'**effet du précédent** : certains précédents culturaux occasionnent une fourniture d'azote supplémentaire. Il est nécessaire de la prendre en compte dans le calcul du bilan. Le tableau ci-dessous mentionne l'effet azote lié à la culture précédente.

	Pomme de Terre	Chou	Soja <i>Acquisition en cours de référence</i>	Tabac	CIPAN sans légumineuses	CIPAN avec légumineuses
Effet précédent (kg N/ha)	40	40	30	40	15	30

BLE



Fertilisation azotée

Le raisonnement de la fertilisation azotée du blé se fait selon la méthode des bilans.

▪ Besoins et fournitures

Les besoins en azote du blé sont de **3 unités d'azote / quintal** produit (variation de 2,8 à 3,5 selon les variétés) auxquels il faut ajouter une part d'**azote non disponible** (azote bloqué, voir annexe 2).

Azote absorbé en kg/q	Variétés
2,8	Accroc, Adhoc, Aramis, Arlequin, Atoupic, Bermude, Cellule, Expert, Fructidor, Hybery, Hystar, Hysun, Hyxtra, Pakito, Sokal, Sy Moisson
3	Aligator, Alixan, Altigo, Apache, Arezzo, As de cœur, Ascott, Boregar, Diamento, Dinosaur, Fluor, Goncourt, Hyfi, Hyxpress, Illico, Isengrain, Nucleo, Oregrain, Orvantis, Pr22r20, Pr22r28, Pr22R58, Premio, Rubisco, Rustic, Sankara, Solehio
3,2	Accor, Adagio, Aubusson, Caphorn, Graindor, Isidor, Koreli, Mendel, Mercato, Soissons

Concernant les fournitures à déduire pour déterminer la quantité d'azote minéral à apporter, la méthode est différente de celle utilisée en maïs. On cumule **reliquat sortie hiver** (forfait de 40 uN/ha sauf Ochsenfeld 20 uN/ha) et **minéralisation du sol** (voir annexe 2) pour déterminer les fournitures du sol. L'analyse du reliquat sortie hiver à la parcelle peut permettre d'affiner la valeur forfaitaire. Le RSH est mesuré sur un échantillon de terre issu d'une douzaine de prélèvements réalisés sur 3 horizons si la profondeur de sol le permet (0-30 cm / 30-60 cm / 60-90 cm). La qualité et la rigueur des prélèvements sont primordiales pour la bonne exploitation des résultats (conservation au froid avant analyse).



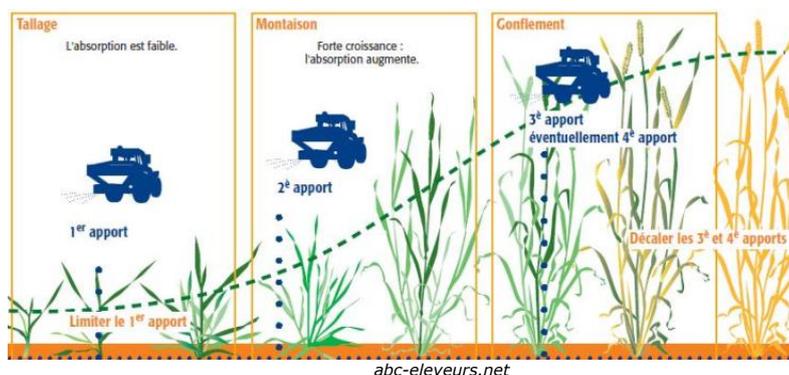
La contribution des **fertilisants organiques** est également à prendre en compte (effet direct et/ou arrière effet, voir fiche Fertilisation PRO pages 22 et 23) de même que l'**effet du précédent cultural**. Le tableau ci-dessous liste l'effet lié à la culture précédente.

	Pomme de Terre	Chou	Soja	Tabac	Cipan	Betterave	Colza	Protéagineux	Céréale paille enfouie	Maïs grain
Effet précédent (kg N/ha)	40	40	30	40	15	20	20	20	-20	-25

▪ **Fractionner les apports**

Les besoins en azote du blé évoluent en fonction des stades de la culture :

- pendant la phase de tallage : les besoins et la capacité d'absorption sont faibles. Les apports sont mal valorisés.
- début montaison : les besoins en azote explosent, les fournitures du sol ne sont alors plus suffisantes pour assurer les besoins croissants de la plante.
- mi-montaison jusqu'à gonflement : les besoins continuent d'être soutenus. L'azote absorbé à ce stade est celui qui sera le mieux valorisé pour le rendement mais également le taux de protéines du blé.



- **1^{er} apport** : maximum 50 uN/ha, stade tallage en sortie d'hiver
- **2^{ème} apport** : dose X - 1^{er} apport - 3^{ème} apport, stade épi 1 cm
- **3^{ème} apport** : 40 à 60 uN/ha (adapter cette dose avec des outils de pilotage type Jubil®, N-Tester®,...), courant montaison jusqu'au stade dernière feuille.

Les conditions météorologiques et particulièrement les précipitations doivent être des éléments déterminants des dates d'apports. Tout en restant dans la préconisation ci-dessus, il ne faut pas hésiter à anticiper légèrement un apport en cas de prévisions de pluies favorables à une bonne valorisation de l'engrais azoté (10 mm dans les 15 jours qui suivent l'apport).

Enfin, il est vivement recommandé d'ajuster précisément le dernier apport d'azote avec des outils d'aide à la décision tels que Jubil® ou N-Tester®. Ces deux outils permettent d'ajuster le bilan prévisionnel en vérifiant, courant montaison, le statut azoté de la culture via l'analyse des jus de base de tige pour Jubil®, ou la concentration en chlorophylle de la dernière feuille pour N-Tester®.



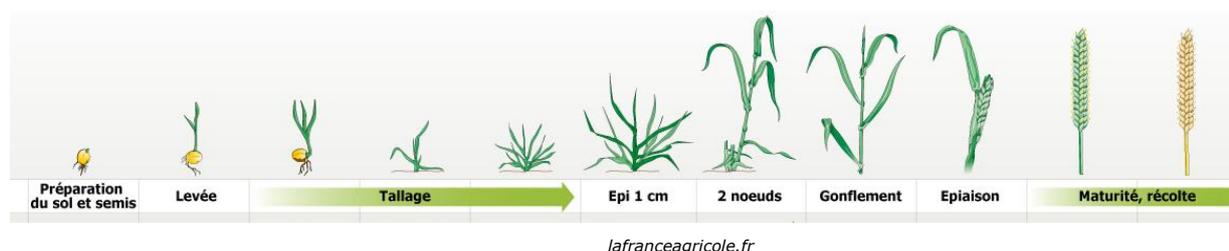
Fertilisation P - K

Le blé est une culture peu exigeante en phosphore et en potassium. L'impasse est tout à fait possible en se basant sur des analyses de sols régulières et une gestion de la fertilisation de fond sur la rotation. Les exportations avec enfouissement des pailles sont de 0,65 kg/q de P (52 kg/ha pour 80q) et 0,5 kg/ha de K (40 kg/ha pour 80q). En situation avec exportation des pailles, les exportations sont de 1,2 kg/q de P (96 kg/ha pour 80q) et 1,8 kg/ha de K (144 kg/ha pour 80q).

Et le soufre ?

Le blé est une culture consommatrice en soufre, élément qui se comporte un peu comme l'azote. Généralement, il est présent en quantité suffisante dans le sol pour couvrir les besoins des céréales mais, lessivable, il peut manquer dans certaines situations, notamment après un hiver très pluvieux. On sera vigilant dans les sols superficiels ou les sols pauvres en matière organique. Dans ces situations, un apport de 30-40 kg de sulfate est recommandé, en même temps que le premier apport d'azote.

ORGE



Fertilisation azotée

La fertilisation azotée sur orge se raisonne selon la méthode des bilans.

▪ Besoins et fournitures

Les apports azotés sont moins importants qu'un blé dans la mesure où l'orge d'hiver a des besoins plus limités, seulement **2,5 unités d'azote/quintal** produit. Les fournitures à déduire (**minéralisation, reliquats sortie hiver, contribution fertilisants organiques, effet du précédent**) sont les mêmes que pour le blé (voir annexe 2).

▪ Fractionnement

Classiquement 2 apports : début tallage à hauteur de 50 kg/ha, complété par un second au stade épi 1 cm. La stratégie en 3 apports est intéressante dans les situations où la dose totale nécessaire dépasse 150 kg/ha :

- début tallage : 40 à 50 uN/ha,
- épi 1cm : dose X – apport tallage – mise en réserve apport fin montaison
- fin montaison (2 nœuds - gonflement) : 40 uN/ha

Fertilisation P - K

L'orge est moyennement exigeante en P (exportation du grain de 0,65 unité/quintal de grain produit) et peu exigeante en K (exportation du grain de 0,55 unité/quintal de grain produit). En sol correctement pourvu, les impasses sont possibles, d'autant plus s'il y a des apports de matières organiques dans la rotation.

Et le soufre ?

Comme pour le blé, dans les situations à risque (sols filtrants, pluviométrie hivernale importante,...), un apport de 30-40 kg/ha de soufre est recommandé, couplé à celui de l'azote lors du tallage. La seule forme possible est la forme sulfate.

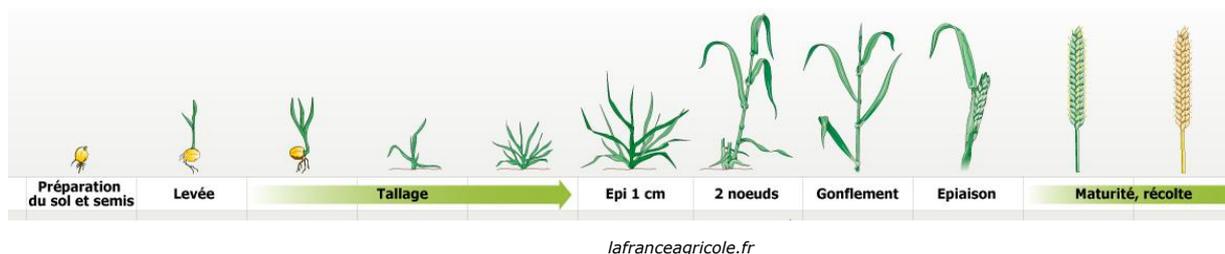
Focus « Orge de printemps »

Le débouché des orges de printemps est majoritairement brassicole, ce qui implique de prendre en compte les objectifs de qualité et notamment la teneur en protéines (teneur maximale de 11,5 %). Une minoration de la dose d'azote apportée par rapport à celle calculée via la méthode des bilans est souvent judicieuse pour maîtriser les protéines. Le niveau de rendement retenu doit être le plus réaliste possible et les fournitures du sol bien connues (RSH indispensable) afin de maîtriser les teneurs en protéines des grains récoltés.



Autres céréales à paille

TRITICALE, SEIGLE, AVOINE, EPEAUTRE



Fertilisation azotée

La fertilisation azotée de ces céréales secondaires se raisonne comme pour le blé et l'orge selon la méthode des bilans.

▪ Besoins et fournitures

Les apports azotés sont bien moindres que pour le blé dans la mesure où les besoins sont plus faibles :

- Triticale : **2,6 kg N /quintal** produit
- Seigle : **2,3 kg N /quintal** produit
- Avoine : **2,2 kg N /quintal** produit
- Epeautre : **2,0 kg N /quintal** produit

Les **fournitures** à déduire sont identiques à celles du blé (voir annexe 2).

Le calcul de la dose X se fera à partir d'un niveau de rendement réaliste. Si vous n'avez aucun historique de ces cultures sur votre exploitation, tablez sur les niveaux de rendement du tableau ci-dessous, issus de moyennes régionales.

Triticale	Seigle	Avoine	Epeautre
60 à 70 q/ha	45 à 60 q/ha	39 à 50 q/ha	35 à 50 q/ha

▪ Fractionnement

Deux apports sont recommandés pour une valorisation optimale de l'azote apporté. Le premier apport se fera au stade tallage, et sans excès, afin d'éviter de favoriser des risques de verse (1/3 de la dose X). Le second apport, au stade montaison, représentera la majorité de la dose apportée soit environ les 2/3 de la dose X.

Fertilisation P - K

Toutes ces céréales secondaires sont peu exigeantes en P et K. En sol correctement pourvu, les impasses sont préconisées. La gestion de la fumure P - K se fera sur la rotation.

	Besoin P / quintal grain récolté	Besoin K / quintal grain récolté
Triticale	0,65	0,50
Seigle	0,65	0,45
Avoine	0,75	0,45
Epeautre	0,65	0,50



COLZA



Fertilisation azotée

▪ Besoins et fournitures

Le colza a un besoin unitaire en azote élevé, **7 kg N absorbé/quintal produit**, et il peut absorber beaucoup d'azote avant l'hiver. Sa fertilisation doit en tenir compte. A ce titre, **l'évaluation de la biomasse** est le meilleur moyen d'estimer la quantité d'azote absorbé par la culture et donc les **fournitures du sol**. La méthode des pesées est la plus juste. Elle consiste à prélever et peser, en les coupant à la base du collet, tous les pieds présents sur 1m² (faire au moins 4 pesées). L'ajustement de la dose à apporter sera d'autant plus précis que vous avez réalisé des pesées entrée et sortie hiver (faire la moyenne des 2 pesées pour tenir compte des pertes hivernales).

Le calcul de la dose totale d'azote se fera à partir d'un niveau de rendement réaliste. Si vous n'avez aucun historique de colza sur votre exploitation, tablez sur une quarantaine de quintaux/ha de potentiel pour la région. La dose à apporter est en lecture directe dans le tableau de l'annexe 3. S'il y a des **apports organiques**, évaluez leur valeur avec la fiche fertilisant organique (page 22 et 23) et déduisez-les de cette dose.

Fractionnement

Ne pas apporter plus de 100 kg/ha d'azote en une fois. Ci-dessous, tableau de recommandation du fractionnement azoté en fonction de la biomasse mesurée :

	Petit < 0,8 kg/m ²	Moyen 0,8 - 1,6 kg/m ²	Gros 1,6 - 2,5 kg/m ²	Très gros > 2,5 kg/m ²
<i>Dose totale azote</i>	170 à 220 uN	130 à 200 u	70 à 140 uN	0 à 80 uN
<i>Nombre d'apports</i>	3	2 à 3	1 à 2	0 à 1
<i>Reprise</i>	40 uN	60 à 80 uN	0 à 60 uN	0
<i>Boutons accolés</i>	70 à 100 uN	50 à 100 uN	60 à 100 uN	0 à 80 uN
<i>Boutons séparés</i>	60 uN	0 à 40 uN	0 uN	0 à 80 uN

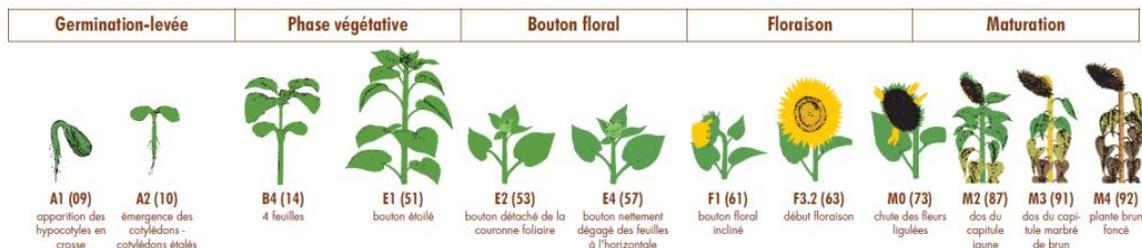
Fertilisation P - K

Le colza est très exigeant en phosphore, moyennement en potasse. Ne pas faire d'impasse en phosphore en sol pauvre ou moyennement pourvu et en sol argilo-calcaire où le phosphore peut être bloqué ou moins disponible. Dans les parcelles à faible biodisponibilité du phosphore, préférez les apports en fin d'été avant l'implantation de la culture pour limiter le risque de carence précoce à l'automne. Les exportations sont de 1,25 unité de phosphore et de 0,85 unité de potasse par quintal produit.

Et le soufre ?

Le colza est une culture qui a besoin d'une quantité de soufre importante au printemps et dans un laps de temps précis. Apportez systématiquement 75 unités de soufre sous la forme assimilable (sulfate) début montaison.

TOURNESOL



Terres Inovia.fr

Fertilisation azotée

▪ Besoins et fournitures

Les besoins en azote du tournesol sont de **4,5 kg N absorbé/quintal produit**. Pour déterminer la dose d'azote à apporter, la méthode retenue en Alsace dans le cadre du 5^{ème} programme de la Directive Nitrates se base sur la mesure du **reliquat sortie hiver** (RSH) à la parcelle. Le tableau ci-dessous mentionne la fertilisation azotée maximale à apporter sur le tournesol selon le RSH et l'objectif de rendement.

	RSH faible (30 kgN/h)	RSH moyen (60 kgN/ha)	RSH élevé (90 kgN/ha)
Dose d'azote (kg/ha) pour un potentiel de 25 qx/ha (sol superficiel)	60	40	0
Dose d'azote (kg/ha) pour un potentiel de 35 qx/ha (sol profond)	90	60	40

Un excès d'azote va favoriser le développement des maladies, la verse et abaisser la teneur en huile des graines.

▪ Fractionnement

Un apport unique d'azote en végétation, avant 14 feuilles, est souvent mieux valorisé qu'un apport au semis car il est mieux positionné par rapport aux besoins de la plante.

Fertilisation P - K

Le tournesol est peu exigeant en phosphore et moyennement exigeant en potasse. Les exportations sont de 1,2 unité de P et de 1,05 unité de K par quintal produit.

Et le bore ?

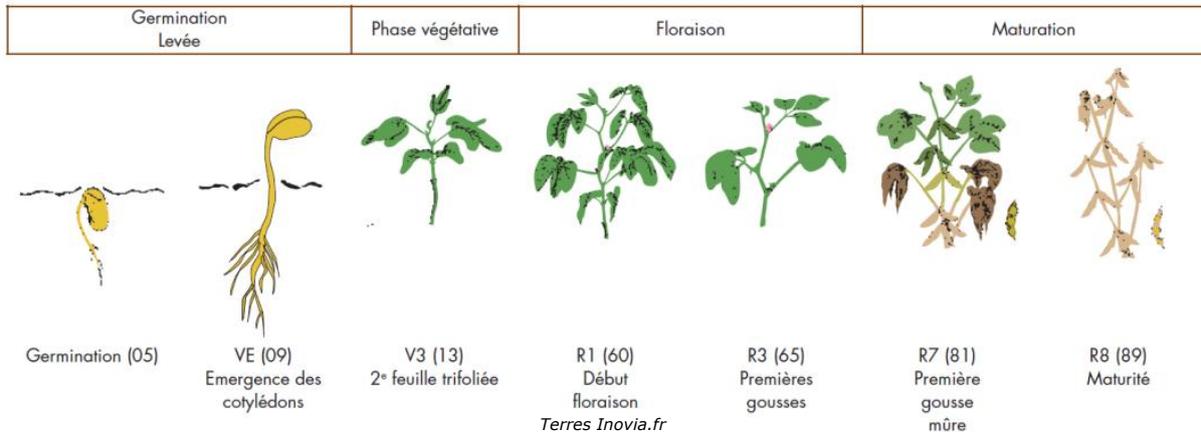
Le bore est un oligo-élément essentiel. Une carence engendre une baisse de productivité et de teneur en huile. Les situations à risques sont les sols légers, calcaires, tassés ou présentant des teneurs en bore faibles. Réalisez alors un apport de bore en préventif au sol (1,2 kg/ha) ou en fertilisation foliaire (300 à 500 g/ha, entre le stade 10 feuilles et limite passage tracteur).

Focus « Tournesol semence »

La fertilisation se gère de manière semblable à la filière « classique », ne pas dépasser 60 kgN/ha en sol profond et 80 kgN/ha en sol superficiel. Les éventuels apports d'engrais de fond se raisonnent avant tout en fonction des teneurs du sol, et l'apport de bore est systématique, du niveau de ceux réalisés pour la filière consommation.



SOJA



Pas de fertilisation azotée mais une inoculation réussie

Le soja, comme l'ensemble des légumineuses, est capable d'absorber l'azote présent dans le sol mais également de fixer celui contenu dans l'air. La plante ne fixe pas directement l'azote mais elle s'associe à des bactéries *Rhizobium* qui vivent dans de petites structures appelées nodules, présentes sur les racines de la culture. Ces bactéries vont fixer l'azote gazeux de l'air et le transformer afin qu'il puisse être utilisé par le soja.

Ces bactéries n'étant pas présentes spontanément dans le sol, une bonne inoculation est nécessaire. Elle doit être réalisée avec soin, à l'ombre et le plus proche possible du semis car les bactéries meurent en quelques heures à l'air libre et à la lumière. Toutes les parcelles doivent être inoculées même si elles ont déjà porté du soja, à l'exception des parcelles ayant porté un soja bien nodulé au cours des 3 dernières années et situées en sol ni calcaire ni sableux. Les bactéries peuvent être apportées sur les graines avec tourbe, liquide, produit rhizofilmé ou sur des micro granulés spécifiques avec tourbe. Les meilleures nodulations sont obtenues par des inoculations directes sur graines. Elles sont à privilégier en particulier dans les nouvelles parcelles de soja. La fertilisation azotée est inutile si l'inoculation est réussie. En cas d'échec, on peut apporter 150 uN/ha.



Terres Inovia.fr

Fertilisation P - K



Le soja est une culture peu exigeante vis-à-vis du phosphore et moyennement exigeante vis-à-vis de la potasse. Les exportations de cette culture sont de 1 unité de phosphore et de 1,6 unité de potasse par quintal produit. Selon la disponibilité de ces éléments dans le sol, des impasses de fumure de fond sont possibles.

Autres légumineuses

POIS, FEVEROLE, LUPIN



Terres Inovia



Terres Inovia



Terres Inovia

Pas de fertilisation azotée !

La nutrition azotée de ces légumineuses repose sur deux voies d'acquisition complémentaires : la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique grâce aux nodosités et l'assimilation d'azote minéral par les racines.

Le pois et la féverole peuvent fixer l'azote de l'air grâce à une symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium*. Elles se trouvent naturellement dans le sol. Il n'est donc pas nécessaire d'inoculer, contrairement au soja. Par contre, pour le lupin, il y a besoin d'inoculer la semence lorsque la parcelle n'a jamais porté de lupin car la bactérie responsable de la symbiose (*Bradyrhizobium lupini*) est rarement présente en quantité suffisante dans les sols français. Une seule inoculation est nécessaire car les populations de bactéries se maintiennent ensuite très bien dans les sols.

Fertilisation P - K

Le pois et la féverole sont moyennement exigeants en phosphore et en potasse. Le lupin est lui faiblement exigeant en phosphore et moyennement exigeant en potasse. Les exportations de ces protéagineux sont de :

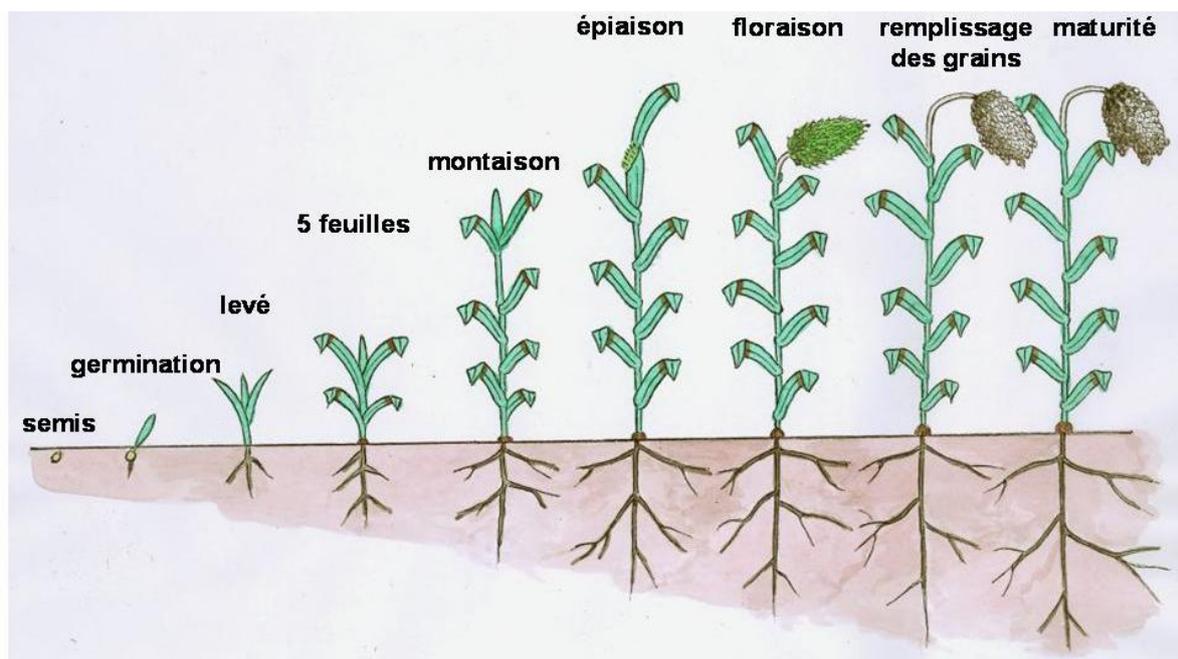
- pois : 0,80 unité de phosphore et 1,15 unité de potasse par quintal produit.
- féverole : 1,20 unité de phosphore et 1,30 unité de potasse par quintal produit.
- lupin : 0,75 unité de phosphore et 1,05 unité de potasse par quintal produit.

En sol correctement pourvu, les impasses sont préconisées. La gestion de la fumure P - K se fera sur la rotation.

Choix de la parcelle

Le pois pousse bien dans les sols à pH > 6 et a besoin de magnésie (apport de 30 à 60 unités de MgO/ha au printemps en sol pauvre). En sols très calcaires, la chlorose ferrique peut pénaliser le rendement si elle se prolonge. La meilleure technique de lutte est de semer une variété peu sensible. **La féverole** préférera les pH neutres. Les pH acides entravent le fonctionnement de l'activité symbiotique. A l'inverse, en pH élevé (> 7,5) certains éléments minéraux comme le bore sont bloqués. Le sol qui recevra **le lupin** devra impérativement être sans calcaire actif (CaCO_3 total < 2.5 %). En présence de calcaire dans la zone exploitée par les racines, le lupin dépérit. Des parcelles saines, drainant bien et exemptes de dicotylédones vivaces (rumex, chardons, liserons) sont indispensables.

SORGHO (grain et sucrier)



sorghofrancais.fr

Fertilisation azotée

La fertilisation azotée du sorgho se raisonne comme pour le maïs, selon la méthode des bilans. Les niveaux de rendement sont de 80 qx/ha pour le sorgho grain, 14 t MS/ha pour le sorgho sucrier. Ces valeurs sont à utiliser en absence de références propres à l'exploitation.

▪ Besoins et fournitures

Les besoins azotés unitaires du sorgho sont de **2,4 uN/quintal** pour le **grain** et **14 kg N/tonne de matière sèche** pour le **sorgho sucrier**. Les autres éléments nécessaires pour le calcul de la dose prévisionnelle (**fournitures du sol, effet précédent, azote non disponible**) sont identiques au maïs (voir annexe 1).

▪ Fractionnement

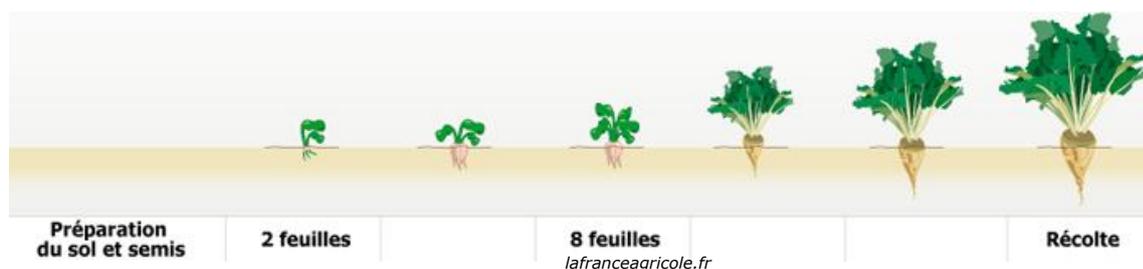
En sol filtrant, il est recommandé de ne pas apporter d'azote avant 6 feuilles. Dans les autres sols, en situation non irriguée, un seul apport au semis est suffisant. En situation irriguée, préférez un 1^{er} apport au semis suivi d'un 2^{ème} avant la première irrigation et au plus tard avant le stade 10/12 feuilles.

Fertilisation P - K

Les travaux récents ont montré que les variétés actuelles de sorgho peuvent être considérées comme peu exigeantes vis-à-vis du phosphore et du potassium. Les engrais de fond ne sont nécessaires que lorsque la disponibilité de ces éléments dans le sol est insuffisante pour satisfaire les besoins des jeunes plantes. Les exportations du sorgho grain sont de 0,70 unité de phosphore et de 0,35 unité de potasse par quintal produit.



BETTERAVE SUCRIERE



Fertilisation azotée

La fertilisation azotée de la betterave se raisonne selon la méthode des bilans.

▪ Besoins et fournitures

En Alsace, les **besoins totaux** de la betterave sont estimés à **260 kgN/ha**. Concernant les fournitures du sol, on cumulera **reliquat sortie hiver** et **minéralisation du sol** (voir annexe 4). Le RSH est à réaliser à la parcelle à partir de fin janvier. Prélevez un échantillon de terre issu d'une douzaine de trous réalisés sur 3 horizons (0-30 cm / 30-60 cm / 60-90 cm). La **contribution** des **fertilisants organiques** est à prendre en compte (effet direct et/ou arrière effet, voir fiche Fertilisation PRO pages 22 et 23) de même que l'**effet du précédent cultural** (tableau ci-dessous).

	Luzerne	Tabac brun	Chou et pomme de terre	Betterave Colza Légumes Soja	Blé et céréales paille enfouie	Maïs grain	Maïs grain TCS	Tabac blond	Engrais vert (CIPAN)
Effet précédent (kg N/ha)	40	30	20	20	- 20	-30	-45	-30	20

▪ Fractionnement

L'apport unique avant semis (maximum 80 uN/ha) doit être réalisé dans la semaine qui précède l'implantation. Le fractionnement reste une solution de secours en cas d'impossibilité de respecter cette règle, notamment pour les sols profonds ou très filtrants. L'apport complémentaire interviendra alors avant 4 feuilles de la betterave pour en assurer l'efficacité. L'apport de la dose pleine en post semis augmente le risque de volatilisation. La localisation de l'engrais sur le semoir peut permettre de diminuer la dose d'apport car l'enfouissement élimine tout risque de pertes atmosphériques.

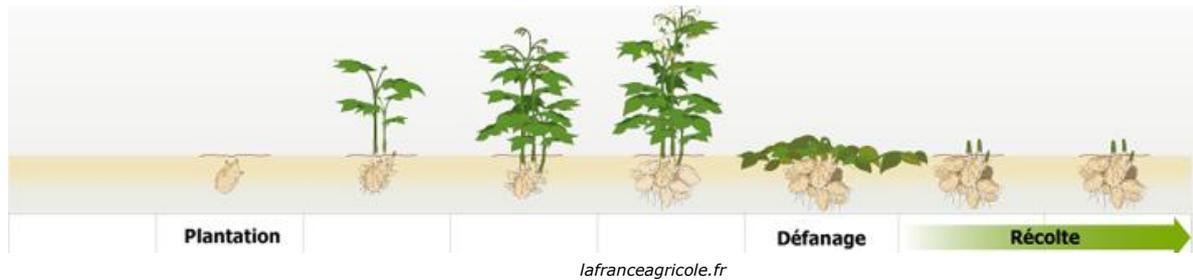
Fertilisation P - K

La betterave se caractérise par une exigence élevée pour le phosphore et la potasse. Les apports sont généralement effectués à l'automne. Les exportations sont de 0,50 unité de phosphore et de 1,80 unité de potasse par quintal produit à 16 % sucre.

Et les oligo éléments ?

Les fortes fertilisations potassiques doivent être systématiquement accompagnées de magnésie et de bore en végétation sur betteraves réceptives, en dehors des heures chaudes de la journée (2 ou 3 apports de 2 kg/ha en mai après le stade 6 feuilles, en juin à la couverture et en juillet avec le 1^{er} fongicide). Les carences en manganèse sont à surveiller (jaunissement des feuilles, coloration des racines en sol calcaire, à pH élevé ou en sols humifères).

POMME DE TERRE



Fertilisation azotée

La fertilisation azotée sur pomme de terre se raisonne selon la méthode des bilans. L'excès azoté retarde la maturité et la récolte, favorise un feuillage surabondant favorable aux maladies et augmente le taux de nitrates dans les tubercules. A l'inverse, un manque d'azote selon son apparition pénalise le développement foliaire, le nombre de tubercules, le calibre ou favorise l'alternaria (forme alternata essentiellement).

▪ Besoins et fournitures

Les besoins sont déterminés pour un **potentiel de production** accessible **suivant la durée du cycle**. Des **valeurs forfaitaires** sont proposées en fonction des besoins physiologiques pour chaque débouché (voir annexe 5). Il faut y ajouter 25 kg N/ha, part d'azote non disponible en sol de limon. Les fournitures à déduire se basent sur la mesure du **RSH** et la **minéralisation du sol** (valeurs forfaitaires en annexe 5). Le RSH est indispensable et directement mesuré sur les parcelles (prendre 100 % du premier horizon + 50 % de l'horizon 30-60 cm). Des outils de pilotage sur feuilles existent pour des apports 30-40 jours après levée en variété de conservation ou à partir de la cinquième feuille en primeur. La contribution des **fertilisants organiques** est également à prendre en compte (effet direct et/ou arrière effet, voir fiche Fertilisation PRO pages 22 et 23) de même que l'**effet du précédent cultural**.

	Betterave sucrière	Colza	Maïs ensilage, blé pailles enlevées	Blé pailles enfouies	Maïs grain
Effet précédent (kg N/ha)	20	20	0	-20	-25

▪ Fractionnement

Le fractionnement de l'apport azoté total pour un sol correctement pourvu est de l'ordre de 40 % à la plantation, 40% au buttage et 20 % 30-40 jours après la levée.

Fertilisation P - K

La pomme de terre est très exigeante en phosphore et en potasse. Les impasses sont impossibles (fumure équivalente au minimum aux exportations), se baser sur des analyses de sol régulières. Apporter la fumure P - K au plus près des besoins de la plante, (avant plantation ou buttage). Les exportations sont de 0,95 unité de phosphore et de 3,90 unités de potasse par tonne produite.

Et les oligo éléments ?

La pomme de terre peut être sensible à une carence en magnésie, soufre voire zinc. L'analyse de sol régulière sera déterminante pour éviter toute carence et apporter des oligo éléments si nécessaire.



CHOUX à choucroute et CHOU blanc



lafranceagricole.fr

Fertilisation azotée

La fertilisation azotée sur chou se raisonne selon la méthode des bilans. Un excès azoté entraîne un feuillage vert foncé, une mauvaise tenue et conservation de la pomme, une sensibilité au brunissement interne et aux bactérioses.

▪ Besoins et fournitures

Les besoins en azote sont de **3 unités d'azote/tonne produite** (potentiel de 80 à 100 tonnes/ha) auxquelles il faut ajouter une part d'**azote non disponible** (azote bloqué, 30 uN/ha de référence en Alsace). Les fournitures à déduire se basent sur la mesure du **RSH** et la **minéralisation du sol** (valeurs forfaitaires en annexe 4). Le RSH est indispensable et directement mesuré sur les parcelles. Il s'agit de la moyenne des reliquats sortie hiver de l'année (sur 3 horizons, de 0 à 90 cm). La contribution des **fertilisants organiques** est également à prendre en compte (effet direct et/ou arrière effet, voir fiche Fertilisation PRO pages 22 et 23) de même que l'**effet du précédent cultural**.

	Betterave sucrière	Colza	Pomme de terre	Maïs ensilage	Maïs grain
Effet précédent (kg N/ha)	20	20	20	0	-25

▪ Fractionnement

Deux apports sont recommandés pour une valorisation optimale de l'azote apporté. Le premier se fera à la plantation (généralement sous forme de ternaire type 13-10-20, de l'ordre de 1 t/ha), le second (solde de la dose totale – 1^{er} apport) un mois après, associé à un binage. Réalisez les apports azotés sur feuillage sec pour éviter les brûlures.

Fertilisation P - K

Le chou est exigeant en phosphore et très exigeant en potasse. Les impasses sont impossibles ; la fumure doit au minimum être équivalente aux exportations et se base sur des analyses de sol régulières. Apporter la fumure phospho-potassique au plus près des besoins de la plante, c'est-à-dire avant plantation. Les exportations sont de 1,30 unité de phosphore et de 4,30 unités de potasse par tonne produite.

Et les oligo-éléments ?

Le chou est exigeant en soufre, molybdène et bore. Une analyse de sol récente est indispensable pour éviter toutes carences en oligo éléments.



PRAIRIES

Fertilisation azotée

Le 5^{ème} programme de la Directive Nitrates fixe des doses plafonds pour la fertilisation azotée des surfaces en herbe, suivant le type et le mode de conduite de la prairie (voir annexe 6). Le calcul de la fertilisation azotée doit être adapté selon la nature de la prairie (permanente, temporaire, présence de légumineuses, qualité de la flore), son utilisation (pâturage, récolte) et son niveau d'intensification (chargement en UGB, nombre de coupes, rendements).

▪ **Besoins et fournitures**

Le calcul de la dose totale d'azote à apporter peut s'anticiper dès l'hiver en se basant sur les exportations de la culture qui sont fonction de l'utilisation de la prairie :

- 20 ‰ des kg de Matière Sèche prévisionnels de la récolte pour le foin,
- 25 ‰ pour l'ensilage et jusqu'à 30 ‰ pour le pâturage ou l'affouragement en vert
Exemple : 7 000 kg MS de foin (= 7 t) x 0,02 = 140 uN.

En présence de légumineuse, soustraire à la dose totale 30 uN par TMS pour le trèfle violet, la luzerne et 45 uN pour le trèfle blanc. Ne pas négliger l'azote contenu dans les effluents d'élevage fréquemment apportés sur prairies (voir fiche fertilisation PRO pages 22 et 23). La luzerne, en tant que légumineuse, n'a pas besoin d'apports azotés.

▪ **Fractionnement**

Répartir la dose totale sur le cycle annuel de la prairie:

- à la reprise de végétation, 60 à 100 uN de 1^{er} apport pour les prairies récoltées en ensilage ou enrubannage, 0 à 60 unités pour une récolte de foin et sur pâturage (selon degré d'intensification). Cet apport est à réaliser quand on a cumulé 200°C, base 0°C, depuis le 1^{er} janvier (modèle de prévision Arvalis, Date N'Prairie)
- Après chaque récolte : 40 à 50 uN après ensilage, enrubannage ou foin, 20 à 30 uN sur pâturage après chaque passage du troupeau (si chargement < 2 UGB).

Fertilisation P - K

Elle favorise le maintien des légumineuses dans les prairies. Apportez la fumure de fond au moment du redémarrage racinaire, en même temps que le premier apport d'azote. La dose à apporter se base sur les exportations, elles-mêmes fonction du mode d'exploitation de la prairie :

	Pâturage extensif (chargement faible)	Pâturage intermédiaire	Pâturage intensif (chargement élevé)	Ensilage précoce	Ensilage tardif (enrubannage)	Foin
P (unités/ha)	0	20	30	40-50	40	30-40
K (unités/ha)	0	40	60	80-120	80-100	60-80

N'oubliez pas de tenir compte des épandages d'effluents d'élevage. Un apport de lisier (30-35 m³/ha) ou de fumier (15-20 t/ha) couvrent largement les besoins en P - K d'une prairie de fauche. En luzerne, apportez 150 à 200 kg de K en fin d'hiver. Pour favoriser le trèfle blanc, limitez la fertilisation azotée pour freiner les graminées concurrentes, augmentez la fréquence de récolte pour préserver l'accès du trèfle à la lumière ou augmentez la dose de phosphore.

FERTILISANTS ORGANIQUES

Les fumiers, lisiers, fientes,... repris par le 5^{ème} programme de la Directive Nitrates sous la dénomination PRO (Produits Résiduels Organiques), représentent une source d'azote (et de potasse) très intéressante qu'il convient de bien connaître afin de l'intégrer au plus juste dans la gestion de la fertilisation de ses cultures. La nouvelle réglementation intègre des coefficients d'équivalence engrais minéral pour calculer les unités d'azote apportées. Ces coefficients d'équivalence représentent le rapport entre la quantité d'azote apportée par un engrais minéral et la quantité d'azote apportée par le fertilisant organique permettant la même absorption d'azote que l'engrais minéral. Il est différent suivant la période de l'apport (automne/printemps) et le type de sol.



Effets AZOTE des engrais de ferme

Pour estimer la contribution des effluents d'élevage en terme d'azote efficace, on additionnera :

- effet direct (via les nouveaux coefficients d'équivalence, cf. tableau 1 ci-dessous)
- arrière effet (forfait, cf. tableau 2 ci-après), pris en compte uniquement pour les cultures et dans le cas d'apports réguliers, tous les 2 ou 3 ans. En cas d'apport occasionnel, sa valeur est nulle.

PRO	Variante	Culture pour laquelle le PRO est apportée	Période d'apport	Coefficient d'équivalence engrais	Teneur en N du PRO	N efficace uN/ha
Fumier de Bovin 40 T/ha	pailleux litière accumulée	de printemps	printemps	0,20	5,4	43
		de printemps	été devant CIPAN / automne	0,10	5,4	22
		d'automne	automne	0,10	5,4	22
Lisier de Bovin 30 m ³ /ha	incorporation dans les 24h	de printemps	printemps	0,30	2,9	26
		d'automne	fin été	0,20	2,9	17
	apport en végétation	d'automne	printemps	0,30	2,9	26
Lisier de Porc 30 m ³ /ha	incorporation immédiate	de printemps	printemps	0,70	3,9	82
		de printemps	été devant CIPAN	0,05	3,9	6
	incorporation dans les 24h	de printemps	printemps	0,50	3,9	59
		de printemps	été devant CIPAN	0,05	3,9	6
	apport en végétation	d'automne	printemps	0,60	3,9	70
		de printemps	printemps	0,50	3,9	59
Fumier de volailles = Fientes avec litière 10 T/ha	incorporation immédiate	de printemps	printemps	0,60	24,1	145
		d'automne	automne	0,10	24,1	24
	incorporation dans les 24h	de printemps	printemps	0,50	24,1	121
	apport en végétation	d'automne	printemps	0,45	24,1	108

Tableau 1 : effet direct issu de valeurs régionales de coefficient d'équivalence engrais et de pourcentage d'azote du PRO (%N PRO) estimé selon les moyennes régionales pour les PRO les plus courants.

Si vous disposez d'analyses des effluents de votre élevage, utilisez-les à la place des teneurs proposées dans le tableau.

Pour les surfaces en herbe, le fumier de bovins épandu en automne/hiver donne un coefficient d'équivalence de 0,2 alors que le lisier de bovins épandu au printemps donne un coefficient d'équivalence de 0,4.

L'arrière effet est évalué de façon forfaitaire en fonction du PRO et des quantités habituellement épandues. Retenez ces valeurs uniquement pour les cultures (pas l'herbe) et dans le cas d'apports réguliers 2 ou 3 ans : il se cumule alors à l'effet direct l'année de l'apport.

		PRO			
		Fumier de Bovin	Lisier de Bovin	Lisier de porcs	Fumier de volaille
Valeur arrière effet uN/ha	Quantité épandue →	40 T/ha	30 m3	30 m3	10 T/ha
	Type de sols ↓				
	Autres sols	35	15	10	10
	Argile des rivières vosgiennes Nord Argile et bruch des rivières vosgiennes centre Argile bande rhénane Nord Sundgau	20	10	5	5

Tableau 2 : valeur forfaitaire de la quantité d'azote fourni par les PRO épandu les années précédentes selon la quantité épandue et le type de sols dans le cas d'apports réguliers et sur culture uniquement.

P - K et oligo éléments

Outre l'azote, les PRO contiennent des quantités importantes de phosphore, potasse ainsi que de calcium et magnésium (cf. tableau 3). Les fertilisants organiques représentent donc des économies très importantes dans la gestion de la fumure de fond de vos cultures.

	N	P	K	CaO	MgO
Fumier de Bovin	5,4	2,8	8,3	5,2	1,9
Lisier de Bovin	2,9	1,5	3,2	2,3	1,0
Lisier de Porc	3,9	2,5	3,0	2,0	0,9
Fumier de volailles	24,1	20,9	21,6	37,3	0,0

Tableau 3 : teneur en P / K / CaO / MgO des engrais de ferme (analyses CARA 1998-2012) en kg/t ou m³

On peut considérer que le phosphore et la potasse des effluents d'élevage sont disponibles à 100 % dès l'année de l'apport ! La magnésie et le calcium peuvent également être considérés disponibles en totalité pour les plantes.

Faire analyser ses FERTILISANTS ORGANIQUES

La première étape pour bien valoriser vos effluents d'élevage est de connaître leurs teneurs en éléments fertilisants. On optimise ainsi les doses et on évite le lessivage de l'azote, ou au contraire des carences, en éléments fertilisants pour les cultures. Ceci est d'autant plus vrai que la composition des engrais de ferme varie fortement en fonction de l'espèce, du mode de logement et des pratiques d'élevage. Les valeurs des engrais de ferme en azote figurant au tableau 1 (effet direct) peuvent être adaptées au niveau de chaque exploitation à condition que la valeur utilisée soit justifiée par une mesure spécifique du produit utilisé.

SOMMAIRE ANNEXES

ANNEXE 1 Tableaux de référence des niveaux de rendement du maïs grain et des fournitures azotées du sol (maïs et sorgho)	
Tableau de référence des niveaux de rendement du maïs grain	25
Tableau de référence des fournitures azotées du sol pour le maïs (grain, fourrage et semences) et le sorgho.....	26
ANNEXE 2 Tableaux de référence des niveaux de rendement du blé et des fournitures azotées du sol pour le blé et les autres céréales à paille	
Tableau de référence des niveaux de rendement du blé	27
Tableau de référence des fournitures azotées du sol pour le blé et les autres céréales à paille .	28
ANNEXE 3 Tableau de référence des doses d'azote à apporter en colza	
Tableau de référence des doses d'azote à apporter en colza, selon le poids frais en sortie d'hiver et le niveau de rendement.	29
ANNEXE 4 Tableaux de référence des fournitures du sol pour la betterave sucrière, le chou à choucroute et le chou blanc	
Tableau de référence des fournitures azotées du sol pour la betterave sucrière	30
Tableau de référence des fournitures azotées du sol pour le chou à choucroute et chou blanc.	30
ANNEXE 5 Tableaux de référence des fournitures azotées et de la minéralisation du sol pour la pomme de terre	
Tableau de référence des fournitures azotées du sol pour la pomme de terre	31
Besoins forfaitaires	31
Minéralisation du sol.....	31
ANNEXE 6 Tableau de référence de la fertilisation maximale à apporter sur des surfaces en herbe	
Tableau de référence de la fertilisation maximale à apporter sur des surfaces en herbe	32
ABREVIATIONS.....	33

ANNEXE 1

Tableaux de référence des niveaux de rendement du maïs grain et des fournitures azotées du sol (maïs et sorgho)

Tableau de référence des **niveaux de rendement du maïs grain**

Département	Type de sols	Niveau de rendement (q/ha) Non irrigué	Niveau de rendement (q/ha) Irrigué
67	Limon sain et loess favorable	120	
67	Limon sain Outre-Forêt et arrière Kochersberg	115	
67	Limon battant	110	
67	Sableux des rivières vosgiennes Nord	92	110
67	Argileux des rivières vosgiennes Nord (<i>conditions normales</i>)	107	
67	Sableux à limono sableux des rivières vosgiennes Centre	92	117
67	Argileux et bruch des rivières vosgiennes Centre (<i>conditions normales</i>)	117	
67	Limono sablo argileux à limono argileux des rivières vosgiennes Centre	102	117
67	Ried brun caillouteux		127
67	Ried gris Nord	100	120
67	Ried argileux bande rhénane Nord	100	
67	Ried gris, ried noir, ried rhénan Sud	110	
67	Limono sableux et sableux du Rhin	107	127
68	Ried brun		127
68	Ried gris	117	
68	Ried noir	117	
68	Profond des sables du Rhin et de la Hardt		127
68	Superficiel de la Hardt		127
68	Plaine de l'Ill	107	122
68	Ochsenfeld	92	117
68	Piémont	107	
68	Sundgau limon acide et battant	97	
68	Bas Sundgau limon calcaire sain	112	

Pour le niveau de rendement, n'utiliser ces références qu'en cas d'absence de références propres à l'exploitation.



Tableau de référence des **fournitures azotées du sol pour le maïs (grain, fourrage et semences) et le sorgho**

Département	Type de sols	Azote non disponible (kg N/ha)	Fourniture du sol (kg N/ha)
67	Limon sain et loess favorable	25	130
67	Limon sain Outre-Forêt et arrière Kochersberg	25	100
67	Limon battant	25	80
67	Sableux des rivières vosgiennes Nord	10	60
67	Argileux des rivières vosgiennes Nord (<i>conditions normales</i>)	20	80
67	Sableux à limono sableux des rivières vosgiennes Centre	10	90
67	Argileux et bruch des rivières vosgiennes Centre (<i>conditions normales</i>)	20	140
67	Limono sablo argileux à limono argileux des rivières vosgiennes Centre	20	90
67	Ried brun caillouteux	20	105
67	Ried gris Nord	20	80
67	Ried argileux bande rhénane Nord	20	80
67	Ried gris, ried noir, ried rhénan Sud	20	100
67	Limono sableux et sableux du Rhin	20	100
68	Ried brun	25	105
68	Ried gris	25	100
68	Ried noir	25	100
68	Profond des sables du Rhin et de la Hardt	25	100
68	Superficiel de la Hardt	10	60
68	Plaine de l'Ill	25	90
68	Ochsenfeld	10	70
68	Piémont	25	100
68	Sundgau limon acide et battant	25	90
68	Bas Sundgau limon calcaire sain	25	100



ANNEXE 2

Tableaux de référence des niveaux de rendement du blé et des fournitures azotées du sol pour le blé et les autres céréales à paille

Tableau de référence des **niveaux de rendement du blé**

Département	Type de sols	Niveau de rendement (q/ha) Non irrigué	Niveau de rendement (q/ha) irrigué
67	Limon sain et loess favorable	90	
67	Limon sain Outre-Forêt et arrière Kochersberg	87	
67	Limon battant	82	
67	Sableux des rivières vosgiennes Nord	70	70
67	Argileux des rivières vosgiennes Nord (<i>conditions normales</i>)	80	
67	Sableux à limono sableux des rivières vosgiennes Centre	80	80
67	Argileux et bruch des rivières vosgiennes Centre (<i>conditions normales</i>)	77	
67	Limono sablo argileux à limono argileux des rivières vosgiennes Centre	80	92
67	Ried brun caillouteux	87	87
67	Ried gris Nord	75	75
67	Ried argileux bande rhénane Nord	77	
67	Ried gris, ried noir, ried rhénan Sud	77	
67	Limono sableux et sableux du Rhin	77	77
68	Ried brun	87	87
68	Ried gris	82	
68	Ried noir	87	
68	Profond des sables du Rhin et de la Hardt		87
68	Superficiel de la Hardt		77
68	Plaine de l'Ill	77	92
68	Ochsenfeld	67	77
68	Piémont	87	
68	Sundgau limon acide et battant	82	
68	Bas Sundgau limon calcaire sain	87	

Pour le niveau de rendement, n'utiliser ces références qu'en cas d'absence de références propres à l'exploitation.



Tableau de référence des **fournitures azotées du sol pour le blé et les autres céréales à paille**

Département	Type de sols	Azote non disponible (kg N/ha)	RSH (kg N/ha)	Minéralisation (kg N/ha)
67	Limon sain et loess favorable	25	40	65
67	Limon sain Outre-Forêt et arrière Kochersberg	25	40	60
67	Limon battant	25	40	50
67	Sableux des rivières vosgiennes Nord	10	40	50
67	Argileux des rivières vosgiennes Nord (<i>conditions normales</i>)	20	40	40
67	Sableux à limono sableux des rivières vosgiennes Centre	10	40	40
67	Argileux et bruch des rivières vosgiennes Centre (<i>conditions normales</i>)	20	40	40
67	Limono sablo argileux à limono argileux des rivières vosgiennes Centre	20	40	50
67	Ried brun caillouteux	20	40	50
67	Ried gris Nord	20	40	50
67	Ried argileux bande rhénane Nord	20	40	40
67	Ried gris, ried noir, ried rhénan Sud	20	40	40
67	Limono sableux et sableux du Rhin	20	40	50
68	Ried brun	25	40	50
68	Ried gris	25	40	50
68	Ried noir	25	40	50
68	Profond des sables du Rhin et de la Hardt	25	40	50
68	Superficiel de la Hardt	10	20	30
68	Plaine de l'Ill	25	40	45
68	Ochsenfeld	10	20	35
68	Piémont	25	40	50
68	Sundgau limon acide et battant	25	40	45
68	Bas Sundgau limon calcaire sain	25	40	50



ANNEXE 3

Tableau de référence des doses d'azote à apporter en colza

Tableau de référence des doses d'azote à apporter en colza, selon le poids frais en sortie d'hiver et le niveau de rendement.

Caractéristiques du colza		Dose d'azote à apporter (kg N/ha)	
Poids frais en sortie d'hiver (kg colza /m ²)	Niveau de rendement (qx/ha)	Sol superficiel sans apport de MO	Sol profond sans apport de MO
0,2	30	190	160
0,2	35		200
0,4	30	170	140
0,4	35	210	180
0,6	30	150	130
0,6	35	190	170
0,6	40		210
0,8	30	140	110
0,8	35	170	150
0,8	40		190
1	30	120	100
1	35	160	140
1	40	200	170
1	45	240	210
1,2	30	100	80
1,2	35	140	120
1,2	40	180	160
1,2	45	220	200
1,4	30	90	60
1,4	35	130	100
1,4	40	160	140
1,4	45	200	180
1,6	30	70	40
1,6	35	110	80
1,6	40	150	130
1,6	45	190	160
1,8	30	60	30
1,8	35	90	70
1,8	40	130	110
1,8	45	170	150
2	35	80	50
2	40	120	90
2	45	150	130
2,2	35	60	30
2,2	40	100	70
2,2	45	140	110
2,4	35	40	20
2,4	40	80	60
2,4	45	120	90



ANNEXE 4

Tableaux de référence des fournitures du sol pour la betterave sucrière, le chou à choucroute et le chou blanc

Tableau de référence des fournitures azotées du sol pour la betterave sucrière

Département	Type de sols	RSH (kg N/ha)	Minéralisation du sol (kg N/ha)
67	Limon sain et loess favorable	Mesuré à la parcelle	100
67	Limon sain Outre-Forêt et arrière Kochersberg		100
67	Limon battant		60
67	Sableux des rivières vosgiennes Nord		60
67	Argileux des rivières vosgiennes Nord (conditions normales)		100
67	Sableux à limono sableux des rivières vosgiennes Centre		60
67	Argileux et bruch des rivières vosgiennes Centre (conditions normales)		120
67	Limono sablo argileux à limono argileux des rivières vosgiennes Centre		60
67	Ried brun caillouteux		75
67	Ried gris Nord		100
67	Ried argileux bande rhénane Nord		100
67	Ried gris, ried noir, ried rhénan Sud		120
67	Limono sableux et sableux du Rhin		75
68	Ried brun		75
68	Ried gris		100
68	Ried noir		120
68	Profond des sables du Rhin et de la Hardt		75
68	Superficiel de la Hardt		60
68	Plaine de l'Ill		100
68	Ochsenfeld		75
68	Piémont		60
68	Sundgau limon acide et battant		60
68	Bas Sundgau limon calcaire sain		100

Tableau de référence des fournitures azotées du sol pour le chou à choucroute et chou blanc

Département	Type de sols	RSH (kg N/ha)	Minéralisation du sol (kg N/ha)
67 et 68	Limoneux sain	Mesuré sur les parcelles (moyenne des reliquats de l'année, 3 horizons 0 à 90 cm)	110
67 et 68	Limoneux battant		100
67 et 68	Argileux		70
67 et 68	Sableux		90
67 et 68	Ried		90
67 et 68	Argileux riche en matières organiques		100
67 et 68	Humifère		110



ANNEXE 5

Tableaux de référence des fournitures azotées et de la minéralisation du sol pour la pomme de terre

Tableau de référence des fournitures azotées du sol pour la pomme de terre

Besoins forfaitaires :

	Date de plantation	Date de défanage ou de récolte en vert								
		1 au 10/07	11 au 20/07	21 au 31/07	1 au 10/08	11 au 20/08	21 au 31/08	1 au 10/09	11 au 20/09	21 au 30/09
Pomme de terre de consommation courante	Du 11 au 20/03	185	200	215	220	225	230	240	240	240
	Du 21 au 31/03	180	195	215	220	225	230	235	240	245
	Du 1 ^{er} au 10/04	175	195	210	215	220	230	235	235	240
	Du 11 au 20/04	170	185	205	215	220	225	230	235	240
	Du 21 au 30/04	165	185	200	210	215	225	230	235	240
	Du 1 ^{er} au 10/05	160	175	195	205	210	220	225	230	235
	Du 11 au 20/05	140	155	180	195	205	215	220	225	230
Pomme de terre de consommation à chair ferme	Du 21 au 31/03	130	150	165	175	180	185	185	190	195
	Du 1 ^{er} au 10/04	130	145	155	165	175	180	185	190	195
	Du 11 au 20/04	125	140	160	165	175	180	185	190	190
	Du 21 au 30/04	125	140	155	165	175	180	185	185	190
	Du 1 ^{er} au 10/05	110	130	145	155	165	175	180	185	190
	Du 11 au 20/05	95	120	135	150	160	170	175	180	185
	Du 21 au 31/05	60	105	125	140	155	165	170	175	180
Pomme de terre primeur	Du 1 ^{er} au 10/06	15	60	100	120	140	150	160	165	170
		180								

Minéralisation du sol

Département	Type de sols	RSH (kg N/ha)	Minéralisation du sol (kg N/ha)
67 et 68	Limoneux sain	Mesuré à la parcelle (100% du 1 ^{er} horizon et 50% du second)	60
67 et 68	Limoneux battant		50
67 et 68	Argileux		40
67 et 68	Sableux		40
67 et 68	Ried		40



ANNEXE 6

Tableau de référence de la fertilisation maximale à apporter sur des surfaces en herbe

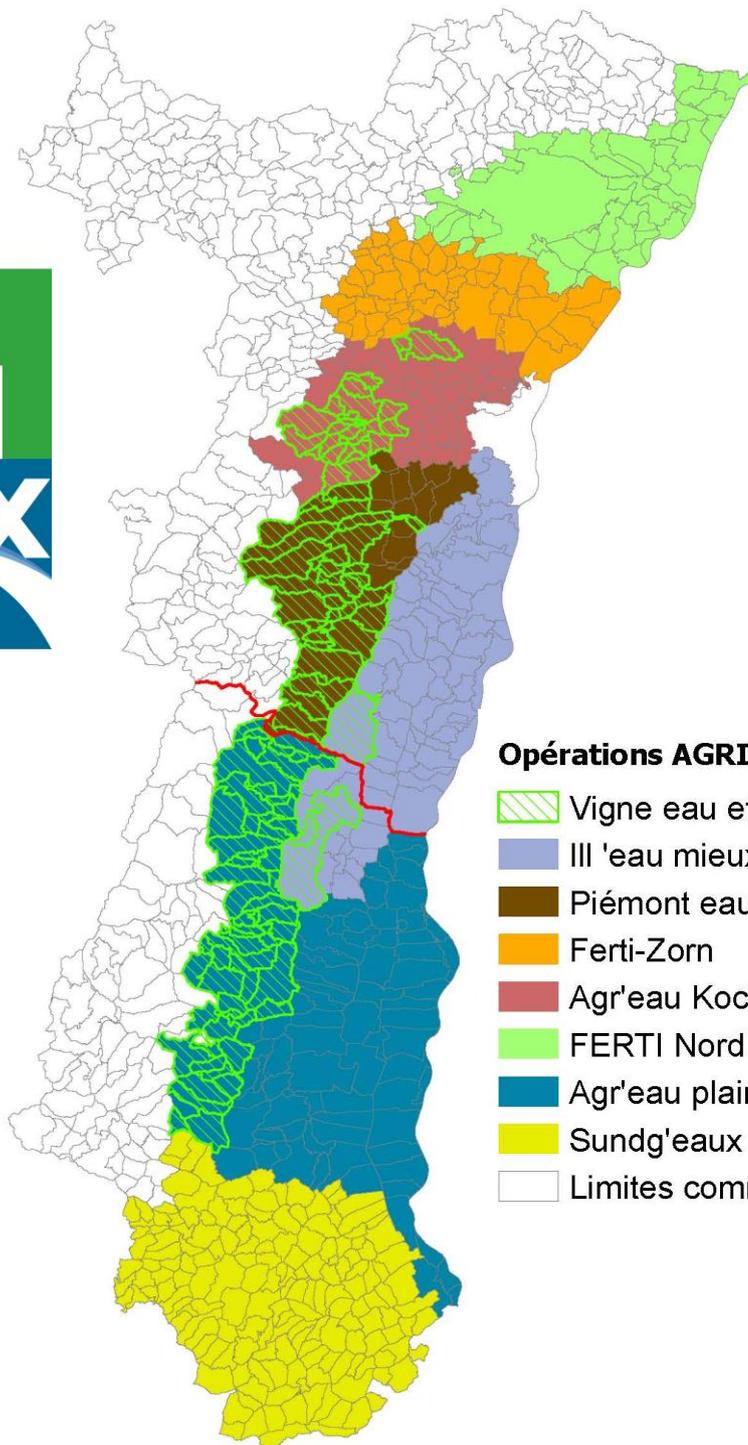
Tableau de référence de la fertilisation maximale à apporter sur des surfaces en herbe

		Cas pratiques Observés en Alsace	Rendement (t MS/ha)	Dose d'azote (minéral et organique) à apporter (kg d'azote efficace/ha)
Cultures dérobées	1	Culture d'herbe dérobée (ex : ray grass italien) Semis en été, ensilage mi-mai	4 à 6	150
Prairies permanentes : fauchées ou pâturées	2	Prairies permanente fauchée, peu intensifiée 2 à 3 coupes / an	5 à 6	100
	3	Prairies permanente fauchée, intensifiée 3 à 4 coupes / an	7 à 9	260
	4	Prairies permanente pâturée, extensive (NB : une partie de la pâture peut être éventuellement fauchée au printemps)	5 à 6	100
	5	Prairies permanente pâturée, intensifiée (NB : une partie de la pâture peut être éventuellement fauchée au printemps)	7 à 9	250
Prairies temporaires (terres labourées et assolées) : graminées et/ou légumineuses	6	Prairie temporaire à graminées intensifiée	8 à 10	270
	7	Prairie temporaire : graminées + légumineuses 20 à 50% de légumineuses	9 à 13	260
	8	Prairie temporaire : graminées + légumineuses 50 à 80% de légumineuses	10 à 15	90
	9	Luzerne (ou trèfle violet) : 100% de légumineuses	11 à 18	0



ABREVIATIONS

- **ARAA** = Association pour la Relance Agronomique en Alsace
- **CARA** = Chambre d'agriculture de région Alsace
- **CaO** = Calcium
- **COMIFER** = Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée
- **DN** = Directive Nitrates
- **FS** = Fournitures du sol
- **Ha** = Hectare
- **K** = Potassium
- **kgN** = Kilogramme d'azote
- **K₂O** = Potassium
- **Mh** = Minéralisation du sol
- **MgO** = Magnésium
- **MO** = Matière Organique
- **MS** = Matière Sèche
- **N** = Azote
- **P** = Phosphore
- **PPF** = Plan Prévisionnel de Fumure
- **PP** = Prairie Permanente
- **PRO** = Produit Résiduel Organique
- **PT** = Prairie Temporaire
- **P₂O₅** = Phosphore
- **Q** = Quintal
- **RSH** = Reliquat Sortie Hiver
- **TMS** = Teneur en Matière Sèche
- **UGB** = Unité Gros Bétail
- **uN** = Unité d'azote
- **°/00** = pour mille
- **T** = Tonne



Opérations AGRI-MIEUX

-  Vigne eau et terroirs
-  Ill 'eau mieux
-  Piémont eau et terroirs
-  Ferti-Zorn
-  Agr'eau Kochersberg
-  FERTI Nord Alsace
-  Agr'eau plaine
-  Sundg'eaux vives
-  Limites communales

Equipe Eau et Agriculture Chambre d'agriculture de région Alsace (novembre 2015)

Agr-Mieux et agronomie :

Politique de l'eau et actions captages :

Animation foncière :

Irrigation, grandes cultures:

MAEC, captage et désherbage mécanique :

Marie-Line BURTIN - 06 37 54 16 20 – ml.burtin@alsace.chambagri.fr

Nathalie BROBECK-ALLARD – 06 07 78 54 21 – n.brobeck@alsace.chambagri.fr

Pauline PISON – 03 89 20 97 17 – p.pison@alsace.chambagri.fr

Jonathan DAHMANI – 06 32 00 40 54 – j.dahmani@alsace.chambagri.fr

Nicolas JEANNIN – 06 48 22 58 56 – n.jeannin@alsace.chambagri.fr

Et l'ensemble des animateurs des opérations Agri-Mieux d'Alsace :

Agr'eau Kochersberg :

Blandine FRITSCH - 06 74 56 49 02 - b.fritsch@alsace.chambagri.fr

Agr'eau Plaine :

François ALVES - 06 07 78 96 47 - f.alves@alsace.chambagri.fr

Ferti Nord Alsace :

Patrick ROHRBACHER - 06 74 56 54 43 - p.rohrbacher@alsace.chambagri.fr

Ferti Zorn :

David KRAEMER - 06 74 56 51 48 - d.kraemer@alsace.chambagri.fr

Ill eau mieux et Piémont eau et terroirs :

Flavie MABON - 06 79 67 73 08 - f.mabon@alsace.chambagri.fr

Légumes Mieux :

Denis JUNG - 06 87 35 36 00 - d.jung@alsace.chambagri.fr

Sundg'eaux vives :

Hélène LE BAS - 06 76 34 12 77 - h.lebas@alsace.chambagri.fr

Vigne, eau et terroirs :

Frédéric SCHWAERZLER - 06 75 21 20 33 - f.schwaerzler@alsace.chambagri.fr