

LISTE DES ANNEXES

REFERENTIELS DE MISE EN ŒUVRE DE L'ÉQUILIBRE DE LA FERTILISATION AZOTÉE

- annexe 1 Equation du bilan prévisionnel d'azote
- annexe 2 Fertilisation azotée des céréales à paille (grain et semence)
- annexe 3 Fertilisation azotée du maïs grain/ensilage et du sorgho
- annexe 4 Fertilisation azotée du colza
- annexe 5 Fertilisation azotée du tournesol
- annexe 6 Fertilisation azotée du soja
- annexe 7 Fertilisation azotée des prairies
- annexe 8 Fertilisation azotée des cultures fourragères
- annexe 9 Fertilisation azotée des semences maïs-colza-tournesol
- annexe 10 Fertilisation azotée des porte-graines
- annexe 11 Fertilisation azotée des arbres fruitiers (hors noyer)
- annexe 12 Fertilisation azotée du noyer
- annexe 13 Fertilisation azotée des légumes (hors ail et tomate plein air)
- annexe 14 Fertilisation azotée de l'ail
- annexe 15 Fertilisation azotée des tomates de plein champ
- annexe 16 Fertilisation azotée des plantes à parfum, aromatiques et médicinales
- annexe 17 Fertilisation azotée du chanvre, du lin oléagineux et de la caméline
- annexe 18 Valeurs de références pour la prise en compte de l'azote de la fraction minérale d'un engrais organique
- annexe 19 Compte rendu des réunions GREN
- annexe 20 Lettre de mission du GREN et arrêté de nomination

ANNEXE 1

EQUATION DU BILAN PREVISIONNEL D'AZOTE

Sur une période de temps donnée, le bilan de masse du stock d'azote minéral du sol sur la profondeur explorée par les racines de la culture s'écrit :

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

$$R_i - R_f = (M_h + F_s + F_{ns} + M_{hp} + M_r + M_{rCi} + M_{pro1} + M_{pro2} + A + N_{irr} + X + X_{pro}) - (P_f + P_i + I_x + G_x + G_s)$$

Avec :

Rf	Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan
Ri	Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan
Mh	Minéralisation nette de l'humus du sol*
Fs	Fixation symbiotique d'azote atmosphérique par la culture
Fns	Fixation non symbiotique d'azote atmosphérique
Mhp	Minéralisation nette due à un retournement de prairie
Mr	Minéralisation nette de résidus de récolte
MrCi	Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire
Mpro1	Minéralisation nette de l'azote organique d'un PRO n°1 apporté avant l'ouverture du bilan
Mpro2	Minéralisation nette de l'azote organique d'un PRO n°2 apporté après l'ouverture du bilan
A	Apports atmosphériques (apports météoriques = dépôts secs ou humides)
Nirr	Azote apporté par l'eau d'irrigation
X	Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse
Xpro	Azote de la fraction minérale d'un PRO apporté après la date d'ouverture du bilan
Pf	Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan avec $P_f = b * y$ où
b	Besoin en azote par unité de production
y	Objectif de rendement
Pi	Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan
Ix	Organisation par voie microbienne aux dépens de l'azote minéral apporté sous forme d'engrais de synthèse ou de fraction minérale du PRO
Gs	Pertes du sol par voie gazeuse (dénitrification pour l'essentiel)
Gx	Pertes par voie gazeuse (volatilisation, dénitrification) aux dépens de l'engrais minéral (X) et de la fraction minérale du PRO apporté après l'ouverture du bilan (Xpro)
L	Pertes par lixiviation du nitrate
CAU	Coefficient apparent d'utilisation

Par simplification, d'après la brochure du COMIFER :

- $G_s = F_{ns}$
- $F_s = 0$ pour les cultures non légumineuses
- A négligé (10-15 kgN/ha/an, à minorer pour un cycle grandes cultures)
- Ix et Gx pris en compte dans le coefficient apparent d'utilisation (CAU)
- L négligé sur la période de bilan

2 équations simplifiées en découlent :

$$(1) : X = P_f + R_f - M_h - M_r - M_{hp} - M_{rCi} - M_{pro} - N_{irr} - X_{pro} - R_i - P_i$$
$$(2) : X = 1/CAU * (P_f - M_h - M_r - M_{hp} - M_{rCi} - M_{pro} - N_{irr} - R_i - P_i) - X_{pro}$$

ANNEXE 2 :

FERTILISATION AZOTEE DES CEREALES A PAILLE (GRAINS ET SEMENCES)

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES. ELLE CORRESPOND A UNE ADAPTATION DE LA METHODE DU BILAN AZOTE TELLE QUE DEVELOPPEE PAR LE COMIFER, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Equation bilan de fertilisation azotée retenue : modèle (1)

$$X = Pf + Rf - P_0 - Mhp - MrCi - Nirr - Xpro - Ri$$

où :

- $Pf = b * y$
- P_0 : Fourniture du sol, avec $P_0 = Mh + Mr + Mpro$

1 - Calcul des besoins de la culture (Pf)

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

Espèces - Variétés	b (par défaut)
Avoine	2,2
Seigle	2,3
Orge	2,4
Blé tendre*	3
Blé dur*	3,5
Méteil : mélange de céréales à paille seules récoltées en grain	3
Autres céréales	3

Source : Normes CORPEN

* Pour le blé tendre et le blé dur, il existe une variabilité des besoins par unité de production en fonction de la variété. Dans ce cas, il est possible de se référer aux publications d'Arvalis.

Grille de valeur nationale de b pour le blé tendre :

GROUPE	VARIETES
b = 2,8	Accroc, (Adhoc), Ambition, Amundsen, Andalou, Aramis, Arlequin, Bermude, Expert, Glasgow, Hekto, (Hybery), Hymack, Hyscore, Hystar, Hysun, Istabraq, JB Diego, Lear, Oakley, (Pakito), Parador, Perfector, Pierrot, Prevert, Roysnac, Scipion, Scor, Selekt, Sobbel, (Sokal), Sponsor, (Sweet), Trapez, Tremie, Viscount
b = 3,0	Adequat, Aldrio, Alligator, Alixan, Altigo, Altria, Amador, Andino, Apache, Aprillio, Arezzo, Aristote, (Arkoos), (As de cœur), Attitude, Aurele, Autan, Bagou, Barok, Bastide, Boisseau, Boregar, Boston, (Brentano), Campero, Catalan, Celestin, (Centenaire), Charger, Chevron, Compil, Cordiale, Dialog, Dinosor, Epidoc, Ephoros, Equilibre, Euclide, (Flaubert), Fluor, (Folklor), (Forblanc), Galopain, (Garantus), Garcia, Goncourt, Haussmann, Hybred, Hyxo, Illico, (Innov), Isengrain, (Kalystar), Karillon, Marcelin, Maxwell, (Minotor), Nirvana, Nucleo, Orcas, Orvantis, Oxebo, Paledor, Pepidor, Perceval, Phare, Plainedor, Pr22r20, Pr22r28, Pr22R58, Premio, Razzano, Richepain, Rochfort, Rodrigo, Rosario, Rustic, Sankara, Seyrac, Sirtaki, Sogood, Solehio, Sollario, Swinggy, Toisondor, Uski
b = 3,2	Accor, Adagio, (Aerobic), Ailezy, (Altamira), Ambello, (Amerigo), Athlon, Atlass, Aubusson, Avantage, Azimut, Azzerti, Camp-Remy, Caphorn, CCB Ingenio, Cézanne, Chevalier, Croisade, Exelcior, Exotic, Farandole, Frelon, Galactic, Graindor, Instinct, Interet, Iridium, Isidor, Kalango, Koreli, Limes, Lukullus, Manager, Mendel, Mercato, Miroir, Musik, Nogal, Nuage, Oratorio, Paindor, Racine, Recital, (Ressor), SaintEx, Samurai, Soissons, (Sophytra), Sorrial, Sy Alteo, Valodor, (Zinal)
b = 3,5	Antonius, Arfort, Courtot, Bagatelle 007, Bologna, Bussard, CH Nara, Esperia, (Fiorina), Florence Aurore, Furio, Galbier, Hyno-rista, Levis, Logia, Lona, (Ludwig), Monopole, Pireneo, Qualital, Quality, Quebon, Renan, Runal, Saturnus, Sebasto, Segor, Somme, Stefanus, Tamaro, Togano, Trofeo, (Turelli), Valbona
b = 4	Blé tendre améliorant

Source : Arvalis

Grille de valeur régionale de b pour le blé dur (Arvalis)

b	Variétés
3,5	Pescadou
3,7	Biensur, Karur, Cultur, Sy Banco
3,9	Alexis, Fabulis, Miradoux, Sculptur, Sy Cysco
4,1	Aventur, Tablur

Source : Arvalis

- y : objectif de rendement

En cas d'historique de rendements disponible sur l'exploitation :

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.

Il s'agit bien de référence de l'exploitation et non obligatoirement de référence de l'exploitant. Ainsi, en cas d'installation, l'exploitant peut prendre les références de son prédécesseur.

Valeurs par défaut, en cas d'absence d'historique de rendements disponibles sur l'exploitation :

Espèces cultivées	Département				
	01	26	38	42	69
Blé tendre d'hiver	68	53	57	54	57
Blé tendre de printemps	39 *				
Blé dur d'hiver	47	42	45	41*	41*
Blé dur de printemps	40*				
Seigle et méteil	50	39	48	39	49
Orge et escourgeon d'hiver	62	50	56	56	53
Orge et escourgeon de printemps	40	35	32	30	30
Avoine d'hiver	50	39	51	30	41
Avoine de printemps	42	30	28	35*	35*
Triticale	56	40	51	52	52
Autres céréales	30 *				

* extrapolation des moyennes régionales

Tableau des rendements moyens en quintaux

Source Agreste : Moyenne sur les années 2007-2011, en excluant les extrêmes.

Besoins de la culture = Pf

= besoin unitaire (b) × objectif de rendement (y) = ⓘ

2 - Reliquat post-récolte – Azote présent dans le sol à la fermeture du bilan (Rf)

Le tableau suivant donne la valeur de Rf en fonction des types de sols de la culture.

Classification des sols	Type de sols	Rf
A1	Limons sablo limoneux sains	35
A2	Limons argileux profonds et sains	50
B	Limons humides	35
B1	Limons drainés	35
C1	Argiles ou limons argileux profonds	50
C2	Argilo-calcaire profonds	50
D	Argiles humides	50
E1	Graviers profonds	30
E2	Sables profonds	35
F	Graviers superficiels	20
G	Argilo-calcaire superficiels	25
H1	Alluvions organiques sains	50
H2	Marais humides	50

Source : essais ITCF et Chambre d'Agriculture de l'Isère - courbes de réponse Reliquat post-récolte en fonction de la dose N

Azote dans le sol à la fermeture du bilan = Rf = ⓘ

3 – Fourniture de l'azote par le sol (P₀)

Ce poste comprend les postes Mh, Mr, Mpro détaillés ci-dessous

- **Minéralisation de l'humus (Mh)**

Dans cette fiche, la minéralisation de l'humus intègre la valeur de Pi (azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan).

Classification des sols	Type de sols	Mh
A1	Limons sablo limoneux sains	60
A2	Limons argileux profonds et sains	70
B	Limons humides	45
B1	Limons drainés	60
C1	Argiles ou limons argileux profonds	70
C2	Argilo-calcaire profonds	70
D	Argiles humides	55
E1	Graviers profonds	50
E2	Sables profonds	50
F	Graviers superficiels	35
G	Argilo-calcaire superficiels	45
H1	Alluvions organiques sains	105
H2	Marais humides	50

Source : essais ITCF, Blé Conseil et Chambres d'Agriculture (Ain et Drôme) - courbes de réponse « Témoins zéro azote » (1976 – 2001)

- **Supplément de minéralisation des résidus de récolte d'un précédent riche (Mr)**

Type de précédent		Mr
Précédent pauvre	Céréales à paille enfouies, jachère de graminées, Tabac blond, Tournesol, Sorgho, Maïs grain	0
Précédent riche	Céréales à paille enlevée, Maïs ensilage, prairies, légumes, lupin ; betterave, carotte, colza, endive, pomme de terre, féverole, pois, soja, luzerne, autres légumineuses. Autres cultures	15

Source : essais ITCF, Blé Conseil et Chambres d'Agriculture (Ain et Drôme) - courbes de réponse « Témoins zéro azote » (1976 – 2001)

▪ **Supplément de minéralisation lié aux apports d'engrais organiques (Mpro)**

En cas d'apport d'engrais organique antérieur à l'ouverture du bilan, ajouter les valeurs du tableau suivant selon les pratiques réalisées :

Type d'effluent	Apport tous les ans	Apport tous les 2 ans	Apport tous les 3 ans		Apport occasionnel (au maxi tous 4 les ans)	
			Apport sur le précédent	Pas d'apport sur le précédent	Apport sur le précédent	Pas d'apport sur le précédent
Fumier d'herbivores, de porcs, de lapins	35	25	15	10	10	0
Fumier et fientes de volailles	35	30	25	0	20	0
Lisiers dilués, purins	10	5	5	0	5	0
Lisier pur de bovins, porc, volailles, lapins	20	10	10	0	10	0

Source : ITCF modifié

Fourniture de l'azote par le Sol = $P_0 = M_h + M_r + M_{pro} =$ ③

4 - Mhp : Minéralisation nette due à un retournement de prairie

Selon la saison du retournement et l'âge de la prairie au moment du retournement, les valeurs du poste Mhp sont données par les tableaux ci-dessous.

Pour une destruction d'automne :

Age de la prairie	Age du retournement				
	< an	1 an	2 ans	3 à 5 ans	> 5 ans
< 2 ans	20	20	10	0	0
< 6 ans	20	30	20	10	0
< 10 ans	20	55	35	20	0
> 10 ans	20	70	50	30	0

Source : Arvalis adapté par le GREN.

Pour une destruction de printemps :

a - Destruction de printemps			Age de la prairie				
			< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	maïs	20	60	100	120	140
	2	maïs ou blé	0	0	25	35	40
	3	maïs ou blé	0	0	0	0	0

source : Arvalis, INRA, CRAB

Minéralisation nette due à un retournement de prairies = Mhp = ④

5 - MrCI : Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire

Pour les cultures d'hiver : Le poste MrCI est absent ou négligeable donc **MrCI = 0**

Pour les cultures de printemps : Les valeurs du poste MrCI sont données dans le tableau ci-dessous

	Production de la CI (tMS/ha)	Ouverture du bilan en sortie hiver		Ouverture du bilan en Avril*	
		Destruction Nov/dec	Destruction>Janv	Destruction Nov/dec	Destruction>Janv
CRUCIFERES (moutarde, radis, ...)	<= 1	5	10	0	5
	2 (>1 et <3)	10	15	5	10
	>= 3	15	20	10	15
GRAMINÉES DE TYPE SEIGLE, AVOINE,...	<= 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	>= 3	10	15	5	10
GRAMINÉES DE TYPE RAY-GRASS	<= 1	5	10	0	5
	2 (>1 et <3)	10	15	5	10
	>= 3	15	20	10	15
LÉGUMINEUSES	<= 1	10	20	5	10
	2 (>1 et <3)	20	30	10	20
	>= 3	30	40	20	30
HYDROPHYLLACEES (Phacélie)	<= 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	>= 3	10	15	5	10
MÉLANGES GRAMINÉES - LÉGUMINEUSES	<= 1	5	13	3	5
	2 (>1 et <3)	13	20	5	13
	>= 3	20	28	13	20
MÉLANGES CRUCIFÈRES - LÉGUMINEUSES	<= 1	8	15	3	8
	2 (>1 et <3)	15	23	8	15
	>= 3	23	30	15	23

* Date d'ouverture du bilan dans certains cas pour des cultures d'été (Maïs, Pomme de Terre)

Source: Brochure "Cultures Intermédiaires - Impacts et Conduite", ARVALIS/CETIOM/ITB/ITL, août 2011 (chapitre 17)

Minéralisation nette de culture intermédiaire = MrCI = ⑤

6 - Nirr : Azote apporté par l'eau d'irrigation

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm entre le semis et la floraison

C : concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

Hauteur d'eau apportée (mm) entre le semis et la floraison	40	80	120	160	200	240	280	320
Azote apporté (kg/ha)	4	7	11	14	18	22	25	29

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = Nirr = ⑥

7 - Xpro : Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (effet direct)

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$\text{Xpro} = \text{Teneur (kgN/t)} * \text{Keq} * \text{Q effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 18.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

Xpro = teneur * Keq * quantité épandue = ⑦

8 - Ri : Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan

En cas d'absence de mesure de ce poste (notamment à partir d'une analyse « reliquat sortie d'hiver » si ouverture du bilan au printemps), la valeur du reliquat est définie par la grille régionale suivante.

Classification des sols :

- Sols peu filtrants : non caillouteux, profonds, toutes textures (sols A, B, C, D, E – sableux profond non caillouteux).
- Sols filtrants : caillouteux, le plus souvent sableux, profondeur variable ((sols E – graviers profonds, F et G)

Précédents :

- Pauvre : tournesol - sorgho – jachère – tabac blond
- Moyen : céréales à paille - maïs grain – colza, autres cultures
- Riche : maïs fourrage - pois - luzerne - soja - prairies - légumes - betteraves - pomme de terre

Sols peu filtrants	Apport d'effluent sur la culture	
	Non	Oui
Type de précédent	Non	Oui
Précédents riches	55	70
Précédents moyens	45	60
Précédents pauvres	40	55

Sols filtrants	Apport d'effluent sur la culture	
	Non	Oui
Type de précédent	Non	Oui
Précédents riches	25	35
Précédents moyens	20	35
Précédents pauvres	15	30

Source : Arvalis - mesures à Satolas depuis 1977

Ri = Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan =

⑧

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue

$$X = Pf + Rf - P_0 - Mhp - MrCi - Nirr - Xpro - Ri$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X = \boxed{} \textcircled{1} + \boxed{} \textcircled{2} - \boxed{} \textcircled{3} - \boxed{} \textcircled{4} - \boxed{} \textcircled{5} \\ - \boxed{} \textcircled{6} - \boxed{} \textcircled{7} - \boxed{} \textcircled{8}$$

Recommandation : Fractionnement

Il est recommandé de fractionner les apports, entre 2 et 4 apports.

Par exemple, le fractionnement peut se faire en 3 apports :

- 1^{er} apport au tallage : 40 à 50 u
- 2^{ème} apport au stade « épi 1 cm » : dose totale – doses 1^{er} et 3^{ème} apports
- 3^{ème} apport au stade « gonflement » : 40 à 60 u

Analyse de sol

Toute personne exploitant plus de 3 ha en zone vulnérable est tenue de réaliser, chaque année, une analyse de sol sur un îlot cultural au moins pour une des trois principales cultures exploitées en zone vulnérable.

Selon les termes de l'arrêté du 19 décembre 2011 : « l'analyse porte, selon l'écriture opérationnelle de la méthode retenue, sur le RSH (Reliquat Sortie Hiver), le taux de matière organique ou encore l'azote total présent dans les horizons de sols cultivés. »

Afin de confirmer la classification des sols de chaque exploitation, les experts préconisent de faire une analyse globale avec analyse granulométrie sur un îlot cultural. Cette analyse globale comprend une mesure du N total.

Compte tenu de l'équation bilan retenue, une mesure du RSH est également pertinente.

→ Le choix est laissé à l'exploitant de procéder soit à une mesure de RSH soit à une analyse globale avec analyse granulométrie et mesure du N total.

ANNEXE 3 :

FERTILISATION AZOTEE DU MAÏS GRAIN/ENSILAGE ET DU SORGHO GRAIN

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES. ELLE CORRESPOND A UNE ADAPTATION DE LA METHODE DU BILAN AZOTE TELLE QUE DEVELOPPEE PAR LE COMIFER, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Remarque : Cette fiche ne concerne pas la fertilisation des semences de maïs. Celle-ci est traitée dans l'annexe 9.

Equation bilan de fertilisation azotée retenue :

$$X = 1/CAU (Pf - Mh - Mr - Mhp - MrCi - Mpro - Nirr) - Xpro$$

où : $Pf = b * y$

Postulats de simplification de l'équation :

Pi peut être négligé pour le maïs et le sorgho car l'ouverture du bilan se fait au moment du semis.

1 - Coefficient de majoration (1/CAU)

Espèces	rendement	1/CAU
Maïs grain	> 110 q	1,3
	90 à 110 q	1,5
	< 90 q	1,65
Maïs fourrage	> 20 t MS	1,3
	16 à 20 t MS	1,5
	< 16 t MS	1,65
Sorgho grain		1,3

Source : Arvalis

1/CAU = Coefficient de majoration = ①

2 - Calcul des besoins de la culture (Pf)

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

Maïs Grain		Maïs Fourrage	
Objectif de rendement (q/ha)	b	Objectif de rendement (t MS/ha)	b
80	2,35	10	16
90	2,25	12	15
100	2,15	14	14
110	2,1	16	13,5
120	2,05	18	13
130	1,95	20	12,5
140	1,9	22	12
150 et plus	1,85	24 et plus	11,5

Source : Arvalis

Sorgho grain : 2,4

- **y : Objectif de rendement**

En cas d'historique de rendements disponible sur l'exploitation :

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.

Il s'agit bien de référence de l'exploitation et non obligatoirement de référence de l'exploitant. Ainsi, en cas d'installation, l'exploitant peut prendre les références de son prédécesseur.

Valeurs par défaut, en cas d'absence d'historique de rendements disponibles sur l'exploitation :

Cultures	Zones géographiques				
	01	26	38	42	69
Maïs grain irrigué	116	110	115	110	112
Maïs grain non irrigué	90	78	85	75	79
Sorgho grain	77	72	60	55	60

Source : Agreste – Statistique agricole annuelle : moyenne de rendements 2007-2011 (moyenne des 5 dernières années sans les extrêmes).

Cultures	Zones géographiques				
	01	26	38	42	69
Maïs fourrage	20	19	20	19	19

Source : calcul à partir des données AGRESTE : Rendement fourrage = 0,17 * rendement grain

Besoins de la culture = Pf

= besoin unitaire (b) × objectif de rendement (y) = ②

3 - Minéralisation de l'humus par le sol (Mh)

Classification de sol	Type de sols	Mh
A1	Limons sablo limoneux sains	80
A2	Limons argileux profonds et sains	90
B	Limons humides	75
B1	Limons drainés	90
C1	Argiles ou limons argileux profonds	100
C2	Argilo-calcaire profonds	90
D	Argiles humides	90
E1	Graviers profonds	70
E2	Sables profonds	50
F	Graviers superficiels	40
G	Argilo-calcaire superficiels	50
H1	Alluvions organiques sains	140
H2	Marais humides	85

Source : Arvalis, essais témoins zéro azote (1990-1995) adapté par le GREN

Minéralisation de l'humus par le sol = Mh = ③

4 - Minéralisation des résidus de récolte du précédent (Mr)

La prise en compte du précédent se fait en utilisant le tableau ci-dessous

Culture précédente	Mr (kgN/ha)
Blé pailles enfouies	- 10
Colza, pommes de terre, betterave	+ 10
Luzerne détruite à l'automne précédent	+ 30
Luzerne détruite au printemps ou l'année d'avant Féverole	+ 20
Autres légumineuses	+ 10
Autres	0

Source : Azobil, INRA, COMIFER

Minéralisation des résidus de récolte du précédent = Mr = ④

5 - Minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp)

Pour une destruction d'automne :

age de la prairie	Age du retournement				
	< an	1 an	2 ans	3 à 5 ans	> 5 ans
< 2 ans	20	20	10	0	0
< 6 ans	20	30	20	10	0
< 10 ans	20	55	35	20	0
> 10 ans	20	70	50	30	0

source : Arvalis adapté par GREN

Pour une destruction de printemps :

a - Destruction de printemps			Age de la prairie				
			< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	maïs	20	60	100	120	140
	2	maïs ou blé	0	0	25	35	40
	3	maïs ou blé	0	0	0	0	0

source : Arvalis, INRA, CRAB

Minéralisation nette due à un retournement de prairie = Mhp = ⑤

6 - Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire (MrCI)

	Production de la CI (tMS/ha)	Ouverture du bilan en sortie hiver		Ouverture du bilan en Avril*	
		Destruction Nov/dec	Destruction>Janv	Destruction Nov/dec	Destruction>Janv
CRUCIFERES (moutarde, radis, ...)	<= 1	5	10	0	5
	2 (>1 et <3)	10	15	5	10
	>= 3	15	20	10	15
GRAMINÉES DE TYPE SEIGLE, AVOINE,...	<= 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	>= 3	10	15	5	10
GRAMINÉES DE TYPE RAY-GRASS	<= 1	5	10	0	5
	2 (>1 et <3)	10	15	5	10
	>= 3	15	20	10	15
LÉGUMINEUSES	<= 1	10	20	5	10
	2 (>1 et <3)	20	30	10	20
	>= 3	30	40	20	30
HYDROPHYLLACEES (Phacélie)	<= 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	>= 3	10	15	5	10
MÉLANGES GRAMINÉES - LÉGUMINEUSES	<= 1	5	13	3	5
	2 (>1 et <3)	13	20	5	13
	>= 3	20	28	13	20
MÉLANGES CRUCIFÈRES - LÉGUMINEUSES	<= 1	8	15	3	8
	2 (>1 et <3)	15	23	8	15
	>= 3	23	30	15	23

* Date d'ouverture du bilan dans certains cas pour des cultures d'été (Maïs, Pomme de Terre)

Source: Brochure "Cultures Intermédiaires - Impacts et Conduite", ARVALIS/CETIOM/ITB/ITL, août 2011 (chapitre 17)

Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire = MrCI = ⑥

7 - Supplément de minéralisation lié aux apports d'engrais organiques (Mpro)

En cas d'apport d'engrais organique antérieur à l'ouverture du bilan, ajouter les valeurs du tableau suivant selon les pratiques réalisées :

Type d'effluent	Apport tous les ans	Apport tous les 2 ans	Apport tous les 3 ans		Apport occasionnel (au maxi tous 4 les ans)	
			Apport sur le précédent	Pas d'apport sur le précédent	Apport sur le précédent	Pas d'apport sur le précédent
Fumier d'herbivores, de porcs, de lapins	35	25	15	10	10	0
Fumier et fientes de volailles	35	30	25	0	20	0
Lisiers dilués, purins	10	5	5	0	5	0
Lisier pur de bovins, porc, volailles, lapins	20	10	10	0	10	0

Source : ITCF modifié

Supplément de minéralisation lié aux apports d'engrais organiques =

Mpro = ⑦

8 - Azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm entre le semis et trois semaines après la floraison.

C : concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

Hauteur d'eau apportée (mm) entre le semis et trois semaines après la floraison	40	80	120	160	200	240	280	320
Azote apporté (kg/ha)	4	7	11	14	18	22	25	29

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = Nirr = ⑧

9 - Xpro : Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (effet direct)

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$X_{pro} = \text{Teneur (kgN/t)} * K_{eq} * Q \text{ effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 18.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

Xpro = teneur * Keq * quantité épandue = ⑨

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue

$$X = 1/CAU (P_f - M_h - M_r - M_{hp} - M_{rCi} - M_{pro} - N_{irr}) - X_{pro}$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

X = ① * (② - ③ - ④ - ⑤ - ⑥ - ⑦ - ⑧) - ⑨

Recommandation : Fractionnement

Il est recommandé de fractionner les apports.

- 2 apports sont conseillés comme par exemple :
- semis : 50 u/ha
 - Stade 6-8 feuilles : complément sur végétation sèche, de préférence avant une pluie.

ou :

- Semis : pas d'apport
- Cycle végétatif : 2 apports (stades 3-4 feuilles et 7-8 feuilles)

Analyse de sol

Toute personne exploitant plus de 3 ha en zone vulnérable est tenue de réaliser, chaque année, une analyse de sol sur un îlot cultural au moins pour une des trois principales cultures exploitées en zone vulnérable.

Selon les termes de l'arrêté du 19 décembre 2011 : « l'analyse porte, selon l'écriture opérationnelle de la méthode retenue, sur le RSH, le taux de matière organique ou encore l'azote total présent dans les horizons de sols cultivés. »

Afin de confirmer la classification des sols de chaque exploitation, les experts préconisent de faire une analyse globale avec analyse granulométrie sur un îlot cultural. Cette analyse globale comprend une mesure du N total.

ANNEXE 4 :

FERTILISATION AZOTEE DU COLZA

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES. ELLE CORRESPOND A UNE ADAPTATION DE LA METHODE DU BILAN AZOTE TELLE QUE DEVELOPPEE PAR LE COMIFER, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Equation bilan de fertilisation azotée retenue : modèle (2)

$$X = 1/CAU (Pf - P_0 - Pi - Nirr) - Xa$$

où :

- $Pf = b * y$
- Xa : Equivalent engrais minéral efficace des apports de produits résiduaux organiques

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 $Mpro$ est intégré au Pi (car azote disponible absorbé par la plante absorbé par la plante au moment de l'ouverture du bilan)

1 - Coefficient de majoration (1/CAU)

$$1/CAU = 1.25$$

source : essais Cetiom (2008 à 2010)

$$1/CAU = \text{Coefficient de majoration} = 1.25 \quad \text{!}$$

2 - Calcul des besoins de la culture (b×y)

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

$b = 6.5 \text{ u N/q}$ (Source : R. Reau et al, 1995)

- **y : Objectif de rendement**

En cas d'historique de rendements disponible sur l'exploitation :

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.

Il s'agit bien de référence de l'exploitation et non obligatoirement de référence de l'exploitant. Ainsi, en cas d'installation, l'exploitant peut prendre les références de son prédécesseur.

Valeurs par défaut, en cas d'absence d'historique de rendements disponibles sur l'exploitation :

Cultures	Zones géographiques				
	01	26	38	42	69
Colza (graine)	31	31	28	24	28

Source : Agreste – Statistique agricole annuelle : moyenne de rendements 2007-2011 (moyenne des 5 dernières années sans les extrêmes).

Besoins de la culture = besoin unitaire (b) × objectif de rendement (y) = ⓘ

Remarque : quel que soit l'objectif de rendement, on a toujours $P_f \leq 300 \text{ u N}$

3 – Fourniture de l'azote par le sol (P_0)

Dans le cas du colza, on utilise une valeur globale de fourniture du sol, qui varie en fonction du type de sols. On a alors $P_0 = M_h + M_r + M_{hp} + M_{rCi}$

Classification des sols	Type de sols	Rf
A1	Limons sablo limoneux sains	60
A2	Limons argileux profonds et sains	60
B	Limons humides	60
B1	Limons drainés	60
C1	Argiles ou limons argileux profonds	60

C2	Argilo-calcaire profonds	60
D	Argiles humides	60
E1	Graviers profonds	40
E2	Sables profonds	40
F	Graviers superficiels	40
G	Argilo-calcaire superficiels	40
H1	Alluvions organiques sains	60
H2	Marais humides	60

Source : CETIOM, 1999

Fourniture de l'azote par le Sol = P_0 = ③

4 - Nirr : Azote apporté par l'eau d'irrigation

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	80	120	160	200	240	280	320
Azote apporté (kg/ha)	4	7	11	14	18	22	25	29

Avec V : quantité d'eau apportée en mm

C = concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = Nirr = ④

5 - Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi)

Une estimation de l'azote absorbé par la culture à la sortie de l'hiver est indispensable pour bien ajuster la dose optimale de fertilisant azoté à apporter en complément au printemps. Cette estimation passe par la mesure du poids frais aérien moyen de la culture, estimation qui peut se faire selon 2 approches exposées ci-après.

$$P_i = \text{Poids frais} * N_h, \text{ avec } N_h = 65 \quad (\text{Source : CETIOM, essais Rhône-Alpes})$$

Méthodes les plus précises

A/ Méthode pesée directe au champ

Il est conseillé de prélever juste avant la date prévue du 1^{er} apport d'azote au printemps (courant janvier).

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

1. délimiter 2 à 4 placettes de 1 m² chacune, représentatives de la parcelle (attention, bien prendre en compte la largeur de l'entre-rang)
2. prélever les plantes, lorsque la végétation est ressuyée (en absence de rosée ou de pluie)
3. couper les plantes au niveau du collet, au ras du sol
4. 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).

B/ Méthode pesée indirecte par image satellite

Plusieurs services sont proposés. Ils ont la particularité de combiner une approche d'estimation de la biomasse à l'entrée et à la sortie de l'hiver.

Méthode visuelle

L'observation des parcelles à la sortie d'hiver et les photos suivantes permettent d'estimer le poids frais du colza.

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

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

$$P_i = \text{Poids frais} * 65 = \boxed{} \text{ ⑤}$$

6 - Equivalent engrais minéral efficace des apports de produits résiduaire organiques (Xa)

Fréquence des apports organiques	Xa
Apports réguliers	30
Autres	0

Source : Cetiom (réglette Colza)

Equivalent engrais minéral efficace des apports de produits résiduaire organiques =

$$Xa = \boxed{} \text{ ⑥}$$

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue

$$X = 1/CAU (Pf - P_0 - Pi - Nirr) - Xa$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X = \boxed{} \text{ ①} * (\boxed{} \text{ ②} - \boxed{} \text{ ③} - \boxed{} \text{ ④} - \boxed{} \text{ ⑤}) - \boxed{} \text{ ⑥}$$

Recommandation : Fractionnement

(Source : COMIFER)

Pas d'apport d'azote préconisé à l'automne.

Le fractionnement en plusieurs apports de la dose totale d'azote est recommandé dès lors qu'elle est supérieure à 60-80 kg N/ha.

Les recommandations actuelles en France tiennent compte de l'état de croissance de la culture à la sortie de l'hiver et de la dose totale à apporter :

- dans les situations où la quantité d'azote absorbé à la sortie de l'hiver est faible et où la dose d'azote à apporter est supérieure à 170 kg N/ha, une stratégie en trois apports sera privilégiée :
 - au plus 40-50 kg N/ha au premier apport, à la reprise de végétation (éviter de réaliser un premier apport élevé sur les petits colzas dont les capacités d'absorption sont limitées au moment de la reprise, car l'utilisation de l'engrais apporté est alors faible)
 - 60-70 unités au troisième apport, au stade boutons séparés (E)
 - le reste entre les deux, au stade boutons accolés (C2-D2) ;
- dans les situations où la quantité d'azote absorbé à la sortie de l'hiver est moyenne et où la dose à apporter est comprise entre 100 et 170 kg/ha, celle-ci doit être fractionnée en deux apports (au moins) :
 - 60 à 80 unités au stade C2-D1 ;
 - le reste entre le stade D1 et le stade D2-E selon les régions ;
- dans les situations où la quantité d'azote absorbé à la sortie de l'hiver est élevée et où la dose à apporter est inférieure à 100 kg/ha, un ou deux apports suffisent ; s'il n'y a qu'un apport, il convient de l'effectuer du stade D1-D2 au stade D2-E selon les régions, sinon de faire le premier vers le stade C2-D1 et le deuxième au stade D2-E.
- dans les situations de gros colza à l'entrée de l'hiver et de forte défoliation pendant l'hiver, la dose d'azote n'est pas nécessairement très élevée ; les plantes peuvent avoir du mal à redémarrer sur les seules réserves racinaires ; un apport précoce et réduit (40-50 kg N/ha à la reprise de végétation) peut permettre à la culture de passer ce cap.

Dans bon nombre de situations, c'est l'apport de soufre qui conditionne la dose d'azote d'un des apports (2^{ème} apport pour les stratégies en 3 apports et 1^{er} apport pour les stratégies en 2 apports). L'ajustement à la dose totale est alors réalisé sur le dernier apport.

Analyse de sol

Toute personne exploitant plus de 3 ha en zone vulnérable est tenue de réaliser, chaque année, une analyse de sol sur un îlot cultural au moins pour une des trois principales cultures exploitées en zone vulnérable.

Selon les termes de l'arrêté du 19 décembre 2011 : « l'analyse porte, selon l'écriture opérationnelle de la méthode retenue, sur le RSH, le taux de matière organique ou encore l'azote total présent dans les horizons de sols cultivés. »

Afin de confirmer la classification des sols de chaque exploitation, les experts préconisent de faire une analyse globale avec analyse granulométrie sur un îlot cultural. Cette analyse globale comprend une mesure du N total.

Compte tenu de l'équation bilan retenue, une mesure du RSH est également pertinente.

→ Le choix est laissé à l'exploitant de procéder soit à une mesure de RSH soit à une analyse globale avec analyse granulométrie et mesure du N total.

ANNEXE 5 :

FERTILISATION AZOTEE DU TOURNESOL

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES. ELLE CORRESPOND A UNE ADAPTATION DE LA METHODE DU BILAN AZOTE TELLE QUE DEVELOPPEE PAR LE COMIFER, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Equation bilan de fertilisation azotée retenue : modèle (2)

$$X = 1/CAU (Pf - Mh - Mr - Mhp - MrCi - Mpro - Nirr) - Xpro$$

où : $Pf = b * y$

Postulats de simplification de l'équation :

Pi peut être négligé pour le tournesol car l'ouverture du bilan se fait au moment du semis.

1 - Coefficient de majoration (1/CAU)

$1/CAU = 1.25$ (source : Cetiom)

$$1/CAU = \text{Coefficient de majoration} = 1.25 \quad \text{!}$$

2 - Calcul des besoins de la culture (Pf)

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

$b = 4.5 \text{ u N/q}$ (Source : R. Reau et al, 1995)

- **y : Objectif de rendement**

En cas d'historique de rendements disponible sur l'exploitation :

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.

Il s'agit bien de référence de l'exploitation et non obligatoirement de référence de l'exploitant. Ainsi, en cas d'installation, l'exploitant peut prendre les références de son prédécesseur.

Valeurs par défaut, en cas d'absence d'historique de rendements disponibles sur l'exploitation :

Cultures	Zones géographiques				
	01	26	38	42	69
Tournesol	28	22	26	25	23

Source : Agreste – Statistique agricole annuelle : moyenne de rendements 2007-2011 (moyenne des 5 dernières années sans les extrêmes).

Besoins de la culture = besoin unitaire (b) × objectif de rendement (y) = ②

3 - Minéralisation de l'humus par le sol (Mh)

Classification de sol	Type de sols	Fs
A1	Limons sablo limoneux sains	100
A2	Limons argileux profonds et sains	110
B	Limons humides	95
B1	Limons drainés	110
C1	Argiles ou limons argileux profonds	120
C2	Argilo-calcaire profonds	110
D	Argiles humides	110
E1	Graviers profonds	90
E2	Sables profonds	70
F	Graviers superficiels	60
G	Argilo-calcaire superficiels	70
H1	Alluvions organiques sains	160
H2	Marais humides	105

Source : Arvalis - essais maïs témoins zéro azote (1990-1995), CETIOM – adaptation au tournesol
Adapté par GREN Rhône Alpes

Minéralisation de l'humus par le sol = Mh = ③

4 - Minéralisation des résidus de récolte du précédent (Mr)

La prise en compte du précédent se fait en utilisant le tableau ci-dessous

Culture précédente	Mr (kg N/ha)
Blé pailles enfouies	- 10
Colza, pommes de terre, betterave	+ 10
Luzerne détruite à l'automne précédent	+ 30
Luzerne détruite au printemps ou l'année d'avant Féverole	+ 20
Autres légumineuses	+ 10
Autres	0

Source : Azobil, INRA, COMIFER

Minéralisation des résidus de récolte du précédent = Mr = ④

5 - Minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp)

Pour une destruction d'automne :

Age de la prairie	Age du retournement				
	< an	1 an	2 ans	3 à 5 ans	> 5 ans
< 2 ans	20	20	10	0	0
< 6 ans	20	30	20	10	0
< 10 ans	20	55	35	20	0
> 10 ans	20	70	50	30	0

source : Arvalis adapté par GREN

Pour une destruction de printemps :

a - Destruction de printemps			Age de la prairie				
			< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	maïs	20	60	100	120	140
	2	maïs ou blé	0	0	25	35	40
	3	maïs ou blé	0	0	0	0	0

source : Arvalis, INRA, CRAB

Minéralisation nette due à un retournement de prairie = Mhp = ⑤

6 - Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire (MrCI)

	Production de la CI (tMS/ha)	Ouverture du bilan en sortie hiver		Ouverture du bilan en Avril*	
		Destruction Nov/dec	Destruction>Janv	Destruction Nov/dec	Destruction>Janv
CRUCIFERES (moutarde, radis, ...)	<= 1	5	10	0	5
	2 (>1 et <3)	10	15	5	10
	>= 3	15	20	10	15
GRAMINÉES DE TYPE SEIGLE, AVOINE,...	<= 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	>= 3	10	15	5	10
GRAMINÉES DE TYPE RAY-GRASS	<= 1	5	10	0	5
	2 (>1 et <3)	10	15	5	10
	>= 3	15	20	10	15
LÉGUMINEUSES	<= 1	10	20	5	10
	2 (>1 et <3)	20	30	10	20
	>= 3	30	40	20	30
HYDROPHYLLACEES (Phacélie)	<= 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	>= 3	10	15	5	10
MÉLANGES GRAMINÉES - LÉGUMINEUSES	<= 1	5	13	3	5
	2 (>1 et <3)	13	20	5	13
	>= 3	20	28	13	20
MÉLANGES CRUCIFÈRES - LÉGUMINEUSES	<= 1	8	15	3	8
	2 (>1 et <3)	15	23	8	15
	>= 3	23	30	15	23

* Date d'ouverture du bilan dans certains cas pour des cultures d'été (Maïs, Pomme de Terre)

Source: Brochure "Cultures Intermédiaires - Impacts et Conduite", ARVALIS/CETIOM/ITB/ITL, août 2011 (chapitre 17)

Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire = MrCI = ⑥

7 - Supplément de minéralisation lié aux apports d'engrais organiques (Mpro)

En cas d'apport d'engrais organique antérieur à l'ouverture du bilan, ajouter les valeurs du tableau suivant selon les pratiques réalisées :

Type d'effluent	Apport tous les ans	Apport tous les 2 ans	Apport tous les 3 ans		Apport occasionnel (au maxi tous 4 les ans)	
			Apport sur le précédent	Pas d'apport sur le précédent	Apport sur le précédent	Pas d'apport sur le précédent
Fumier d'herbivores, de porcs, de lapins	35	25	15	10	10	0
Fumier et fientes de volailles	35	30	25	0	20	0
Lisiers dilués, purins	10	5	5	0	5	0
Lisier pur de bovins, porc, volailles, lapins	20	10	10	0	10	0

Source : ITCF modifié

Supplément de minéralisation lié aux apports d'engrais organiques =

Mpro = ⑦

8 - Nirr : Azote apporté par l'eau d'irrigation

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm

C = concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	80	120	160	200	240	280	320
Azote apporté (kg/ha)	4	7	11	14	18	22	25	29

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = Nirr = ⑧

9 - Xpro : Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (effet direct)

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$X_{pro} = \text{Teneur (kgN/t)} * K_{eq} * Q \text{ effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 18.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

$X_{pro} = \text{teneur} * K_{eq} * \text{quantité épandue} =$ ^⑨

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue

$$X = 1/CAU (P_f - M_h - M_r - M_{hp} - M_{rCi} - M_{pro} - N_{irr}) - X_{pro}$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$X =$ ^① * (^② - ^③ - ^④ - ^⑤ - ^⑥ - ^⑦ - ^⑧) - ^⑨

Recommandation : Méthode visuelle de pilotage

La période d'apport d'azote est à ajuster en fonction de la disponibilité en azote du sol.

La méthode Héliotest propose un indicateur précoce de cette disponibilité en azote du sol en début de cycle : il s'agit du stade d'apparition d'une différence visuelle (hauteur, volume, couleur) entre une bande de parcelle fertilisée au semis et le reste de la parcelle n'ayant pas reçu cet apport (Wagner et al, 2002).

Hypothèses :

- 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 « 12 feuilles » ; 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 « 12 feuilles » sur le témoin sans apport d'azote est un indicateur fiable des fournitures du sol.

Méthode de pilotage :

1. Au semis : apport de 60 à 80 unités d'azote, seulement sur une bande de la parcelle (de la largeur du semoir en évitant de préférence les bordures).
2. Dès la levée : observez la végétation pour surveiller l'apparition éventuelle d'une différence visuelle entre cette bande fertilisée et le reste de la parcelle,
3. Lors de l'apparition d'une différence visuelle et si le passage du tracteur est encore possible : réalisez dans les jours qui suivent un apport d'azote sur l'ensemble de la parcelle.

Si aucune différence visuelle n'apparaît ou si elle apparaît au-delà du stade "14 feuilles", aucun apport d'azote n'est nécessaire.

Le tableau ci-dessous permet de définir la dose d'azote à apporter en végétation, en fonction du stade d'apparition de la différence visuelle et de l'objectif de rendement défini précédemment.

Différence visuelle à ...	Objectif de rendement				
	20 q/ha	25 q/ha	30 q/ha	35 q/ha	40 q/ha
7-8 feuilles	0	30	40	70	100
9-10 feuilles	0	0	30	50	80
11-12 feuilles	0	0	0	30	60
13-14 feuilles	0	0	0	30	40

✂ Apports exprimés en unités par hectare

Source : CETIOM

Compte tenu des doses relativement faibles conseillées (de 0 à 100 kg N/ha), celles-ci peuvent être amenées en une fois, de préférence en végétation (des stades 6 feuilles à 14 feuilles). Ces apports en végétation permettent de synchroniser la disponibilité de l'azote apporté par l'engrais avec la période de besoin maximum de la culture et de mettre en oeuvre la technique de la bande azotée (Héliotest).

Analyse de sol

Toute personne exploitant plus de 3 ha en zone vulnérable est tenue de réaliser, chaque année, une analyse de sol sur un îlot cultural au moins pour une des trois principales cultures exploitées en zone vulnérable.

Selon les termes de l'arrêté du 19 décembre 2011 : « l'analyse porte, selon l'écriture opérationnelle de la méthode retenue, sur le RSH, le taux de matière organique ou encore l'azote total présent dans les horizons de sols cultivés. »

Afin de confirmer la classification des sols de chaque exploitation, les experts préconisent de faire une analyse globale avec analyse granulométrie sur un îlot cultural. Cette analyse globale comprend une mesure du N total.

ANNEXE 6 :

FERTILISATION AZOTEE DU SOJA

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

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

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

Conditions d'application :

- la parcelle n'a jamais été cultivée en soja
- au moins 30 % des plantes ne présentent pas de nodosités
- le feuillage des plantes présente une coloration vert pâle à jaunâtre avant l'entrée en floraison des plantes

Objectif de rendement

En cas d'historique de rendements disponible sur l'exploitation :

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.

Il s'agit bien de référence de l'exploitation et non obligatoirement de référence de l'exploitant. Ainsi, en cas d'installation, l'exploitant peut prendre les références de son prédécesseur.

Valeurs par défaut, en cas d'absence d'historique de rendements disponible sur l'exploitation :

	Zones géographiques				
Cultures	01	26	38	42	69
Soja (q/ha)	29	28	31	30*	30

* moyenne régionale

Source : Agreste – Statistique agricole annuelle : moyenne de rendements 2007-2011 (moyenne des 5 dernières années sans les extrêmes).

Doses plafond d'azote minéral à apporter

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

Classification des sols	Type de sols	Bonne inoculation	Inoculation déficiente	
			Rdt >35 q/ha	Rdt <35 q/ha
A1	Limons sablo limoneux sains	Aucun apport d'azote	80	120
A2	Limons argileux profonds et sains			
B	Limons humides			
B1	Limons drainés			
C1	Argiles ou limons argileux profonds			
C2	Argilo-calcaire profonds			
D	Argiles humides		120	150
E1	Graviers profonds			
E2	Sables profonds			
F	Graviers superficiels			
G	Argilo-calcaire superficiels			
H1	Alluvions organiques sains			
H2	Marais humides	80	120	

Source : Cetiom

En cas d'irrigation :

L'azote apporté par l'eau d'irrigation doit être déduit de la quantité d'azote minéral à apporter, selon les règles suivantes.

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\mathbf{Nirr = (V/100) * (C/4,43)}$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm entre le semis et trois semaines après la floraison.

C : concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	80	120	160	200	240	280
Azote apporté (kg/ha)	4	7	11	14	18	22	25

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Recommandations : Fractionnement

L'apport est conseillé en 1 ou 2 fois, à positionner entre le stade R1 (début floraison) et le stade R3 (premières gousses formées).

ANNEXE 7 :

FERTILISATION DES PRAIRIES

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Remarque : le référentiel de fertilisation des cultures fourragères ne répond pas à cette fiche mais est défini dans l'annexe 8.

Ce référentiel détermine les quantités d'azote disponible à apporter (en U N/ha) en fonction du mode d'exploitation de la prairie, du passé de fertilisation organique, des restitutions au pâturage. Il a été défini dans le cadre du PEP Bovin en 2006, adapté dans le cadre des travaux du GREN pour répondre aux exigences réglementaires.

Ces doses correspondent à un **apport d'azote maximum**. Toutefois, un raisonnement de la fertilisation conduisant à des doses d'apport inférieures est recommandé.

Ces doses plafonds sont exprimées en kg d'azote total par hectare. Elles totalisent les apports sous forme d'eau d'irrigation, d'engrais organique ou d'engrais minéral, d'où l'équation suivante :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - \text{Xpro}$$

Avec Xpro : quantité d'azote disponible apporté sous forme d'engrais organiques

Classification des modes d'exploitation

Prairies pâturées :

- **Pâturage génisses et vaches taries** : parcelles en prairies naturelles souvent éloignées du siège de l'exploitation et en pente, leur principal apport organique est réalisé par les restitutions au pâturage.
- **Pâturage vaches** : parcelles proches du siège pour les laitières, elles peuvent parfois recevoir des apports de matières organiques.
 - **Pâturage extensif vaches laitières et vaches allaitantes** : plus de 35 ares/vache soit 10,5 ha pour 30 vaches en mai.
 - **Pâturage et complément fourrager important** (plus de 5 kg de MS) : parcelles apparemment chargées (20 à 30 ares /vache) mais les vaches reçoivent un complément fourrager important pendant la saison de pâturage. Elles exploitent donc les prairies de façon relativement « extensive ».
 - **Pâturage intensif sans complément fourrager** (ou faible) : moins de 35 ares /vache, parcelles pâturées jour et nuit sans complément fourrager ou avec un apport limité à 2-3 kg MS/vache.

Foin :

- Foin traditionnel ou enrubannage tardif : parcelles souvent en prairies naturelles éloignées qui seront fauchées au plus tôt en juin.
- Foin précoce ou déprimé : parcelles en prairies temporaires ou naturelles, plus intensives que les précédentes, fauchées tôt ou déprimées par les vaches ou les génisses.

Foin ou Ensilage ou Enrubannage + pâture ou seconde fauche :

- Foin ou Ensilage ou enrubannage + regain : parcelles intensives en prairies temporaires de longue durée, facilement mécanisables et recevant souvent des matières organiques. La deuxième coupe est destinée prioritairement au foin, à l'enrubannage ou à l'ensilage.
- Foin ou Ensilage ou enrubannage + pâture : parcelles de même type que les précédentes, accessibles aux animaux. Elles permettent de prolonger la pâture sur l'été.

1 - Doses plafonds

Pour la luzerne, la dose plafond est de 250 kg N total/ha (source : CORPEN)

Pour les autres prairies :

Utilisation de la prairie	Dose plafond kg N disponible / ha
Pâturage génisses et vaches tarées	40
Pâturage vache	
- extensif ou allaitant > 35 a/VL	40
- pâturage + Complément (20-30 a/ VL)	40
- intensif sans complément (<35 a/VL)	100
Foin traditionnel ou enrubannage tardif	20
Foin précoce ou déprimé	50
Foin ou Ensilage ou enrubannage + regain	150
Foin ou Ensilage ou enrubannage + pâture	120

Source : PEP Bovin Rhône-Alpes – 2006, GREN RA

2 - Azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm

C = concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Azote apportée (kg/ha)	4	5	7	9	11	13	14	16	18

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = Nirr = ②

3 - Xpro : Azote apporté sous forme d'engrais organique

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$\text{Xpro} = \text{Teneur (kgN/t)} * \text{Keq} * \text{Q effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 18.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

Xpro = teneur * Keq * quantité épandue = ③

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - X_{\text{pro}}$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X \leq \boxed{} \text{ ①} - \boxed{} \text{ ②} - \boxed{} \text{ ③}$$

ANNEXE 8 :

FERTILISATION AZOTEE DES CULTURES FOURRAGERES

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Afin de garantir l'équilibre de fertilisation pour les cultures fourragères, des doses plafonds ont été établies.

Ces doses correspondent à un **apport d'azote maximum**. Toutefois, un raisonnement de la fertilisation conduisant à des doses d'apport inférieures est recommandé.

Ces doses plafonds sont exprimées en kg d'azote disponible (ou efficace) par hectare et

- par an pour les cultures dont le cycle est supérieur à un an
- par cycle pour les cultures dont le cycle est inférieur à un an

En cas d'association avec légumineuses (vesce commune, vesce velue, pois fourrager, trèfles), la dose maximale d'apport est réduite (cf tableau ci-dessous).

Ces doses totalisent les apports sous forme d'eau d'irrigation, d'engrais organique ou d'engrais minéral, d'où l'équation suivante :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - \text{Xpro}$$

1 - Dose plafond

Cas 1 : Culture fourragère cultivée comme culture principale

Espèces cultivées	dose plafond d'azote (kg N disponible / ha)
Sorgho fourrager multi-coupe	120
Sorgho BMR sucrier (Brown Mid Rid = nervure centrale brune)	100
Méteil : mélange de céréales à paille seules récolté en vert	150
Méteil mélange de céréales à paille et légumineuses	130

Espèces cultivées	dose plafond d'azote (kg N disponible / ha)			
	% de couvert de légumineuse			
	inférieur à 20%	entre 20% et 50%	entre 50% et 80%	supérieur à 80%
Moha	100	70	50	0
Avoine fourragère - vesce commune (ou trèfles)	100	70	50	0
Ray-Grass Italien alternatif	140	110	90	0
Ray-Grass Italien 18 mois, Ray Grass hybride	160	130	110	0

Cas 2 : Culture fourragère cultivée comme culture dérobée après récolte de méteil ou céréales

Espèces cultivées	dose plafond d'azote (kg N disponible / ha)
Sorgho fourrager multi-coupe	120
Sorgho BMR sucrier (Brown Mid Rid = nervure centrale brune)	100
Millet perlé fourrager	80
Colza fourrager	80

Espèces cultivées	dose plafond d'azote (kg N disponible / ha)			
	% de couvert de légumineuse			
	inférieur à 20%	entre 20% et 50%	entre 50% et 80%	supérieur à 80%
Moha	80	50	30	0
Avoine fourragère - vesce commune (ou trèfles)	80	50	30	0
Ray-Grass Italien alternatif	140	110	90	0
Ray-Grass Italien 18 mois, Ray Grass hybride	160	130	110	0

Dose plafond = ⓘ

2 - Azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Azote apporté (kg/ha)	4	5	7	9	11	13	14	16	18

Avec V : quantité d'eau apportée en mm

C = concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = Nirr = ②

3 - Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (Xpro)

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$\text{Xpro} = \text{Teneur (kgN/t)} * \text{Keq} * \text{Q effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 18.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

Xpro = teneur * Keq * quantité épandue = ③

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse (X)

Rappel de l'équation retenue :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - \text{Xpro}$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

X ≤ ① - ② - ③

ANNEXE 9 :

FERTILISATION AZOTEE DES SEMENCES DE MAÏS – COLZA - TOURNESOL

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Remarque : Cette fiche ne concerne que la fertilisation des semences de maïs, colza et tournesol. La fertilisation des semences de céréales à paille est traitée dans l'annexe 2 et la fertilisation des porte-graines (petites graines) est traitée dans l'annexe 10.

Afin de garantir l'équilibre de fertilisation pour les semences, des doses plafonds ont été établies en fonction du type de sol.

Ces doses correspondent à un **apport d'azote maximum**. Toutefois, un raisonnement de la fertilisation conduisant à des doses d'apport inférieures est recommandé.

Ces doses plafonds sont exprimées en kg d'azote disponible (ou efficace) par hectare.

Ces doses totalisent les apports sous forme d'eau d'irrigation, d'engrais organique ou d'engrais minéral, d'où l'équation suivante :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - \text{Xpro}$$

1 - Dose plafond

Espèces	Type de sol	Description	Dose plafond (kg N disponible/ ha)*
Maïs	A1	Limons sablo limoneux sains	170
	A2	Limons argileux profonds et sains	170
	B	Limons humides	200
	B1	Limons drainés	170
	C1	Argiles ou limons argileux profonds	170
	C2	Argilo-calcaire profonds	170
	D	Argiles humides	170
	E1	Graviers profonds	200
	E2	Sables profonds	200
	F	Graviers superficiels	200
	G	Argilo-calcaire superficiels	200
	H1	Alluvions organiques sains	140
H2	Marais humides	170	
Tournesol	Tous types de sols		120
Colza	Tous types de sols		200

Source : SPSMS, CDA 26, Arvalis pour le maïs - ANAMSO, Ph. Rogani pour le tournesol et le colza

Dose plafond = ①

2 - Azote apportée par l'eau d'irrigation (Nirr)

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	80	120	160	200	240	280	320
Azote apporté (kg/ha)	4	7	11	14	18	22	25	29

Avec V : quantité d'eau apportée en mm

C = concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = Nirr = ②

3 - Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (Xpro)

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$X_{pro} = \text{Teneur (kgN/t)} * K_{eq} * Q \text{ effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 18.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

$$X_{pro} = \text{teneur} * K_{eq} * \text{quantité épandue} = \boxed{} \text{ ③}$$

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue :

$$X \leq \text{Dose plafond} - N_{irr} - X_{pro}$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X \leq \boxed{} \text{ ①} - \boxed{} \text{ ②} - \boxed{} \text{ ③}$$

ANNEXE 10 : FERTILISATION AZOTEE DES PORTE-GRAINES (PETITES GRAINES)

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Afin de garantir l'équilibre de fertilisation pour les porte-graines, des doses plafonds ont été établies.

Ces doses correspondent à un **apport d'azote maximum**. Toutefois, un raisonnement de la fertilisation conduisant à des doses d'apport inférieures est recommandé.

Ces doses plafonds sont exprimées en kg d'azote disponible (ou efficace) par hectare. Elles totalisent les apports sous forme d'eau d'irrigation, d'engrais organique ou d'engrais minéral, d'où l'équation suivante :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - \text{Xpro}$$

1 - Dose plafond

Fourragères porte-graines	
Variété	Dose d'azote plafond (kg N disponible/ha)
Avoine rude	110
Betterave sucrière	260
Brome	140
Chou fourrager	125
Chou navet rutabaga	180
Dactyle	170
Fétuque des prés	140
Fétuque élevée	140
Fétuque ovine	130
Fétuque rouge	130
Fléole des prés	140
Pâturin des prés	80
Radis fourrager	130
Ray-grass anglais	150
Ray-grass d'Italie	90
Ray-grass hybride	90

Source : FNAMS - LM Broucqsaull, C Ravenel

Les doses plafond indiquées pour les cultures fourragères porte-graines ne concernent que la production de semences et non la production de fourrages. **En cas de récolte**

fourragère réalisée en complément de la production de semences, il faut alors **ajouter 40 u/ha** à la dose plafond.

Potagères porte-graines	
Variété	Dose d'azote plafond (kg N disponible/ha)
Aneth	120
Betterave rouge	180
Cardon	120
Carotte (type nantaise)	120
Céleri	120
Chicorée à feuilles	140
Chicorée scarole / frisée	140
Chicorée Witloof	140
Choux	135
Ciboule	90
Citrouille-patisson	130
Concombre	160
Coriandre	120
Cornichon	130
Courge-courgette	160
Cresson de fontaine	50
Echalote	130
Epinard	200
Fenouil	120
Laitue	110
Mâche	50
Melon	130
Navet	130
Oignon	130
Panais	120
Persil	120
Poireau	120
Poirée	180
Radis (rond-rouge)	130
Roquette	130

Source : FNAMS - LM Broucqsault, C Ravenel

Dose plafond = ⓘ

2 - Azote apportée par l'eau d'irrigation (Nirr)

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	80	120	160	200	240	280	320
Azote apporté (kg/ha)	4	7	11	14	18	22	25	29

Avec V : quantité d'eau apportée en mm

C = concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = Nirr = ②

3 - Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (Xpro)

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$\text{Xpro} = \text{Teneur (kgN/t)} * \text{Keq} * \text{Q effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 18.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

Xpro = teneur * Keq * quantité épandue = ③

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - X_{\text{pro}}$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X \leq \boxed{} \text{ ①} - \boxed{} \text{ ②} - \boxed{} \text{ ③}$$

ANNEXE 11 :

FERTILISATION AZOTEE DES ARBRES FRUITIERS

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Remarque : Cette fiche traite des conditions d'équilibre de fertilisation des arbres fruitiers hors noyers. Les noyers sont traités spécifiquement dans l'annexe 12.

Afin de garantir l'équilibre de fertilisation pour les arbres fruitiers, des doses plafonds ont été établies en fonction de l'espèce, de la vigueur et de la production des arbres.

Les doses plafonds combinent :

- une dose relative au besoin des parties végétatives (structures pérennes, bois de l'année et feuilles) en fonction de l'âge de l'arbre.
- une dose relative au besoin des fruits en fonction de l'objectif de rendement

Ces doses correspondent à un **apport d'azote maximum**. Toutefois, un raisonnement de la fertilisation conduisant à des doses d'apport inférieures est recommandé.

Ces doses plafonds sont exprimées en kg d'azote disponible (ou efficace) par hectare. Elles totalisent les apports sous forme d'eau d'irrigation, d'engrais organique ou d'engrais minéral, d'où l'équation suivante :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - \text{Xpro}$$

Objectif de rendement

En cas d'historique de rendements disponible sur l'exploitation :

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.

Il s'agit bien de référence de l'exploitation et non obligatoirement de référence de l'exploitant. Ainsi, en cas d'installation, l'exploitant peut prendre les références de son prédécesseur.

Valeurs par défaut, en cas d'absence d'historique de rendements disponibles sur l'exploitation :

Type	Espèces	Rendements (t/ha)
Fruits à noyau	Abricots	10
	Bigarreaux	5
	Griottes et autres cerises	3
	Pêches	20
	Nectarines et brugnons	22
	Mirabelles	9
	Reines-claude	5
	Quetsches	10
	Autres prunes	15
	Olives (pour la bouche et à huile)	2
Fruits à pépins	Jules Guyot	17
	Autres poires de table	23
	Pommes de table	34
Fruits à coque	Amandes	1
	Châtaignes	1
	Noix	2
	Noisettes	2
Baies	Actinidia (Kiwi)	15
	Cassis et myrtilles	4
	Framboises	7

Source Agreste : Moyennes régionales sur les années 2007-2011, en excluant les extrêmes.

1 - Dose plafond

La dose plafond se calcule de la manière suivante :

$$\text{Dose plafond}_{\text{totale}} = \text{Dose plafond}_{\text{végétative}} \text{ (U/ha)} + \text{Dose plafond}_{\text{fruits}} \text{ (U/t)} * \text{objectif de rendement (t/ha)}$$

	Besoins des parties végétatives (Dose plafond végétative)					Besoins des fruits (Dose plafond fruits) Kg N / t fruits	
	1 ^{re} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	4 ^{ème} année	≥ 5 ^{ème} année		
	kg N /ha	kg N /ha	kg N /ha	kg N /ha	kg N /ha		
Abricotier	40	60	90	100	110	+	1,2
Cerisier	30	50	80	90	100		1,3
Châtaignier	28 (apports en localisés)	35	40	50	60		10

Kiwi	40	60	90	115	125	1,4
Pêcher	40	60	90	100	110	1,3
Poire	40	50	70	90	90	0,7
Pomme	40	60	80	100	100	0,6
Prunier	40	60	90	100	110	0,9
Petits fruits (cassis, framboises, myrtilles, groseilles..)	120					
Autres arbres fruitiers	150					

Dans les **vergers enherbés** avec fertilisation en plein, il est important de réaliser un apport complémentaire avant débourrement, pour l'herbe uniquement, de **20 unités**.

Pour toutes les espèces, cette dose plafond pourra être majorée si nécessaire de 20 à 30 unités dans le cas de plantations avec vigueur faible.

Dose plafond = ①

2 - Azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	80	120	160	200	240	280	320
Azote apporté (kg/ha)	4	7	11	14	18	22	25	29

Avec V : quantité d'eau apportée en mm

C = concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = Nirr = ②

3 - Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (Xpro)

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$X_{pro} = \text{Teneur (kgN/t)} * K_{eq} * Q \text{ effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 18.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

$$X_{pro} = \text{teneur} * K_{eq} * \text{quantité épandue} = \boxed{} \text{ ③}$$

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue :

$$X \leq \text{Dose plafond} - N_{irr} - X_{pro}$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X \leq \boxed{} \text{ ①} - \boxed{} \text{ ②} - \boxed{} \text{ ③}$$

Recommandation : Fumure de fond avant plantation

La fumure de fond sous forme d'amendement organique avant plantation est un élément indispensable à la bonne reprise du verger et fait partie des grands principes agronomiques (reconstitution du stock de matière organique). En effet, le verger étant implanté pour une durée de vie de 10 à plus de 50 ans, il est indispensable que les arbres puissent bénéficier à la plantation d'un taux de matière organique suffisant, permettant une vie biologique du sol satisfaisante, afin d'atténuer les phénomènes de fatigue des sols.

Pour être efficace, cette fumure de fond doit représenter l'équivalent d'environ 40 tonnes de fumier d'herbivore, compost ou l'équivalent en tout autre amendement organique (norme NF 44 051) et dont la minéralisation s'effectue partiellement, sur un minimum de 3 ans. L'intérêt étant d'enrichir le sol en humus et non d'apporter une quantité d'azote déterminée.

ANNEXE 12 : FERTILISATION AZOTEE DU NOYER

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Afin de garantir l'équilibre de fertilisation pour les arbres fruitiers, des doses plafonds ont été établies en fonction de la variété, de la vigueur et de la production des arbres.

Les doses plafonds combinent :

- une dose relative au besoin des parties végétatives (structures pérennes, bois de l'année et feuilles) en fonction de l'âge de l'arbre.
- une dose relative au besoin des fruits en fonction de l'objectif de rendement

Ces doses correspondent à un **apport d'azote maximum**. Toutefois, un raisonnement de la fertilisation conduisant à des doses d'apport inférieures est recommandé.

Ces doses plafonds sont exprimées en kg d'azote disponible (ou efficace) par hectare. Elles totalisent les apports sous forme d'eau d'irrigation, d'engrais organique ou d'engrais minéral, d'où l'équation suivante :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - \text{Xpro}$$

Objectif de rendement

En cas d'historique de rendements disponible sur l'exploitation :

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.

Il s'agit bien de référence de l'exploitation et non obligatoirement de référence de l'exploitant. Ainsi, en cas d'installation, l'exploitant peut prendre les références de son prédécesseur.

Par défaut, l'objectif de rendement est de **1t de noix / ha**.

Source Agreste : Moyenne régionale sur les années 2007-2011, en excluant les extrêmes.

1 - Dose plafond

Age du verger	Variétés à fructification terminale <i>Ex : Franquette</i> (100-160 arbres /ha)	Variétés à fructification latérale <i>Ex : Fernor, Lara</i> (250-300 arbres /ha)	Variétés à fructification latérale haute densité <i>Ex : Lara</i> (à partir de 300 arbres /ha)
1 an	30 unités/ha	40 unités/ha	40 unités/ha
2 ans	40 unités/ha	60 unités/ha	60 unités/ha
3 ans	50 unités/ha	80 unités/ha	80 unités/ha
4 ans	60 unités/ha	100 u/ha + 20 u/t de noix sèches	100 u/ha + 30 u/t de noix sèches
5 ans	70 unités/ha		120 u/ha + 30 u/t de noix sèches
6 ans	80 unités/ha		
7 ans et plus	80 u/ha + 20 u/t de noix sèches		

Source : Info NOIX mars 1996, SENURA mars 2002, Monographie Le Noyer du Ctifl et Chambre d'Agriculture de l'Isère et de la Drôme

Dans les **vergers enherbés**, il est important de réaliser un apport complémentaire avant débourrement, pour l'herbe uniquement, de **20 unités**.

Dose plafond = ⓘ

2 - Azote apportée par l'eau d'irrigation (Nirr)

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	80	120	160	200	240	280	320
Azote apporté (kg/ha)	4	7	11	14	18	22	25	29

Avec V : quantité d'eau apportée en mm
C = concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = N_{irr} = ②

3 - Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (X_{pro})

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$X_{pro} = \text{Teneur (kgN/t)} * K_{eq} * Q \text{ effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 18.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

$X_{pro} = \text{teneur} * K_{eq} * \text{quantité épandue} =$ ③

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue :

$$X \leq \text{Dose plafond} - N_{irr} - X_{pro}$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X \leq \text{} ① - \text{} ② - \text{} ③$$

Recommandations : Fumure de fond avant plantation

La fumure de fond sous forme d'amendement organique avant plantation est un élément indispensable à la bonne reprise du verger et fait partie des grands principes agronomiques (reconstitution du stock de matière organique) . En effet, le verger étant implanté pour une durée de vie de 10 à plus de 50 ans, il est indispensable que les arbres puissent bénéficier à la plantation d'un taux de matière organique suffisant, permettant une vie biologique du sol satisfaisante, afin d'atténuer les phénomènes de fatigue des sols.

Pour être efficiente, cette fumure de fond doit représenter l'équivalent d'environ 40 tonnes de fumier d'herbivore, compost ou l'équivalent en tout autre amendement organique (norme NF 44 051) et dont la minéralisation s'effectue partiellement, sur un minimum de 3 ans. L'intérêt étant d'enrichir le sol en humus et non d'apporter une quantité d'azote déterminée.

Périodes d'apport

La fumure azotée doit toujours être fractionnée en deux apports, afin d'éviter les "à-coups" de végétation et les pertes par lessivage :

- 1/3 début avril,
- 2/3 mi-mai.

En cas d'irrigation au "goutte à goutte", il est possible d'apporter une partie de la fertilisation azotée dans l'eau :

- 1^{er} apport au sol, mi-mai ;
- début des irrigations fertilisantes dès la 1^{ère} semaine de juin avec un apport de 0,7 à 1 unité d'azote / jour.

Interprétation des analyses foliaires (données 2002)

Valeurs optimales pour la variété Franquette : 2,8 g à 3,1 g d'azote pour 100 g de matière sèche.

- si les valeurs sont < 2,8 g : pertes de rendement
- si les valeurs sont > 3,1 g : plus d'augmentation de rendement et risque de déséquilibre d'absorption.

ANNEXE 13 :

FERTILISATION AZOTEE DES LEGUMES

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Remarque : Cette fiche ne traite que des conditions d'équilibre de fertilisation des légumes cultivés en pleine terre. Les cultures hors-sol ne sont pas concernées par le présent arrêté. D'autre part, l'ail et les tomates de plein champ sont traités respectivement dans les annexes 14 et 15.

Afin de garantir l'équilibre de fertilisation pour les légumes, des doses plafonds ont été établies en fonction de l'espèce et de l'antécédent cultural.

Ces doses correspondent à un **apport d'azote maximum**. Toutefois, un raisonnement de la fertilisation conduisant à des doses d'apport inférieures est recommandé.

Ces doses plafonds sont exprimées en kg d'azote disponible (ou efficace) par hectare. Elles totalisent les apports sous forme d'eau d'irrigation, d'engrais organique ou d'engrais minéral, d'où l'équation suivante :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - X_{\text{pro}}$$

Classification des antécédents culturaux

La notion d'antécédent cultural combine un effet lié au précédent et un effet lié aux pratiques de fertilisation antérieures.

Antécédents pauvres	Antécédents moyens	Antécédents riches
Céréales	Pomme de terre (récoltée en mai ou juin)	Chou-fleur d'hiver
Couvert végétal	Chou et brocolis récoltés à l'automne	Haricot
Ray Grass Italien	Artichaut	Brocolis et chou-fleur récoltés au printemps
Sol nu	Carotte	
Oignon Poireau	Epinard	
Echalote	Pois	
Endive	Chou pommé (faible taux de récolte)	
Céleri	Couvert après précédent riche	
Salade	Echalote (avec plastique)	
Pomme de terre récoltée	Poireaux feuilles laissées	

en automne	au champ
Chou pommé (fort taux de récolte)	Choux dégradés
Drageon	
Poireaux feuilles exportées	
Choux non dégradés	

En cas d'apport régulier de matière organique (20 à 30 t/ha de fumier, 10 à 20 t/ha de compost) :

- un antécédent pauvre devient un antécédent moyen
- un antécédent moyen devient un antécédent riche.

1 - Dose plafond

Dans le cas de parcelles à monoculture maraîchère :

Cultures	Rdt brut indicatif en t/ha	Besoins indicatifs en kg/ha	Doses plafonds (en kg N disponible / ha)		
			Antécédent cultural pauvre	Antécédent cultural moyen	Antécédent cultural riche
Artichaut			80	100	130
Artichaut 2ème année			130		
Artichaut 3ème année			150		
Aubergine	60	200-220	NC	200	150
Asperge 1ère pousse			130		
Asperge 2ème pousse			180		
Asperge 3ème pousse			180		
Bette et cardé	80-100	200-220	250	220	190
Betterave potagère (rouge)	50-90	150-200	230	180	150
Brocolis			180	160	130
Cardons	100	270-300	250	220	190
Carotte	50-80	100-130	160	130	100
Carotte Industrie	70-120	180-200	NC	210	180
Céleri-branche	70-100	210-300	NC	300	270
Céleri-rave	60-90	200-250	NC	250	220
Chou blanc, vert rouge, autres	45-55	130-150	260	230	200
Chou-fleur	35-40	220-260	260	230	200
Courgette et courge	40-70	150-200	210	180	150
Epinard	12-15	120-140	170	150	130
Melon	30-50	150-170	190	170	150
Oignon blanc	25-30	120-130	NC	140	120
Oignon de couleur	40-50	120-130	140	120	100

Poireau	50-90	180-250	230	200	170
Radis	15-25	60-90	120	90	90
Laitue	35T	80-120	180	150	110
Tomate sous serre : grappe	60-150	220-270	NC	250	220
Pommes de terre primeur	35-55	150-170	180	160	150
Pommes de terre consommation			210	200	180
Pois Haricot			90	60	30
Autres légumes			210		

Sources : CEHM, Bretagne, Serail, GREN Rhone Alpes

NC : non concerné en Rhône Alpes

Dans le cas de parcelles à polyculture maraîchère :

Type de cultures	Taux de rotation	Dose plafond (par ha et par culture)
Multi-espèces sans apport annuel de matière organique	connu	180
Multi-espèces avec apport annuel de matière organique		150
Multi-espèces sans apport annuel de matière organique	non connu	225
Multi-espèces avec apport annuel de matière organique		190

Dose plafond = ⓘ

2 - Azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

A défaut d'analyse spécifique de l'eau d'irrigation, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée par défaut à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul suivant :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm

C = concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Azote apporté (kg/ha)	4	5	7	9	11	13	14	16	18

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de l'eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = N_{irr} = ②

3 - Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (X_{pro})

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$X_{pro} = \text{Teneur (kgN/t)} * K_{eq} * Q \text{ effluent épanché (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définies dans l'annexe 18.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

$X_{pro} = \text{teneur} * K_{eq} * \text{quantité épanchée} =$ ③

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue :

$$X \leq \text{Dose plafond} - N_{irr} - X_{pro}$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X \leq \text{ ①} - \text{ ②} - \text{ ③}$$

ANNEXE 14 :

FERTILISATION AZOTEE DE L'AIL

(BULBES ET BULBILLES)

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Afin de garantir l'équilibre de fertilisation pour l'ail, des doses plafonds ont été établies en fonction du type de sol et de l'objectif de rendement.

Ces doses correspondent à un **apport d'azote maximum**. Toutefois, un raisonnement de la fertilisation conduisant à des doses d'apport inférieures est recommandé.

Ces doses plafonds sont exprimées en kg d'azote disponible (ou efficace) par hectare. Elles totalisent les apports sous forme d'eau d'irrigation, d'engrais organique ou d'engrais minéral, d'où l'équation suivante :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - \text{Xpro}$$

Objectif de rendement

En cas d'historique de rendements disponible sur l'exploitation :

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.

Il s'agit bien de référence de l'exploitation et non obligatoirement de référence de l'exploitant. Ainsi, en cas d'installation, l'exploitant peut prendre les références de son prédécesseur.

Valeurs par défaut, en cas d'absence d'historique de rendements disponibles sur l'exploitation :

Rendement : 8t/ha

1 - Dose plafond

En fonction du type de sol de la parcelle et de l'objectif de rendement défini ci-dessus, le tableau suivant précise la dose plafond d'apport azoté.

rendement prévu à la récolte	type de sol	dose plafond (kg N disponible / ha)
8 à 10 t/ha	sols riches et profonds (argilo-calcaires, limons sains....)	105
	sables et graviers profonds, limons et argiles moyennement profonds	120
	sols légers (sables et graviers moyennement profonds), sols superficiels	135
10 à 12 t/ha	sols riches et profonds (argilo-calcaires, limons sains....)	125
	sables et graviers profonds, limons et argiles moyennement profonds	140
	sols légers (sables et graviers moyennement profonds), sols superficiels	155
12 à 14 t/ha	sols riches et profonds (argilo-calcaires, limons sains....)	135
	sables et graviers profonds, limons et argiles moyennement profonds	165

Dose plafond = ①

2 - Azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	80	120	160	200	240	280	320
Azote apporté (kg/ha)	4	7	11	14	18	22	25	29

Avec V : quantité d'eau apportée en mm
C = concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = Nirr = ②

3 - Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (Xpro)

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$X_{pro} = \text{Teneur (kgN/t)} * K_{eq} * Q \text{ effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 18.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

$$X_{pro} = \text{teneur} * K_{eq} * \text{quantité épandue} = \boxed{} \text{ ③}$$

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue :

$$X \leq \text{Dose plafond} - N_{irr} - X_{pro}$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X \leq \boxed{} \text{ ①} - \boxed{} \text{ ②} - \boxed{} \text{ ③}$$

Recommandations : Périodes d'apport de l'azote

Il est recommandé de fractionner l'apport en au moins 2 apports.

De plus, l'azote doit être disponible pour le stade 3 feuilles (les fournitures du sol suffisent jusqu'à ce stade) donc le 1^{er} apport doit être fait courant janvier - février pour l'ail d'automne

ANNEXE 15 : FERTILISATION AZOTEE DES TOMATES DE PLEIN CHAMP

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Remarque : Les conditions d'équilibre de fertilisation des tomates grappes sous serre sont définies dans la fiche culture des légumes (annexe 13).

Afin de garantir l'équilibre de fertilisation pour les tomates de plein champ, des doses plafonds ont été établies en fonction du mode d'exploitation et de l'objectif de rendement.

Ces doses correspondent à un **apport d'azote maximum**. Toutefois, un raisonnement de la fertilisation conduisant à des doses d'apport inférieures est recommandé.

Ces doses plafonds sont exprimées en kg d'azote disponible (ou efficace) par hectare. Elles totalisent les apports sous forme d'eau d'irrigation, d'engrais organique ou d'engrais minéral, d'où l'équation suivante :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - \text{Xpro}$$

Objectif de rendement

En cas d'historique de rendements disponible sur l'exploitation :

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.

Il s'agit bien de référence de l'exploitation et non obligatoirement de référence de l'exploitant. Ainsi, en cas d'installation, l'exploitant peut prendre les références de son prédécesseur.

Par défaut, l'objectif de rendement est de **10 t / ha (source : Agreste)**

Source Agreste : Moyenne régionale sur les années 2007-2011, en excluant les extrêmes.

1 - Dose plafond

En fonction du mode d'exploitation et de l'objectif de rendement défini ci-dessus, le tableau suivant précise la dose plafond d'apport azoté.

Mode d'exploitation	Rendement (en t/ ha)	Dose plafond (en kg N/ha)
plein champ non palissé	50 à 60 t/ha	180
plein champ palissé	100 à 120 t/ha	270
tomates d'industrie	80 à 120 t/ha	210
tomates d'industrie en Agriculture Biologique	30 à 50 t/ha	140

Sources : CTIFL 1982, SONITO, GREN RA

Dose plafond = ①

2 - Azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	80	120	160	200	240	280	320
Azote apporté (kg/ha)	4	7	11	14	18	22	25	29

Avec V : quantité d'eau apportée en mm

C = concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = Nirr = ②

3 - Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (X_{pro})

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$X_{pro} = \text{Teneur (kgN/t)} * K_{eq} * Q \text{ effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 18

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

$$X_{pro} = \text{teneur} * K_{eq} * \text{quantité épandue} = \boxed{} \textcircled{3}$$

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue :

$$X \leq \text{Dose plafond} - N_{irr} - X_{pro}$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X \leq \boxed{} \textcircled{1} - \boxed{} \textcircled{2} - \boxed{} \textcircled{3}$$

ANNEXE 16 :

FERTILISATION AZOTEE DES PLANTES A PARFUM, AROMATIQUES ET MEDICINALES

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Afin de garantir l'équilibre de fertilisation pour les plantes à parfum, aromatiques et médicinales (PPAM), des doses plafond ont été définies par catégories d'espèces.

Ces doses correspondent à un **apport d'azote maximum**. Toutefois, un raisonnement de la fertilisation conduisant à des doses d'apport inférieures est recommandé.

Elles sont exprimées en kg d'azote disponible (ou efficace) par an et totalisent les apports sous forme d'eau d'irrigation, d'engrais organique ou d'engrais minéral, d'où l'équation suivante :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - \text{Xpro}$$

Classification des principales PPAM

	Plante à parfum pérenne	Plante à parfum annuelle et bisannuelle	Plante aromatique pérenne	Plante aromatique annuelle	Plante médicinale pérenne	Plante médicinale annuelle et bisannuelle
Aneth				x		
Angélique						x
Artichaut feuille						x
Basilic				x		
Camomille Romaine						x
Cassis bourgeons					x	
Cataire					x	
Cerfeuil				x		
Ciboulette				x		
Coriandre				x		
Echinacée					x	
Estragon			x			
Fenouil doux				x		
Hamamélis					x	
Hysope					x	
Lavande Clonale	x					
Lavande	x					

Population (fine)						
Lavandin Abrial	x					
Lavandin Grosso	x					
Lavandin Super	x					
Livèche						x
Menthe douce			x			
Menthe poivrée			x			
Mélisse					x	
Origan			x			
Persil				x		
Romarin			x			
Sariette			x			
Sauge officinale			x			
Thym			x			
Verveine					x	

1 - Dose plafond

Catégories de PPAM	Dose plafond (kg N disponible / an)
Plantes à parfum pérennes	85
Plantes à parfum annuelles et bisannuelles	105
Plantes aromatiques pérennes	185
Plantes aromatiques annuelles	350
Plantes médicinales pérennes	85
Plantes médicinales annuelles	105

Source : Guide plantes à parfum, aromatiques et médicinales - Edition 2012, Chambre d'agriculture de la Drôme

Dose plafond = ⓘ

2 - Azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	80	120	160	200	240	280	320
Azote apporté (kg/ha)	4	7	11	14	18	22	25	29

Avec V : quantité d'eau apportée en mm

C = concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = Nirr =

②

3 - Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (Xpro)

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$\text{Xpro} = \text{Teneur (kgN/t)} * \text{Keq} * \text{Q effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 18

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

Xpro = teneur * Keq * quantité épandue =

③

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - X_{\text{pro}}$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X \leq \boxed{} \text{ ①} - \boxed{} \text{ ②} - \boxed{} \text{ ③}$$

ANNEXE 17 :

FERTILISATION AZOTEE DU CHANVRE, DU LIN OLEAGINEUX ET DE LA CAMELINE

CETTE FICHE A ETE DEFINIE DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES, A PARTIR DES REFERENCES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES EN RHONE-ALPES.

Pour les cultures présentées dans cette fiche, l'équilibre de fertilisation est défini par des doses plafond d'apport d'azote total par hectare.

Ces doses correspondent à un apport d'azote maximum. Toutefois, un raisonnement de la fertilisation conduisant à des doses d'apport inférieures est recommandé.

Ces doses plafonds sont exprimées en kg d'azote disponible (ou efficace) par hectare. Elles totalisent les apports sous forme d'eau d'irrigation, d'engrais organique ou d'engrais minéral, d'où l'équation suivante :

$$X \leq \text{Dose plafond} - \text{Nirr} - X_{\text{pro}}$$

1 - Dose plafond

Espèces	Dose plafond (en kg N disponible /ha)
Chanvre	150
Lin oléagineux	120
Caméline	120

Sources : CETIOM

Dose plafond = ⓘ

2 - Azote apportée par l'eau d'irrigation (Nirr)

A défaut d'analyse, la teneur en azote de l'eau d'irrigation est fixée à 40 mg/L (valeur de concentration référence pour le zonage en zone vulnérable).

Le tableau suivant permet de faire la correspondance entre la hauteur d'eau apportée et le nombre d'unités d'azote correspondant, sur la base du calcul :

$$\text{Nirr} = (V/100) * (C/4,43)$$

Hauteur d'eau apportée (mm)	40	80	120	160	200	240	280	320
Azote apporté (kg/ha)	4	7	11	14	18	22	25	29

Avec V : quantité d'eau apportée en mm

C = concentration de l'eau en nitrates (mg NO₃⁻/L)

L'exploitant est tenu de justifier un apport inférieur du fait des origines de ses eaux d'irrigation sur la base des résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Azote apporté par l'eau d'irrigation = N_{irr} = ②

3 - Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (X_{pro})

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$X_{pro} = \text{Teneur (kgN/t)} * K_{eq} * Q \text{ effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 18

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 18.

X_{pro} = teneur * K_{eq} * quantité épandue = ③

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse = X

Rappel de l'équation retenue :

$$X \leq \text{Dose plafond} - N_{irr} - X_{pro}$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X \leq \text{ } ① - \text{ } ② - \text{ } ③$$

ANNEXE 18 :
VALEURS DE REFERENCES POUR LA PRISE EN
COMPTE DE L'AZOTE DE LA FRACTION
MINERALE D'UN ENGRAIS ORGANIQUE

Teneur en azote des engrais organiques

La tableau suivant donne les valeurs de référence de teneur en azote des effluents d'élevage :

Nature de l'effluent	Référence régionale Rhône-Alpes			
	Teneur N	Teneur P	Teneur K	unité
	N	P2O5	K2O	kg/
compost fumier + déchets verts	6.0	4.0	9.0	t
compost fumier bovins	7.0	5.0	15.0	t
compost fumier caprins	12	10	23	t
compost fumier chevaux	5.0	3.5	7.0	t
compost fumier lapins	15.8	19.6	18.4	t
compost fumier ovins	11.0	7.0	20.0	t
compost fumier porcs	7.6	10.2	14.7	t
compost fumier volailles	12.0	25.0	14.0	t
compost pailles de lavande (vert broyé)	5.0	2.0	3.0	t
eaux vertes, blanches ou brunes bovins	0.3	0.15	0.5	m3
fientes poules pâteuses	17.0	19.0	13.0	t
fientes poules pré séchées	23.0	24.0	16.0	t
fientes poules séchées	34.0	34.0	23.0	t
fientes poulettes pâteuses	20.0	21.0	17.0	t
fientes poulettes séchées	33.0	31.0	22.0	t
fumier bovins allaitant (aires paillées)	5.0	2.5	8.0	t
fumier bovins laitiers (aire paillée)	5.7	2.5	9.3	t
fumier bovins laitiers (étables entravées)	4.6	2.5	5.6	t
fumier bovins laitiers (logette paillée)	4.2	2.5	5.6	t
fumiers taurillons	7.0	6.0	9.0	t
fumiers veau	6.0	3.0	8.0	t
fumier cailles	40.0	25.0	18.0	t
fumier caprins	8.0	6.0	15.0	t
fumier chevaux	6.0	3.0	6.5	t
fumier dindes < 50%MS	16.0	20.0	14.0	t
fumier dindes > 65%MS	27.0	29.0	22.0	t
fumier dindes 50 à 65%MS	23.0	23.0	19.0	t
fumier lapins	7.0	7.0	11.0	m3
fumier ovins	7.0	5.0	15.0	t
fumier pintades > 65%MS	28.0	27.0	21.0	t
fumier pintades < 65%MS	16.0	19.0	15.0	t
fumier porcs (litière accum.)	7.2	7.0	10.2	t
fumier porcs (litière racl.)	9.1	10.9	11.2	t
fumier poulets > 65%MS	24.0	26.0	22.0	t
fumier poulets < 65%MS	19.0	20.0	16.0	t
fumier poulettes	25.0	28.0	21.0	t
fumier volailles chair	29.00	29.00	20.00	t
fumier canard	5.00	8.00	4.00	t
lisier bovins très dilué	1.0	0.5	1.5	m3
lisier bovins moyennement dilué	2.0	1.0	2.5	m3
lisier bovins dilué	3.0	1.5	3.8	m3
lisier bovins pur	4.0	2.0	5.0	m3
lisier veau	2,86	1,36	2,7	m3
lisier moutons	7.7	4.6	12.3	m3
lisier canards	5.9	5.9	4.1	m3
lisier lapins liquide	4.0	2.0	5.0	m3
lisier lapins pâteux	7.0	7.0	11.0	m3
lisier poules pondeuses	6,8	9,5	5,5	m3
purin bovins pur	3.0	0.7	5.5	m3
purin bovins moyennement dilué	1.0	0.2	1.5	m3
purin bovins très dilué	0.4	0.2	1.0	m3
purin porcs	2.5	0.8	2.3	m3

NB : Les valeurs type de lisiers sont basées sur des dilutions à 25 % : lisier dilué (eaux blanches fosse fermée) - 50 % lisier moyennement dilué (fosse ouverte) et 75 % lisier très dilué (avec aire d'exercice extérieure).

source : « Tableau de normes de rejet d'azote en Rhône-Alpes – Arrêté préfectoral régional relatif à la mise en œuvre des dispositifs MAE du 20 novembre 2008.

Pour le **lisier de porc**, les valeurs retenues sont :

Type d'effluents	Teneur N N total (kg N total / m ³)	Teneur P P ₂ O ₅	Teneur K K ₂ O
Lisier de naisseur-engraisseur	3,5	2,1	2,5
Lisier d'engraissement	5,8	3,2	4,8
Lisier d'élevage naisseur	2,4	1,6	1,7

Source : brochure « composition des effluents porcins », ITP – Pascal LEVASSEUR – 2005.

Pour les **engrais organiques utilisés en agriculture biologique**, l'exploitant doit se référer à la teneur en azote du produit transmise par le fabricant (étiquette de composition du produit).

A défaut de références spécifiques, les valeurs retenues sont :

Type d'effluents	Teneur N (kg N total / t)	Teneur P P ₂ O ₅	Teneur K K ₂ O
Algues (algues brunes, goémon)	7,5	1,2	15
Compost de broussailles	10	4	25
Cornes et onglons (poudre de sabot ou poudre de corne)	122	8	
Cuir et peaux	50	1	
Laine			
Pure	150		
Qualité moyenne	100		
Qualité inférieure	50		
Farine d'os (poudre d'os ou poudre d'os dégélatinisé)	73	160	
Farine de plumes	101	11,5	2,7
Farine de poisson	90	90	
Farine de sang	114		
Farine de viande	81	93	6
Guano	160	202	29,9
Tourteau de ricin	57	30,2	20
Vinasse concentrée	30	70	

Source : Guide des matières organiques, Tome 2 ITAB deuxième édition 2001

Valeur du Coefficient d'équivalence engrais minéral efficace (Keq)

La tableau suivant donne les valeurs de référence de Keq pour les effluents d'élevage :

Type de culture	Coefficient d'équivalence engrais minéral efficace (Keq)						
	colza	culture d'hiver		culture de printemps		prairies	
		apport d'automne	apport de printemps	apport d'automne	apport de printemps	automne - hiver	printemps
Compost déchet vert	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
Compost herbivores	0,10	0,05	0,10	0,15	0,00	0,05	0,00
Compost porcins	0,15	0,05	0,15	0,15	0,00	0,20	0,20
Compost FV	0,30	0,20	0,30	0,40	0,40	0,40	0,40
Fumier herbivores, fumier et lisier de lapins	0,20	0,10	0,20	0,05	0,30	0,10	0,05
Fumier porcin	0,30	0,20	0,25	0,05	0,30	0,40	0,40
Fumier volailles	0,40	0,30	0,35	0,40	0,50	0,40	0,40
Fientes	0,40	0,30	0,35	0,40	0,60	0,40	0,40
Lisier, purin bovin	0,40	0,30	0,50	0,30	0,50	0,40	0,40*
Lisier porcin	0,50	0,35	0,60	0,40	0,60	0,50	0,50*
Lisier volailles	0,50	0,30	0,60	0,40	0,70	0,50	0,50*

*coefficient à majorer de 10% en cas d'injection directe ou pendillards

Sources : « Fertiliser avec les engrais de ferme » 2001 (ITAVI,IE,ITCF,ITP), Chambres d'agriculture Rhône-Alpes. extrapolation à partir des valeurs attribuées à des effluents au comportement assez similaire

Pour les **engrais organiques utilisés en agriculture biologique**, les valeurs retenues sont :

Type d'effluent	Coefficient d'équivalence engrais minéral efficace (Keq)
broyat de corne	0,35
poudre de corne	0,65
farine d'os	0,66
farine de plumes en granulés	0,65
farine de plume	0,82
poils en granulés	0,82
farine de sang	0,85
farine de viande	0,7
guano	0,93
tourteau de ricin	0,66
vinasse	0,5
autres engrais organiques du commerce	Cf donnée fabricant

source : Blaise Pascal, ITAB

Concernant les **boues**, leur nature et donc leur vitesse de minéralisation sont très variables. L'exploitant doit donc utiliser les valeurs retenues dans le plan d'épandage de l'installation

A défaut de références spécifiques sur l'exploitation, le tableau suivant donne les valeurs de Keq :

Type d'effluent	Coefficient d'équivalence engrais minéral efficace (Keq)			
	Colza	Autres cultures d'automne	Cultures de printemps	Prairies
Boues activées urbaines liquides	0,45	0,25	0,35	0,35
Boues activées urbaines pâteuses	0,40	0,20	0,35	0,35
Boues activées urbaines solides	0,45	0,25	0,35	0,35
Boues activées urbaines séchées	0,35	0,20	0,35	0,20
Boues activées urbaines solides chaulées	0,35	0,20	0,30	0,25
Boues digérées anaérobies urbaines pâteuses	0,40	0,20	0,20	0,20
Boues digérées anaérobies urbaines solides chaulées	0,30	0,15	0,20	0,20
Boues digérées anaérobies urbaines séchées	0,30	0,15	0,20	0,20
Boues de lagune, de décanteur digesteur et de lit bactérien	0,30	0,15	0,25	0,25
Boues agro-industrielles liquides	0,50	0,25	0,50	0,35
Boues agro-industrielles solides digérées	0,50	0,25	0,50	0,35
Boues industrielles de papeterie solides C/N ≤ 15	0,05	0,03	0,05	0,05
Boues industrielles de papeterie solides C/N > 15	0	0	0	0
Compost de boues avec déchet végétaux	0,05	0,05	0,05	0,05
Effluents de méthanisation	vu le peu de références disponibles actuellement et la grande variabilité des situations, se référer au coefficients retenus dans le plan d'épandage réalisé pour l'installation			

Source : APCA, CA26, CA38