

Table des annexes

Annexe 1 : Méthodes de calcul de la dose prévisionnelle à utiliser pour chacune des cultures et pratiques de fertilisation.....	2
Annexe 2 : Céréales à paille (grains et semences).....	4
Annexe 3 : Maïs et sorgho.....	16
Annexe 4 : Colza.....	25
Annexe 5 : Tournesol.....	28
Annexe 6 : Semence maïs.....	30
Annexe 7 : Semences colza et tournesol.....	39
Annexe 8 : Prairies.....	41
Annexe 9 : Cultures fourragères.....	43
Annexe 10 : Betterave sucrière.....	46
Annexe 11 : Arbres fruitiers et vignes.....	53
Annexe 12 : Légumes.....	57
Annexe 13 : Pomme de terre.....	61
Annexe 14 : Cultures porte-graines à petites graines.....	70
Annexe 15 : Plantes à parfum, aromatiques et médicinales.....	73
Annexe 16 : Plantes d'horticulture et de pépinière.....	76
Annexe 17 : Caméline, chanvre, lin oléagineux et soja.....	78
Annexe 18 : Tabac.....	80
Annexe 19 : Composition des effluents et Kéq.....	82
Annexe 20: Objectif de rendement (y).....	86
Annexe 21 : Classification des types de sols.....	87

ANNEXE 1 : MÉTHODES DE CALCUL DE LA DOSE PRÉVISIONNELLE À UTILISER POUR CHACUNE DES CULTURES ET PRATIQUES DE FERTILISATION

1 – Méthode de calcul de la dose prévisionnelle

Cultures concernées	Méthode RA/Auv	Annexe
Céréales à paille (grain et semence)	Bilan	annexe 2
Maïs et sorgho	Bilan (CAU)/Bilan	annexe 3
Colza	Bilan (CAU)	annexe 4
Tournesol	Plafond	annexe 5
Semence maïs	Bilan	annexe 6
Semence (colza, tournesol)	Plafond	annexe 7
Prairies	Plafond	annexe 8
Cultures fourragères	Plafond	annexe 9
Betterave sucrière	Bilan	annexe 10
Arbres fruitiers et vignes	Plafond	annexe 11
Légumes	Plafond	annexe 12
Pomme de terre	Plafond/Bilan	annexe 13
Porte-graines (petites graines)	Plafond	annexe 14
Plantes à parfum, aromatiques et médicinales	Plafond	annexe 15
Plantes d'horticulture et de pépinière	Plafond	annexe 16
Chanvre	Plafond	annexe 17
Lin oléagineux	Plafond	
Caméline	Plafond	
Tabac	Plafond	annexe 18
Autres cultures	Plafond	100 Kg d'N efficace/ha

2 – Pratiques de fertilisation

2.1. Valeurs minimales et planchers

Lorsqu'une dose d'apport azoté calculée par la méthode du bilan abouti à un résultat compris entre 0 et 30 unités d'azote efficace, la dose à apporter peut être de 30 kg N/ha car il est difficile techniquement d'épandre une dose plus faible.

Dans le cas d'un bilan négatif, aucun fertilisant azoté ne doit être apporté.

2.2. Volatilisation

Le calcul de la dose prévisionnelle d'azote, qui se place dans la configuration potentielle d'efficacité

maximale de l'engrais azoté ne doit pas tenir compte de la volatilisation ammoniacale des engrais minéraux. La prise en compte de cette perte potentielle très variable n'intervient pas *a priori* dans le calcul de l'apport total mais fait l'objet d'une analyse à chaque apport :

1. Il est important d'éviter ou de réduire la perte ammoniacale par des pratiques adaptées. D'une manière générale, toutes les pratiques culturales qui tendent à maximiser l'efficacité de l'azote apporté (maximisation du coefficient d'utilisation de l'azote) doivent être privilégiées avant de recourir à une majoration de dose.
2. La dose à apporter est calculée pour un apport sous forme d'ammonitrate. En fonction des choix d'épandage et de conditions d'épandage sans enfouissement rapide ainsi que d'autres conditions défavorables (vent fort, température élevée, faible humidité du sol, évapotranspiration élevée), une majoration de 10 % sur sol non calcaire et 15 % sur sol calcaire peut le cas échéant être appliquée à l'apport d'azote sous forme d'engrais à base uréique et/ou ammoniacale telles que solution azotée et urée (par référence à l'annexe 21).

ANNEXE 2 : CÉRÉALES À PAILLE (GRAINS ET SEMENCES)

Le bilan prévisionnel est calculé grâce à la formule suivante :

$$\text{pour l'Auvergne : } X = Pf + Rf - (Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + Xpro)$$

$$\text{pour Rhône-Alpes } X = Pf + Rf - (Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + Xpro + Mpro)$$

où :

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

Pf = quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan avec $Pf = b \times y$ où b est le besoin en azote par unité de production et y est l'objectif de rendement

Rf = quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan

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

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

Mh = minéralisation nette de l'humus

Mhp = minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr = minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi = minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire

Nirr = azote apporté par l'eau d'irrigation

Xpro = pour un PRO apporté durant la campagne, azote disponible pour la culture sous forme minérale durant tout son cycle de développement

Mpro = supplément de minéralisation lié aux apports d'engrais organiques

1. Calcul des besoins de la culture (Pf)

▪ b : Besoin d'azote par unité de production

Espèces - Variétés	b (par défaut) en N/u
Avoine	2,2
Seigle	2,3
Orge	2,5
Blé tendre, dur et améliorant*	Se référer aux tableaux ci-dessous
Mélange de céréales et de protéagineux	b de la céréale dominante
Mélange de céréales	moyenne pondérée des b concernés
Triticale	2,6
Autres céréales	3

Source : COMIFER

*Pour le blé tendre, le blé dur et le blé améliorant, il existe une variabilité des besoins par unité de production en fonction de la variété détaillée dans les tableaux ci-dessous. Dans ce cas, il est également possible de se référer aux publications d'Arvalis les plus récentes (en ligne sur le site du COMIFER).

Tableau des besoins du blé tendre 2018 (Source : Arvalis - COMIFER)

CLASSES DE b	VARIETES	CLASSES DE bq11.5%	Modalités de fractionnement à respecter en utilisant bq11.5%	
			bc11.5%	Mise en réserve minimale conseillée pour la fin de montaison
2.8	Addict, Adhoc, Advisor, Aigle, Ambition, Arlequin, Armada, Basmati, Bermude, Boisseau, Chevignon , Costello, Diderot, Garcia, Gedser , Granamax, Hybello, Hybery, Hybiza, Hyclick, Hyguardo, Hyking, Hypodrom , Hypolite , Hystar, Kundera, Lear, Lithium, Lyrik, Meeting , Modern, Mogador , Montecristo CS , Mortimer , Mutic , Popeye, RGT Mondio, RGT Texaco, Salvador, Sanremo , Sepia , Sokal, Trapez, Viscount, Zephyr	3	0.2	60 kg N (40*+20)
	Glasgow, Istabraq, Reflexion , Sobred, Torp	3.2	0.4	70 kg N (40*+30)
3	Actrice , Accor, Alhambra, Allez Y, Apache, Apanage, Aprilio, Arezzo, Aubusson, Bagou, Bonifacio, Boregar, Brentano, Buenna, Calabro, Calcio, Calisol, Calumet, Cellule, Cezanne, Chevalier, Comilfo, Compil, Descartes, Diamanto, Ephoros, Euclide, Filon , Fluor, Forblanc, Foxyl, Galactic, Galopain, Gimmick , Goncourt, Gotik, Hyfi, Illico, Interet, Kalystar, Koreli, KWS Dakotana , Lavoisier, LG Abraham, LG Absalon, LG Altamont, Lipari , Musik, Numeric, Oregrain, Paledor, Pastoral , Pibrac, RGT Ampiezzo, RGT Cyclo , RGT Kilimanjaro, RGT Producto , RGT Tekno, RGT Velasko, RGT Venezia, Rochfort, Rubisko, Rustic, Scenario, Silverio, Sirtaki, Sobbel, Solehio, Sollario, Solognac, Solveig, Sophie CS , Sothys CS, Sponsor, Starway, Stromboli , Syllon, Vyckor	3	0	40* kg N
	Accroc, Adriatic , Alixan, Andalou, Arkeos, Ascott, Attraktion , Auckland, Barok, Belepí, Bergamo, Chevron, Collector, Complice , Creek , Donjon , Etana , Expert, Faustus , Fructidor, Gallixe, Grapeli, Hydrock , Ionesco, Kylian , Laurier, Maori , Matheo, Milor, Nemo, Oxebo, Pakito, Pr22r58, RGT Cesario , RGT Libravo, RGT Sacramento, Ronsard, Sherlock, Stereo , SY Mattis , SY Moisson, System, Terroir, Tobak, Triumph, Valdo, Waximum	3.2	0.2	60 kg N (40*+20)
3.2	Altamira, Athlon, Atlass, Bienfait, Camp Rémy, Cecybon , Centurion, Ciblé , Exelcior, Exotic, Falado, Graindor, Hendrix, Lazaro, LG Armstrong , LG Ascona , Lukullus, Manager, Nogal, Orloge , RGT Forzano , Scipion, Soissons, Sorrial, Tulip	3.2	0	40* kg N

* : la mise en réserve minimale de 40 kg N pourra être réduite en cas de faible potentiel.

- Les variétés introduites pour 2018 dans le classement sont en gras, et celles modifiées depuis l'an dernier sont en rouge.
- Les variétés à Usage Industriels réservés sont en bleu.
- Les variétés non référencées ici sont positionnées par défaut à b=3.
- La classe b correspond à un objectif de rendement alors que la classe bq correspond à un objectif de rendement et de protéines (11,5%). $bq_{11,5} \% = b + bc_{11,5} \%$.

Dans le cas particulier de marché demandant un minimum de 12,5% protéines (départements 63 et 03, présence d'un cahier des charges explicite), la variété Apache présente le cas particulier d'avoir une autre valeur de besoin unitaire spécifique : Apache : $bq_{12,5} \% = 3,2 \text{ kg N/q}$

Tableau des besoins du blé améliorant 2018 (Source : Arvalis – COMIFER) :

Variétés	CLASSES DE bq : besoin d'azote par quintal produit à plus de 14 % de protéines	Mise en réserve <u>minimale</u> conseillée pour la fin montaison (pilotage) (kg/ha)
Uli 12, Uli 148, Trigofort, Bifort, Manital, Renan	3.7	40
Uli 11, Uli 35, Céréfort, Antonius, CH Nara*, Esperia, Forcali, Galibier, Izalco CS, Lennox, MV Suba, Quality, Rebelde	3.9	60
Adesso, Amicus, Bologna, Bussard, CH Claro, Courtot, Figaro, Geo, Ghayta, Guadalete, Levis, Logia, Lona, Metropolis, MV Mente, Qualital, Quebon, Runal, Sagittario, Skerzzo, Tamaro, Ubicus	4.1	80

En rouge : Variétés introduites ou modifiées en 2018

En bleu : Variétés à Usage Industriels réservés

Les variétés non référencées ici sont positionnées par défaut à b =3,9

Tableau des besoins du blé dur 2018 (Source : Arvalis - COMIFER) :

Variétés	CLASSES DE bq : besoin d'azote par quintal produit à plus de 14 % de protéines	Mise en réserve <u>minimale</u> conseillée pour la fin montaison (pilotage) (kg/ha)
Acalou, Actisur, Amosis, Atoudur, Biensur, Durobonus, Gibus, Isildur, Joyau, Kombo, Levante, Luminur, Orjaune, Pescadou, Pictur, Plussur, Provenzal, Qualidou, Rgt Fabionur, Rgt Izalmur, Rgt Voilur, Sy banco	3.7	40
Anvergur, Byblos, Casteldoux, Claudio, Clovis, Cultur, Dakter, Daurur, Fabulis, Janeiro, Karur, Lloyd, Miradoux, Nautilur, Nefer, Nemesis, Orlu, Pastadou, Sached, Saragolla, Silur, Surmesur, Sy Carma, Sy Cysco, Toscadou	3.9	60
Alexis, Allur, Argeles, Aventur, Babylone, Floridou, Haristide, Heraklion, Lg Boris, Nobilis, Relief, Rgt Musclur, Sculptur, Tablur	4.1	80

En rouge : Variétés introduites ou modifiées en 2018

Les variétés non référencées ici sont positionnées par défaut à b = 3,5.

▪ **y : objectif de rendement**

Voir annexe 20

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

* Pour les blés à orientation meunière, prendre bq au lieu de b.

2. Détermination du reliquat post-récolte (Rf)

Tableau des valeurs de Rf en fonction des types de sols de la culture.

Classification des sols	Type de sols (cf. tableau annexe 21)	Rf (kg/ha)
Rhône-Alpes		
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 ou sables superficiels	20
G	Argilo-calcaire superficiels	25
H1	Alluvions organiques sains	50
H2	Marais humides	50
Auvergne		
Alluvions		35
Argilo-calcaire moyen à profond		40
Argilo-calcaire superficiel		30
Argilo-sableux		35
Limons sableux hydromorphes		35
Sableux		35
Terres noires		50
Granitique		35
Volcanique		35

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

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

3. Calcul de la quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi)

→ Pour les départements de l'ex-région Auvergne :

$Pi = 10 \text{ kgN/ha} + 5 \text{ kgN/ha/talle}$

Tableau des quantités d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi) pour les céréales à paille (kg d'azote par hectare)

Stade de la céréale	Non levée	1 à 3 feuilles	1 talle	2 talles	3 talles	4 talles et plus
Azote déjà absorbé par la culture (Pi)	0	10	15	20	25	30

Pi =

4. Détermination de la quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

En cas de mesure de reliquat réalisé sur la parcelle, les valeurs à prendre en compte sont les suivantes :

- cumul azote nitrique (NO₃⁻) exprimé en kg N/ha, mesuré sur l'ensemble des horizons prélevés,
- cumul azote ammoniacal (NH₄⁺) exprimé en kg N/ha, mesuré sur les 40 premiers cm (mesure 0-30 + 1/3 de la mesure 30-60 cm par exemple).

Rappel : Pour les reliquats d'azote minéral (N nitrique + N ammoniacal), l'analyse porte sur les trois premiers horizons (90 cm) ; cette profondeur sera réduite en cas d'obstacle à l'enracinement ou d'impossibilité de prélever plus profondément (sol caillouteux).

Cette mesure peut être utilisée pour les parcelles de l'exploitation qui sont dans une situation culturale comparable (nature et conduite du précédent, type de sol,...).

Lorsqu'une synthèse annuelle des Ri est publiée par un organisme reconnu, ces valeurs peuvent être utilisées en lieu et place des tableaux ci-dessous.

→ Pour les départements de l'ex-région Auvergne :

En l'absence de référence de valeur de reliquat azoté en sortie d'hiver, la valeur utilisée sera la moyenne des mesures réalisées dans des situations culturales comparables. Des données moyennes départementales apparaissent ci-après :

Tableau des valeurs du département du Puy-de-Dôme (en kgN/ha) :

<i>Précédent</i>												
Type de Sol	<i>Betterave sucrière</i>	<i>Céréales pailles enfouies</i>	<i>Céréales pailles enlevées</i>	<i>Colza</i>	<i>Tourne -sol</i>	<i>Maïs grain ou semence, sorgho</i>	<i>Maïs fourrage</i>	<i>Féverole, lupin</i>	<i>Luzerne, trèfle</i>	<i>Oignons, ail, échalotes, pommes de terre</i>	<i>Pois, soja, haricot, lentille</i>	<i>Moyenne sol</i>
Alluvions	45	45	41	50	30	40	55	60	65	-	50	43
Argilo-calcaire moyen à profond	60	70	75	65	50	65	80	70	90	80	60	68
Argilo-calcaire superficiel	60	60	65	65	50	55	70	60	80	80	60	62
Argilo-sableux	50	45	55	60	45	45	55	60	80	-	55	51
Limons sableux hydromorphes	30	35	35	30	25	30	35	60	65	-	50	37
Sableux	25	35	35	30	25	25	30	50	55	-	50	39
Terres noires	65	70	75	65	60	65	80	70	90	80	60	71
Granitique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40

REMARQUES : pour l'établissement du plan de fumure :

- Pour les parcelles conduites avec CIPAN à l'automne, le reliquat à prendre en compte doit être diminué de 20 kg/ha.
- Pour les précédents ne figurant pas dans le tableau, se référer à la valeur du reliquat moyen du type de sol (dernière colonne du tableau).
- Pour les parcelles ayant reçu un apport de fumier de ruminants à l'automne, le reliquat à prendre en compte doit être augmenté de 10 kgN / ha par rapport aux valeurs figurant dans ce tableau.

Tableau des valeurs du département de l'Allier (reliquats moyens en kgN/ha) :

Type de Sol	Précédent pois, luzerne, trèfle, PT, PN	Précédent sorgho, maïs, tournesol	Précédent colza, céréales, betterave
Alluvions	45	35	45
Argilo-calcaire moyen à profond	70	65	70
Argilo-calcaire superficiel	50	45	50
Argilo-sableux	45	40	45
Limons sableux hydromorphes	40	40	40
Sableux	35	30	35
Terres noires	65	60	65
Granitique	40	30	35

Tableau des valeurs du département de la Haute-Loire (en kg N/ha)

Type de sol	Précédent			
	Légumineuses, PT, PN	Maïs fourrage, sorgho fourrage	Céréales, colza	Tournesol
Alluvions	60	50	45	30
Argilo-calcaires superficiels	55	45	40	35
Sablo-limoneux	50	40	35	30
Granitique	40	35	30	
Volcanique	55	45	40	

Tableau des valeurs du département du Cantal (en kg N/ha)

Secteur	Précédent céréales	Précédent prairie	Précédent maïs
Allanche		30	
Montsalvy-Saint-Mamet	30	40	30
Vieillespesse	40	30	

→ Pour les départements de l'ex-région Rhône-Alpes :

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, E2).
- Sols filtrants : caillouteux, le plus souvent sableux, profondeur variable (sols E1, F et G)

Précédent :

- 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

Tableau des valeurs des départements de Rhône-Alpes (en kg N/ha)

Type de précédent	Sols peu filtrants	Sols filtrants
Précédents riches	55	25
Précédents moyens	45	20
Précédents pauvres	40	15

Source : Arvalis - mesures à Satolas depuis 1977

$$R_i = \boxed{}$$

5. Détermination de la minéralisation nette de l'humus (Mh)

→ Pour les départements de l'ex-région Auvergne :

La valeur de Mh dépend en grande partie du taux de matière organique du sol. Pour déterminer la valeur de Mh, l'exploitant se réfère aux tableaux suivants :

Tableau de la valeur de minéralisation de la MO du sol en kgN/ha pour les céréales

	Système avec résidus de récolte*	
	Enfouis une fois sur deux et sans apport de MO	Régulièrement enlevés et avec apport de matière organique tous les 2 à 3 ans ou prairie dans la rotation
Alluvions	30	35
Argilo-calcaire moyen à profond	30	35
Argilo-calcaire superficiel	15	20
Argilo-sableux	20	30
Limons sableux hydromorphes	20	20
Sableux	25	25
Terres noires	40	40
Granitique	15	30
Volcanique	40	40

* Pour les systèmes sans résidu de récolte : Mh = 0

→ Pour les départements de l'ex-région Rhône-Alpes:

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 (en kgN/ha)
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 ou sables superficiels	35
G	Argilo-calcaire superficiels	45
H1	Alluvions organiques sains	105
H2	Marais humides	50

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

Mh =

6. Calcul de la minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp)

Les valeurs du poste Mhp représentent le supplément de minéralisation pour la période d'établissement du bilan azoté prévisionnel de chaque culture, selon la saison du retournement et l'âge de la prairie au moment du retournement.

Tableau des valeurs retenues pour estimer le terme Mhp (en kg N/ha)

	Age de la prairie				
	< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
<i>Pour une destruction de printemps</i>					
1 ^{ère} culture après le retournement	20	60	100	120	140
2 ^{ème} culture après le retournement	0	0	25	35	40
<i>Pour une destruction d'automne</i>					
1 ^{ère} culture après retournement	10	30	50	60	70

Pour calculer le poste Mhp, il faut multiplier la valeur de Mhp lue dans le tableau ci-dessus par le coefficient correcteur correspondant au mode d'exploitation de la prairie du tableau ci-dessous.

Tableau des coefficients correcteurs pour la prise en compte du mode d'exploitation dans le calcul de Mhp

	Effet du mode d'exploitation	
	Graminées pures	Association graminées - légumineuses
Patûre intégrale	1,0	1,0
Fauche + patûre	0,7	1,0
Fauche intégrale	0,4	1,0

Minéralisation nette due à un retournement de prairies = Mhp =

7. Détermination de la minéralisation des résidus de récolte d'un précédent (Mr)

→ **Pour les départements de l'ex-région Auvergne :**

Tableau des valeurs retenues pour estimer le terme Mr

Précédent	Effet du précédent sur la minéralisation (u/ha)
Céréales pailles enfouies, maïs grain ou semence irrigué	- 20
Maïs grain ou semence en sec, ray grass dérobé, sorgho grain, tournesol	-10
Céréales pailles enlevées, maïs fourrage, méteil céréales dominantes, prairie**, sorgho fourrage, autre culture	0
Méteil protéagineux dominants	10
Jachère de crucifère, jachère de graminées	15
Betterave, colza, luzerne ou trèfle : retournement + 2 ans*, pois, soja, haricot, pomme de terre	20
Féverole, lupin, jachère de légumineuses	30
Luzerne ou trèfle : retournement + 1 an*	40

* : les luzernières et les cultures de trèfle ne sont pas considérées comme des prairies. Leur effet est à prendre en compte via le tableau ci-dessus. L'effet retournement est pris en compte les deux années suivant le retournement.

** : valeur qui tient compte du tableau pour estimer Mhp

→ **Pour les départements de l'ex-région Rhône-Alpes :**

Tableau des valeurs retenues pour estimer le terme Mr

Type de précédent		Mr (u/ha)
Précédent pauvre	Céréales à paille enfouies, jachère de graminées, tabac blond, tournesol, sorgho, maïs grain, prairies,	0
Précédent riche	Céréales à paille enlevée, maïs ensilage, légumes, lupin, betterave, carotte, colza, endive, pomme de terre, féverole, pois, soja, luzerne, autres légumineuses, autres cultures	15

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

Minéralisation des résidus de récolte d'un précédent = Mr =

8. Détermination de la minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCI)

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

Tableau des valeurs de minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (en kgN/ha)

	Production de la CI (tMS/ha)	Ouverture du bilan en sortie hiver		Ouverture du bilan en avril*	
		Destruction nov/déc	Destruction > janv	Destruction nov/déc	Destruction > janv
CRUCIFÈRES (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		20		10
	2 (>1 et <3)		30		20
	≥ 3		40		30
HYDROPHYLLACEES (Phacélie)	≤ 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	≥ 3	10	15	5	10
MÉLANGE GRAMINÉES - LÉGUMINEUSES	≤ 1	5	13	3	5
	2 (>1 et <3)	13	20	5	13
	≥ 3	20	28	13	20
MÉLANGE 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 les cultures d'été (maïs, pomme de terre)

** : destruction possible à partir du 1^{er} mars dans les zones vulnérables d'Auvergne-Rhône-Alpes (PAR AuRA)

Source : brochure « cultures intermédiaires – Impacts et conduite », ARVALIS/CETIOM/ITB/ITL, août 2011 (chapitre 17)

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire = MrCI =

9. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,

- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\mathbf{Nirr = V \times C / 443}$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha).

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

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

10. Calcul de l'azote disponible sous forme minérale apporté par un PRO (Xpro)

Xpro = quantité PRO épandue (t MB/ha ou m³ MB/ha) x teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m³ MB) x Kéq

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définis dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence Kéq sont définis en annexe 19.

Xpro = teneur x Kéq x quantité épandue =

11. Détermination du supplément de minéralisation lié aux apports d'engrais organiques (M_{pro})

→ Pour les départements de l'ex-région Rhône-Alpes:

En cas d'apport d'engrais organique sur les campagnes antérieures, ajouter les valeurs du tableau suivant selon les pratiques réalisées :

Ces valeurs correspondent à des pratiques régulières sur la parcelle. Pour un fertilisant donné, si la dose d'azote total appliquée est différente de celle proposée en début de ligne, il suffit de faire une règle de 3.

Type d'effluents	Doses épandues	Apports tous les 2 ans (en kgN/ha)	Apports tous les 3 ans (en kgN/ha)		Apports occasionnels (max tous les 4 ans) (en kgN/ha)	
			Apports sur le précédent	Pas d'apport sur le précédent	Apports sur le précédent	Pas d'apport sur le précédent
Fumier d'herbivore, de porcs, de lapins	35 t/ha à 6u/t soit 210 u N total	25	15	10	10	0
Fumier et fientes de volailles	10 t/ha à 25 u/t soit 250 u N total	30	25	0	20	0
Lisiers dilués, purins	35 m ³ à 2 u/m ³ soit 70 u N total	5	5	0	5	0
Lisier de bovins, porcs, volailles, lapins	35 m ³ /ha à 4 u/m ³ soit 140 u N total	10	10	0	10	0

Source : Réglette azote ITCF « Choisir 2006 », modifiée

Rappel : en cas d'apports de matière organique différente d'une année sur l'autre, par exemple en alternance un lisier de bovins (année N) et un fumier de bovins (année N + 1), faire la moyenne des deux lignes M_{pro} du tableau correspondant à la fréquence d'apport adaptée.

Les valeurs sont exprimées en azote efficace (voir annexe 19 pour définir la correspondance entre azote efficace et azote total)

M_{pro} =

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

Rappel de l'équation retenue :

→ Pour les départements de l'ex-région Auvergne :

$$X = Pf + Rf - (Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCI + Nirr + Xpro)$$

→ Pour les départements de l'ex-région Rhône-Alpes:

$$X = Pf + Rf - (Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + Xpro + Mpro)$$

ANNEXE 3 : MAÏS ET SORGHO

Remarque : Cette fiche ne concerne pas la fertilisation des semences de maïs. Celle-ci est traitée dans l'annexe 6.

Le bilan prévisionnel est calculé grâce aux formules suivantes en fonction de l'ex région :

$$\text{Auvergne : } X = Pf + Rf - (Ri + Mh + Mhp + Mr + Mrci + Nirr + Xpro)$$

$$\text{Rhône-Alpes : } X = 1/CAU (Pf - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Mpro - Nirr) - Xpro$$

où

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

CAU = coefficient apparent d'utilisation

Pf = quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan avec $Pf = b \times y$ où b est le besoin en azote par unité de production et y est l'objectif de rendement

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

Mr = minéralisation nette des résidus de récolte

Mhp = minéralisation nette due à un retournement de prairie,

MrCi = minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire

Mpro = minéralisation nette de l'azote organique d'un Produit résiduaire organique (PRO) apporté avant l'ouverture du bilan

Nirr = azote apporté par l'eau d'irrigation

Xpro = pour un PRO apporté durant la campagne, azote disponible pour la culture sous forme minérale durant tout son cycle de développement

1. CAU

→ Pour les départements de l'ex-région Rhône-Alpes:

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

2. Calcul des besoins de la culture (Pf)

b : Besoin d'azote par unité de production de la région Auvergne-Rhône-Alpes

Maïs grain (q/ha)	b (kg N/q)		Maïs ensilage (t MS/ha)	b (kg N/t MS)
< 100	2,3		< 12	15
100-120	2,2		12-15	14
> 120	2,1		> 15	13

Sorgho grain (q/ha)	b (kg N/q)		Sorgho fourrager (t MS/ha)	b (kg N/t MS)
< 80	2,5		< 10	16
80 à 100	2,3		10 à 15	14
> 100	2,1		> 15	12,5

y : objectifs de rendements

Voir annexe 20

Besoins de la culture = Pf = besoin unitaire (b) x objectif de rendement (y) =

3. Détermination du reliquat post-récolte (Rf)

Tableau de la valeur de Rf en fonction des types de sols de la culture pour l'ex-région Auvergne

Type de sols (cf. tableau annexe 21)	Rf (en kg/ha)
Alluvions	35
Argilo-calcaire moyen à profond	40
Argilo-calcaire superficiel	30
Argilo-sableux	35
Limons sableux hydromorphes	35
Sableux	35
Terres noires	50
Granitique	35
Volcanique	35

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

4. Détermination de la quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

En cas de mesure de reliquat réalisé sur la parcelle, les valeurs à prendre en compte sont les suivantes :

- cumul azote nitrique (NO₃⁻) exprimé en kg N/ha, mesuré sur l'ensemble des horizons prélevés,
- cumul azote ammoniacal (NH₄⁺) exprimé en kg N/ha, mesuré sur les 40 premiers cm (mesure 0-30 + 1/3 de la mesure 30-60 cm par exemple).

Rappel : Pour les reliquats d'azote minéral (N nitrique + N ammoniacal), l'analyse porte sur les trois

premiers horizons (90 cm) ; cette profondeur sera réduite en cas d'obstacle à l'enracinement ou d'impossibilité de prélever plus profondément (sol caillouteux).

Cette mesure peut être utilisée pour les parcelles de l'exploitation qui sont dans une situation culturale comparable (nature et conduite du précédent, type de sol,...).

Lorsqu'une synthèse annuelle des Ri est publiée par un organisme reconnu, ces valeurs peuvent être utilisées en lieu et place des tableaux ci-dessous.

→ Pour les départements de l'ex-région Auvergne :

En l'absence de référence de valeur de reliquat azoté en sortie d'hiver, la valeur utilisée sera la moyenne des mesures réalisées dans des situations culturales comparables. Des données historiques départementales apparaissent ci-après :

Tableau des valeurs du département du Puy-de-Dôme (en kgN/ha) :

<i>Précédent</i>												
Type de Sol	<i>Betterave sucrière</i>	<i>Céréales pailles enfouies</i>	<i>Céréales pailles enlevées</i>	<i>Colza</i>	<i>Tourne -sol</i>	<i>Maïs grain ou semence, sorgho</i>	<i>Maïs fourrage</i>	<i>Féverole, lupin</i>	<i>Luzerne, trèfle</i>	<i>Oignons, ail, échalotes, pommes de terre</i>	<i>Pois, soja, haricot, lentille</i>	<i>Moyenne sol</i>
Alluvions	45	45	41	50	30	40	55	60	65	-	50	43
Argilo-calcaire moyen à profond	60	70	75	65	50	65	80	70	90	80	60	68
Argilo-calcaire superficiel	60	60	65	65	50	55	70	60	80	80	60	62
Argilo-sableux	50	45	55	60	45	45	55	60	80	-	55	51
Limons sableux hydromorphes	30	35	35	30	25	30	35	60	65	-	50	37
Sableux	25	35	35	30	25	25	30	50	55	-	50	39
Terres noires	65	70	75	65	60	65	80	70	90	80	60	71
Granitique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40

REMARQUES : pour l'établissement du plan de fumure :

- Pour les parcelles conduites avec CIPAN à l'automne, le reliquat à prendre en compte doit être diminué de 20 kg/ha.
- Pour les précédents ne figurant pas dans le tableau, se référer à la valeur du reliquat moyen du type de sol (dernière colonne du tableau).
- Pour les parcelles ayant reçu un apport de fumier de ruminants à l'automne, le reliquat à prendre en compte doit être augmenté de 10 kgN / ha par rapport aux valeurs figurant dans ce tableau.

Tableau des valeurs du département de l'Allier (reliquats moyens en kgN/ha) :

Type de Sol	<i>Précédent pois, luzerne, trèfle, PT, PN</i>	<i>Précédent sorgho, maïs, tournesol</i>	<i>Précédent colza, céréales, betterave</i>
Alluvions	55	50	55
Argilo-calcaire moyen à profond	90	75	90
Argilo-calcaire superficiel	70	65	70
Argilo-sableux	50	50	50
Limons sableux hydromorphes	50	50	50
Sableux	45	45	45
Terres noires	75	75	75
Granitique	50	45	50

Tableau des valeurs du département de la Haute-Loire (en kg N/ha) :

Type de sol	Précédent			
	Légumineuses, PT, PN	Maïs fourrage, sorgho fourrage	Céréales, colza	Tournesol
Alluvions	60	50	45	30
Argilo-calcaires superficiels	55	45	40	35
Sablo-limoneux	50	40	35	30
Granitique	40	35	30	
Volcanique	55	45	40	

Tableau des valeurs du département du Cantal (en kg N/ha) :

Secteur	Précédent céréales	Précédent prairie	Précédent maïs
Allanche		30	
Montsalvy-Saint-Mamet	30	40	30
Vieillespesse	40	30	

$$R_i = \boxed{}$$

5. Détermination de la minéralisation nette de l'humus (Mh)

→ **Pour les départements de l'ex-région Auvergne :**

La valeur de Mh dépend en grande partie du taux de matière organique du sol. Pour déterminer la valeur de Mh, l'exploitant se réfère aux tableaux suivants :

Tableau de la valeur de minéralisation de la MO du sol (en kgN/ha)

	Maïs ou sorgho (reliquat hiver)		Maïs ou sorgho (reliquat avril)	
	Système avec résidus de récolte*		Système avec résidus de récolte*	
	Enfouis une fois sur deux et sans apport de MO	Régulièrement enlevés et avec apport de matière organique tous les 2 à 3 ans ou prairie dans la rotation	Enfouis une fois sur deux et sans apport de MO	Régulièrement enlevés et avec apport de matière organique tous les 2 à 3 ans ou prairie dans la rotation
Alluvions	55	60	45	55
Argilo-calcaire moyen à profond	60	65	45	60
Argilo-calcaire superficiel	35	40	30	40
Argilo-sableux	50	70	50	60
Limons sableux hydromorphes	40	45	35	40
Sableux	45	50	40	45
Terres noires	75	80	65	75
Granitique	35	45	30	40
Volcanique	60	65		

* Pour les systèmes sans résidus de récoltes : Mh=0

→ **Pour les départements de l'ex-région Rhône-Alpes:**

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 (en kgN/ha)
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 ou sables 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 RA

Mh =

6. Calcul de la minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp)

Les valeurs du poste Mhp représentent le supplément de minéralisation pour la période d'établissement du bilan azoté prévisionnel de chaque culture, selon la saison du retournement et l'âge de la prairie au moment du retournement.

Tableau des valeurs retenues pour estimer le terme Mhp (en kg N/ha)

	Age de la prairie				
	< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
<i>Pour une destruction de printemps</i>					
1 ^{ère} culture après le retournement	20	60	100	120	140
2 ^{ème} culture après le retournement	0	0	25	35	40
<i>Pour une destruction d'automne</i>					
1 ^{ère} culture après retournement	10	30	50	60	70

Pour calculer le poste Mhp, il faut multiplier la valeur de Mhp lue dans le tableau ci-dessus par le coefficient correcteur correspondant au mode d'exploitation de la prairie du tableau ci-dessous.

Tableau des coefficients correcteurs pour la prise en compte du mode d'exploitation dans le calcul de Mhp

	Effet du mode d'exploitation	
	Graminées pures	Association graminées - légumineuses
Patûre intégrale	1,0	1,0
Fauche + patûre	0,7	1,0
Fauche intégrale	0,4	1,0

Minéralisation nette due à un retournement de prairies = Mhp =

7. Détermination de la minéralisation des résidus de récolte d'un précédent (Mr)

Tableaux des valeurs retenues pour estimer le terme Mr

→ **Pour les départements de l'ex-région Auvergne**

Précédent	Effet du précédent sur la minéralisation (en u/ha)
Céréales pailles enfouies, maïs grain ou semence irrigué	- 20
Maïs grain ou semence en sec, ray grass dérobé, sorgho grain, tournesol	-10
Céréales pailles enlevées, maïs fourrage, méteil céréales dominantes, prairie**, sorgho fourrage, autre culture	0
Méteil protéagineux dominants	10
Jachère de crucifères, jachère de graminées	15
Betterave, colza, luzerne ou trèfle : retournement + 2 ans*, pois, soja, haricot, pomme de terre	20
Féverole, lupin, jachère de légumineuses	30
Luzerne ou trèfle : retournement + 1 an*	40
Luzerne : retournement de moins d'un an*	70

* : les luzernières et les cultures de trèfle ne sont pas considérées comme des prairies. Leur effet est à prendre en compte via le tableau ci-dessus. L'effet retournement est pris en compte les deux années suivant le retournement.

** : valeur qui tient compte du tableau pour estimer Mhp

→ **Pour les départements de l'ex-région Rhône-Alpes:**

Type de précédent	Mr
Blé pailles enfouies	- 10
Colza, pomme de terre, betterave	+ 10
Luzerne retournement + 1 an	+ 30
Luzerne retournement + 2 ans, féverole	+ 20
Luzerne : retournement de moins d'un an	+ 70
Autres légumineuses	+ 10
Autres	0

Source : Azobil, INRA, COMIFER

Minéralisation des résidus de récolte d'un précédent = Mr =

8. Détermination de la minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCI)

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

Tableau des valeurs de minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (en kgN/ha)

	Production de la CI (tMS/ha)	Ouverture du bilan en sortie hiver		Ouverture du bilan en avril*	
		Destruction nov/déc	Destruction > janv	Destruction nov/déc	Destruction > janv
CRUCIFÈRES (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		20		10
	2 (>1 et <3)		30		20
	≥ 3		40		30
HYDROPHYLLACEES (Phacélie)	≤ 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	≥ 3	10	15	5	10
MÉLANGE GRAMINÉES - LÉGUMINEUSES	≤ 1	5	13	3	5
	2 (>1 et <3)	13	20	5	13
	≥ 3	20	28	13	20
MÉLANGE 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 les cultures d'été (maïs, pomme de terre)

** : destruction possible à partir du 1^{er} mars dans les zones vulnérables d'Auvergne-Rhône-Alpes (PAR AuRA)

Source : brochure « cultures intermédiaires – Impacts et conduite », ARVALIS/CETIOM/ITB/ITL, août 2011 (chapitre 17)

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire = MrCI =

9. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,
- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\text{Nirr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

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

10. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (Xpro)

$X_{pro} = \text{quantité PRO épandue (t MB/ha ou m}^3 \text{ MB/ha)} \times \text{teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m}^3 \text{ MB)} \times \text{Kéq}$

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définis dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence Kéq sont définis en annexe 19.

$X_{pro} = \text{teneur} \times \text{Kéq} \times \text{quantité épandue} =$

11. Détermination du supplément de minéralisation liés aux apports d'engrais organiques (Mpro)

→ Pour les départements de l'ex-région Rhône-Alpes:

En cas d'apport d'engrais organique sur les campagnes antérieures, ajouter les valeurs du tableau suivant selon les pratiques réalisées :

Type d'effluents	Doses épandues	Apports tous les 2 ans (en kgN/ha)	Apports tous les 3 ans (en kgN/ha)		Apports occasionnels (max tous les 4 ans) (en kgN/ha)	
			Apports sur le précédent	Pas d'apport sur le précédent	Apports sur le précédent	Pas d'apport sur le précédent
Fumier d'herbivore, de porcs, de lapins	35 t/ha à 6u/t soit 210 u N total	25	15	10	10	0
Fumier et fientes de volailles	10 t/ha à 25 u/t soit 250 u N total	30	25	0	20	0
Lisiers dilués, purins	35 m ³ à 2 u/m ³ soit 70 u N total	5	5	0	5	0
Lisier de bovins, porcs, volailles, lapins	35 m ³ /ha à 4 u/m ³ soit 140 u N total	10	10	0	10	0

Source : Réglette azote ITCF « Choisir 2006 », modifiée

Ces valeurs correspondent à des pratiques régulières sur la parcelle. Pour un fertilisant donné, si la dose d'azote total appliquée est différente de celle proposée en début de ligne, il suffit de faire une règle de 3.

Rappel : en cas d'apports de matière organique différente d'une année sur l'autre, par exemple en alternance un lisier de bovins (année N) et un fumier de bovins (année N + 1), faire la moyenne des deux lignes Mpro du tableau correspondant à la fréquence d'apport adaptée.

Les valeurs sont exprimées en azote efficace (voir annexe 19 pour définir la correspondance entre azote efficace et azote total)

Mpro =

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

Rappel de l'équation retenue :

→ Pour les départements de l'ex-région Auvergne :

$$X = Pf + Rf - (Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCI + Nirr + Xpro)$$

→ Pour les départements de l'ex-région Rhône-Alpes:

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

ANNEXE 4 : COLZA

Le bilan prévisionnel est calculé grâce à la formule suivante :

$$X = [(1/CAU)((b \times y) - (P_i + N_p))] - (M_{ha} + X_{pro} + F_{leg} + F_{ass})$$

où :

X : apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

CAU : coefficient apparent d'utilisation

b : besoin unitaire en kgN absorbé à la fermeture du bilan / q de graines produites (/ha)

y : objectif de rendement (q/ha)

P_i : quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (kgN/ha)

N_p (=P₀) : fourniture d'azote par le sol pendant la période d'ouverture du bilan (kgN/ha)

M_{ha} : supplément de fourniture d'azote lié à l'historique d'apport de PRO (kgN/ha)

X_{pro} : pour un PRO apporté durant la campagne, azote disponible pour la culture sous forme minérale durant tout son cycle de développement

F_{leg} : supplément de fourniture d'azote lié à une culture précédente pois protéagineux (kgN/ha)

F_{ass} : supplément de fourniture d'azote lié à des cultures compagnes (kgN/ha)

1. CAU

CAU = 0,8

2. Calcul des besoins de la culture (b x y)

b : Besoin d'azote par unité de production

b = 7 kg N/q de graines produites

y : objectif de rendement

Voir annexe 20

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

Remarque : Plafonnement de b x y : si b x y > 330, alors b x y = 330

3. Calcul de la quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (P_i)

MV : poids de matière verte aérienne (kg/m²)

EH : entrée hiver ; SH : sortie hiver

Coeff : coefficient de conversion de la biomasse verte aérienne (kg/m²) en quantité d'azote absorbé (kgN/ha)

Coeff EH = 50 ; Coeff SH = 65

- **Si disponibilité de MV EH et MV SH :**

Si MV SH x coeff SH ≥ MV EH x coeff EH, alors P_i = MV SH x coeff SH

Sinon P_i = Nabs SH + 1/2(Nabs EH – Nabs SH)/1,35) avec Nabs = MV x coeff

- **Si MV EH pas disponible, alors P_i = MV SH x coeff SH**

- **Si MV SH pas disponible, le calcul de P_i est impossible.**

P_i =

4. Détermination de la fourniture d'azote par le sol pendant la période d'ouverture du bilan (Np)

Sol superficiel : Np = 40 kgN/ha

Sol profond : Np = 60 kgN/ha

Pour déterminer si le sol est profond ou superficiel, voir le tableau des rendements, annexe 20, colonne « catégorie profondeur ».

Np =

5. Détermination du supplément de fourniture d'azote lié à l'historique d'apport de PRO (Mha)

Tableau des valeurs de Mha (en kgN/ha)

<i>Produits Résiduaire Organiques</i>	Tous les ans	2 années sur 3	Tous les 2 ans	Tous les 3 ans et plus
<i>Fumier de bovins</i>	30	20	15	5
<i>Fumier de volailles</i>	15	10	5	5
<i>Fumier de porcs</i>	20	15	5	0
<i>Fumier de cheval</i>	40	25	20	10
<i>Fumier d'ovins</i>	35	20	15	10
<i>Lisier de porcs</i>	20	15	10	5
<i>Lisier de bovins</i>	25	15	10	5
<i>Lisier de bovins dilué</i>	10	5	5	0
<i>Lisier, fientes de volailles (≤ 60 % MS)</i>	10	5	5	0
<i>Fientes de volailles sèches (80 % MS)</i>	20	10	10	0
<i>Boues urbaines liquides et pâteuses (≤ 20 % MS)</i>	15	15	10	5
<i>Boues urbaines séchées (90 % MS)</i>	100	60	50	25
<i>Compost de déchets verts</i>	30	20	15	10
<i>Compost de fumier de bovins, boues de STEP + déchets verts</i>	30	20	15	5
<i>Compost de fumier de volailles</i>	25	15	10	10
<i>Vinasse de betterave concentrée</i>	0	0	0	0
<i>Écumes de sucrerie surpressées</i>	5	5	5	0

Mha =

6. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (X_{pro})

X_{pro} = quantité PRO épandue (t MB/ha ou m³ MB/ha) x teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m³ MB) x $K_{éq}$

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définies dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence $K_{éq}$ sont définis en annexe 19.

$$X_{pro} = \text{teneur} \times K_{éq} \times \text{quantité épandue} = \boxed{}$$

7. Calcul des suppléments de fournitures d'azote lié aux cultures précédentes ou compagnes

- Fleg :

Si précédent pois protéagineux alors Fleg = 25 kgN/ha,

Sinon Fleg = 0 kgN/ha

- Fass :

Si colza associé à un couvert de légumineuses gélif alors Fass = 30 kgN/ha

Sinon Fass = 0 kgN/ha

$$Fleg + Fass = \boxed{}$$

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

Rappel de l'équation retenue :

$$X = [(1/CAU)((b \times y) - (P_i + N_p))] - (M_{ha} + X_{pro} + Fleg + Fass)$$

ANNEXE 5 : TOURNESOL

En l'absence d'utilisation d'un outil de pilotage de type Héliotest, la dose d'azote apportée ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule ci-dessous :

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

où :

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

Nirr : azote apporté par l'eau d'irrigation

Xpro : pour un PRO apporté durant la campagne, azote disponible pour la culture sous forme minérale durant tout son cycle de développement

1. Dose plafond

En l'absence d'utilisation d'outils de pilotage de type Héliotest, la dose plafond est de 80 kg d'azote efficace par hectare.

2. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (X_{pro})

$$X_{\text{pro}} = \text{quantité PRO épandue (t MB/ha ou m}^3 \text{ MB/ha)} \times \text{teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m}^3 \text{ MB)} \times \text{Kéq}$$

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définis dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence Kéq sont définis en annexe 19.

$$X_{\text{pro}} = \text{teneur} \times \text{Kéq} \times \text{quantité épandue} = \boxed{}$$

3. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,
- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\text{Nirr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

C : concentration en nitrates de l'eau d'irrigation (mg NO_3^-/L)

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

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

ANNEXE 6 : SEMENCE MAÏS

Le bilan prévisionnel est calculé grâce à la formule suivante :

$$X = [(Pf + Rf - (Ri^* + Mh(MS) + Mhp + Mr + MrCi + Nirr)) / CAU] - Xpro$$

où :

X : apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

CAU : coefficient apparent d'utilisation de l'engrais

Pf : quantité azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan

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

Ri : reliquat azoté à l'ouverture du bilan

Mh(MS) : minéralisation nette de l'humus du sol spécifique au maïs semence

Mhp : minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr : minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi : minéralisation des résidus de culture intermédiaire

Nirr : azote apporté par l'eau d'irrigation

Xpro : équivalent engrais minéral d'un produit organique

* Ri peut être obtenu de préférence par mesure, ou par défaut grâce à des tableaux de valeurs.

1. CAU

Pour des raisons liées aux stades d'apports sur la culture, l'azote apporté par les engrais azotés est utilisé à des proportions diverses. Cela conduit à diviser les besoins de la culture moins la fourniture d'azote par le sol par le CAU en fonction du stade des apports.

Date d'apport	Avant stade 4 feuilles du maïs	Après stade 4 feuilles	
		Rendement ≤ 30 q/ha	Rendement > 30 q/ha
CAU	0,6	0,7	0,8

2. Calcul des besoins de la culture (Pf)

Afin de prendre en compte la spécificité de la culture de maïs semence, il est retenu la formule de calcul suivante pour définir les besoins en azote :

$Pf = Pf \text{ femelles} / \text{coefficient d'occupation du sol par les variétés femelles}$

Avec :

- Pf : azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan

- Pf femelles : azote absorbé par les femelles à la fermeture du bilan en fonction du rendement de référence (Rr)

- Rr : rendement de référence de la variété produite (défini par l'établissement semencier et tel que figurant dans le contrat de multiplication signé entre le producteur et l'établissement semencier)

- Coefficient d'occupation du sol : coefficient d'occupation du sol des femelles

Tableau des quantités d'azote absorbé par les femelles en fonction du rendements

Objectif de rendement des rangs femelles, Rdt à 15 % H2O femelles (q/ha), Rr	Pf semences femelles (kgN/ha)
0-9	70
10-14	85
15-19	95
20-24	105
25-29	115
30-34	125
35-39	130
40-44	135
45-49	140
50-54	145
55-59	150
60-69	155
70 et au-dessus	165

Tableau des coefficients d'occupation du sol par les rangs femelles pour les principaux dispositifs de semis

Dispositif de semis	6 x 3	6 x 2	4 x 2 normal	4 x 2 réduit	4 x 3	2 x 1 x2 x 2 réduit	2 x 2	Inter planning	Semences de base
Coefficient	0,75	0,77	0,69	0,71	0,67	0,63	0,57	0,67	1

$$Pf = Pf \text{ femelles} / \text{coefficient d'occupation du sol par les variétés femelles} = \boxed{}$$

3. Détermination du reliquat d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan (Rf)

Le besoin de la culture tient aussi compte du fait qu'il reste de l'azote dans le sol à la récolte que les racines n'ont pas été capables d'extraire.

Tableau des valeurs de Rf en fonction des types de sols de la culture pour l'ex-région Auvergne

Type de sols (cf. tableau annexe 21)	Rf (kg/ha)
Alluvions	35
Argilo-calcaire moyen à profond	40
Argilo-calcaire superficiel	30
Argilo-sableux	35
Limons sableux hydromorphes	35
Sableux	35
Terres noires	50
Granitique	35
Volcanique	35

Source : Arvalis

Tableau des valeurs de Rf en fonction des types de sols de la culture pour l'ex-région Rhône-Alpes

Classification des sols	Type de sols (cf. tableau annexe 21)	Rf (kg/ha)
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 ou sables superficiels	20
G	Argilo-calcaire superficiels	25
H1	Alluvions organiques sains	50
H2	Marais humides	50

Source : Arvalis

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

4. Détermination du reliquat d'azote à l'ouverture du bilan (Ri)

→ **Pour les départements de l'ex-région Rhône-Alpes :**

Les valeurs de Ri sont déjà intégrées dans le Mh(MS), donc dans cette équation, Ri = 0.

→ **Pour les départements de l'ex-région Auvergne :**

En cas de mesure de reliquat réalisé sur la parcelle, les valeurs à prendre en compte sont les suivantes :

- cumul azote nitrique (NO₃⁻) exprimé en kg N/ha, mesuré sur l'ensemble des horizons prélevés,
- cumul azote ammoniacal (NH₄⁺) exprimé en kg N/ha, mesuré sur les 40 premiers cm (mesure 0-30 + 1/3 de la mesure 30-60 cm par exemple).

Rappel : Pour les reliquats d'azote minéral (N nitrique + N ammoniacal), l'analyse porte sur les trois premiers horizons (90 cm) ; cette profondeur sera réduite en cas d'obstacle à l'enracinement ou d'impossibilité de prélever plus profondément (sol caillouteux).

Cette mesure peut être utilisée pour les parcelles de l'exploitation qui sont dans une situation culturale comparable (nature et conduite du précédent, type de sol,...).

Lorsqu'une synthèse annuelle des Ri est publiée par un organisme reconnu, ces valeurs peuvent être utilisées en lieu et place des tableaux ci-dessous.

En l'absence de référence de valeur de reliquat azoté en sortie d'hiver, la valeur utilisée sera la moyenne des mesures réalisées dans des situations culturales comparables. Des données moyennes départementales apparaissent ci-après.

Tableau des valeurs du département du Puy-de-Dôme (en kgN/ha) :

<i>Précédent</i>												
Type de Sol	<i>Betterave sucrière</i>	<i>Céréales pailles enfouies</i>	<i>Céréales pailles enlevées</i>	<i>Colza</i>	<i>Tourne -sol</i>	<i>Maïs grain ou semence, sorgho</i>	<i>Maïs fourrage</i>	<i>Féverole, lupin</i>	<i>Luzerne, trèfle</i>	<i>Oignons, ail, échalotes, pommes de terre</i>	<i>Pois, soja, haricot, lentille</i>	<i>Moyenne sol</i>
Alluvions	45	45	41	50	30	40	55	60	65	-	50	43
Argilo-calcaire moyen à profond	60	70	75	65	50	65	80	70	90	80	60	68
Argilo-calcaire superficiel	60	60	65	65	50	55	70	60	80	80	60	62
Argilo-sableux	50	45	55	60	45	45	55	60	80	-	55	51
Limons sableux hydromorphes	30	35	35	30	25	30	35	60	65	-	50	37
Sableux	25	35	35	30	25	25	30	50	55	-	50	39
Terres noires	65	70	75	65	60	65	80	70	90	80	60	71
Granitique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40

REMARQUES : pour l'établissement du plan de fumure :

- Pour les parcelles conduites avec CIPAN à l'automne, le reliquat à prendre en compte doit être diminué de 20 kg/ha.
- Pour les précédents ne figurant pas dans le tableau, se référer à la valeur du reliquat moyen du type de sol (dernière colonne du tableau).
- Pour les parcelles ayant reçu un apport de fumier de ruminants à l'automne, le reliquat à prendre en compte doit être augmenté de 10 kgN / ha par rapport aux valeurs figurant dans ce tableau.

Tableau des valeurs moyennes du département de l'Allier (en kgN/ha) :

Type de Sol	<i>Précédent pois, luzerne, trèfle, PT, PN</i>	<i>Précédent sorgho, maïs, tournesol</i>	<i>Précédent colza, céréales, betterave</i>
Alluvions	55	50	55
Argilo-calcaire moyen à profond	90	75	90
Argilo-calcaire superficiel	70	65	70
Argilo-sableux	50	50	50
Limons sableux hydromorphes	50	50	50
Sableux	45	45	45
Terres noires	75	75	75
Granitique	50	45	50

Tableau des valeurs du département du Cantal (en kg N/ha)

Secteur	<i>Précédent céréales</i>	<i>Précédent prairie</i>	<i>Précédent maïs</i>
Allanche		30	
Montsalvy-Saint-Mamet	30	40	30
Vieillespese	40	30	

Tableau des valeurs du département de la Haute-Loire (en kg N/ha)

Type de sol	Précédent			
	Légumineuses, PT, PN	Maïs fourrage, sorgho fourrage	Céréales, colza	Tournesol
Alluvions	60	50	45	30
Argilo-calcaires superficiels	55	45	40	35
Sablo-limoneux	50	40	35	30
Granitique	40	35	30	
Volcanique	55	45	40	

$$R_i = \boxed{}$$

5. Détermination de la minéralisation nette de l'humus du sol spécifique au maïs semence (Mh(MS))

C'est une estimation prévisionnelle de la quantité d'azote provenant de la minéralisation de l'humus, qui sera disponible pour la culture pendant son développement après l'ouverture du bilan.

Mh Ms : minéralisation nette de l'humus corrigée par un coefficient du fait de la culture de maïs semences. Ce coefficient correcteur s'explique par le fait que le nombre de jours d'absorption d'azote par le maïs semences est plus faible que celui du maïs consommation.

Ce coefficient est calculé à partir de la comparaison des jours normalisés en maïs semences et en maïs consommation, sur une longue durée (20 ans), par type de sol et par stations météo disposant de données longue durée pour les zones de production de maïs semence en système irrigué.

→ Pour les départements de l'ex-région Auvergne :

Tableau de la valeur de minéralisation de la MO du sol propre au maïs semence (en kgN/ha)

Type de sols (cf. tableau annexe 21)	Système avec résidus de récolte*	
	Enfouis une fois sur deux et sans apport de MO	Régulièrement enlevés et avec apport de matière organique tous les 2 à 3 ans ou prairie dans la rotation
Alluvions	31	38
Argilo-calcaire moyen à profond	31	41
Argilo-calcaire superficiel	21	28
Argilo-sableux	35	41
Limons sableux hydromorphes	24	28
Sableux	28	31
Terres noires	45	52
Granitique	21	28
Volcanique		

* Pour les systèmes sans résidu de récolte : Mh=0

→ Pour les départements de l'ex-région Rhône-Alpes (en kgN/ha) :

Classification des sols	Type de sols (cf. tableau annexe 21)	Mh (MS)
A1	Limons sablo limoneux sains	56
A2	Limons argileux profonds et sains	63
B	Limons humides	53
B1	Limons drainés	63
C1	Argiles ou limons argileux profonds	70
C2	Argilo-calcaire profonds	63
D	Argiles humides	63
E1	Graviers profonds	49
E2	Sables profonds	35
F	Graviers ou sables superficiels	28
G	Argilo-calcaire superficiels	35
H1	Alluvions organiques sains	98
H2	Marais humides	60

Source arvalis, essais témoins zéro azote (1990-1995) adapté par le GREN RA

Mh (MS) =

6. Détermination de la minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp)

Les valeurs du poste Mhp représentent le supplément de minéralisation pour la période d'établissement du bilan azoté prévisionnel de chaque culture, selon la saison du retournement et l'âge de la prairie au moment du retournement.

Tableau des valeurs retenues pour estimer le terme Mhp (en kg N/ha)

	Age de la prairie				
	< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
<i>Pour une destruction de printemps</i>					
1 ^{ère} culture après le retournement	20	60	100	120	140
2 ^{ème} culture après le retournement	0	0	25	35	40
<i>Pour une destruction d'automne</i>					
1 ^{ère} culture après retournement	10	30	50	60	70

Pour calculer le poste Mhp, il faut multiplier la valeur de Mhp lue dans le tableau ci-dessus par le coefficient correcteur correspondant au mode d'exploitation de la prairie du tableau ci-dessous.

Tableau des coefficients correcteurs pour la prise en compte du mode d'exploitation dans le calcul de Mhp

	Effet du mode d'exploitation	
	Graminées pures	Association graminées - légumineuses
Patûre intégrale	1,0	1,0
Fauche + patûre	0,7	1,0
Fauche intégrale	0,4	1,0

Minéralisation nette due à un retournement de prairies = Mhp =

7. Détermination de la minéralisation nette des résidus de récolte (Mr)

Tableaux des valeurs retenues pour estimer le terme Mr

Précédent	Effet du précédent sur la minéralisation (en u/ha)
Céréales pailles enfouies	-10
Céréales pailles enlevées, maïs fourrage, maïs grain ou semence, oignons, ail ,échalote, prairie**, ray grass dérobé, sarrasin, sorgho fourrage, sorgho grain, tabac, tournesol, autre culture	0
Betterave, colza, pois, soja, haricot, pomme de terre, autres légumineuses	10
Féverole, luzerne ou trèfle : retournement de + 2 ans*	20
Luzerne ou trèfle : retournement + 1 an*	30
Luzerne : retournement de moins d'un an	70

* : les luzernières et les cultures de trèfle ne sont pas considérées comme des prairies. Leur effet est à prendre en compte via le tableau ci-dessus. L'effet retournement est pris en compte les deux années suivant le retournement.

** : valeur qui tient compte du tableau pour estimer Mhp

Minéralisation nette des résidus de récolte d'un précédent = Mr =

8. Détermination de la minéralisation des résidus de culture intermédiaire (MrCi)

Tableau des valeurs de minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (en kgN/ha)

	Production de la CI (tMS/ha)	Ouverture du bilan en sortie hiver		Ouverture du bilan en avril*	
		Destruction nov/déc	Destruction > janv	Destruction nov/déc	Destruction > janv
CRUCIFÈRES (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		20		10
	2 (>1 et <3)		30		20
	≥ 3		40		30
HYDROPHYLLACEES (Phacélie)	≤ 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	≥ 3	10	15	5	10
MÉLANGE GRAMINÉES - LÉGUMINEUSES	≤ 1	5	13	3	5
	2 (>1 et <3)	13	20	5	13
	≥ 3	20	28	13	20
MÉLANGE 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 les cultures d'été (maïs, pomme de terre)

** : destruction possible à partir du 1^{er} mars dans les zones vulnérables d'Auvergne-Rhône-Alpes (PAR AuRA)

Source : brochure « cultures intermédiaires – Impacts et conduite », ARVALIS/CETIOM/ITB/ITL, août 2011 (chapitre 17)

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire = MrCI =

10. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation

- La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :
- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,
 - dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\text{Nirr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

$$\text{Azote apporté par l'eau d'irrigation} = \text{Nirr} = \boxed{}$$

11. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (X_{pro})

X_{pro} = quantité PRO épanchée (t MB/ha ou m³ MB/ha) x teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m³ MB) x Kéq

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définies dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence Kéq sont définis en annexe 19.

$$\text{X}_{\text{pro}} = \text{teneur} \times \text{Kéq} \times \text{quantité épanchée} = \boxed{}$$

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

Rappel de l'équation retenue :

$$X = [(Pf + Rf - (Ri^* + Mh(MS) + Mhp + Mr + MrCi + Nirr)) / CAU] - X_{\text{pro}}$$

ANNEXE 7 : SEMENCES COLZA ET TOURNESOL

La dose d'azote apportée ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule ci-dessous :

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

où :

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

N_{irr} : azote apporté par l'eau d'irrigation

X_{pro} : pour un PRO apporté durant la campagne, azote disponible pour la culture sous forme minérale durant tout son cycle de développement

1. Détermination de la dose plafond

Tableau des doses plafonds par espèce :

Espèces	Dose plafond (en kg N eff / ha)
Colza	200
Tournesol	120

2. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (X_{pro})

$X_{\text{pro}} = \text{quantité PRO épandue (t MB/ha ou m}^3 \text{ MB/ha)} \times \text{teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m}^3 \text{ MB)} \times \text{Kéq}$

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définis dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence Kéq sont définis en annexe 19.

$$X_{\text{pro}} = \text{teneur} \times \text{Kéq} \times \text{quantité épandue} = \boxed{}$$

3. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,
- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\text{Nirr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

<i>Irrigation (en mm)</i>	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

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

ANNEXE 8 : PRAIRIES

La grille pour la fertilisation azotée des prairies ci-dessous a été établie à partir de l'application de la méthode des bilans au système prairial de la région.

Grille des plafonds pour les prairies (a)

Utilisation de la prairie	Production annuelle de la prairie	Plafonds annuels en kg N/ha (b)	
		Apports réguliers de matière organique (tous les ans ou les 2 ans)	Apports occasionnels de matière organique (tous les 3 ans ou plus) (4)
Pâturage seule	< 5 tMS	30	50
	5 à 5,9 tMS	60	80
	6 à 6,9 tMS	100	120
	7 tMS et +	130	150
Fauque tardive (1) + pâturage	< 5 tMS	10	30
	5 à 5,9 tMS	30	50
	6 à 6,9 tMS	50	70
	7 tMS et +	70	90
Fauque tardive (1) + regain + pâturage	< 5 tMS	20	40
	5 à 5,9 tMS	40	60
	6 à 6,9 tMS	60	80
	7 tMS et +	80	100
Fauque précoce (2) + pâturage	< 6 tMS	60	80
	6 à 6,9 tMS	80	100
	7 tMS et +	100	120
Fauque précoce (2) + regain + pâturage	< 7 tMS	80	120
	7 à 7,9 tMS	100	140
	8 tMS et +	120	160
Fauque très précoce (3) + pâturage	< 7 tMS	90	110
	7 à 7,9 tMS	110	130
	8 tMS et +	140	160
Fauque très précoce (3) + regain + pâturage	< 8 tMS	110	130
	8 à 8,9 tMS	140	160
	9 tMS et +	170	190
au-delà de 2 coupes		30 unités par coupe	

(1) Fauque tardive = Fauque réalisée au stade début floraison / floraison des graminées, sous forme de foin

(2) Fauque précoce = Fauque réalisée au stade début épiaison / épiaison des graminées, sous forme d'ensilage, d'enrubannage ou foin ventilé

(3) Fauque très précoce = Fauque réalisée juste avant le stade début épiaison des graminées, sous forme d'ensilage

(4) Les effluents moyennement dilués, très dilués et les purins sont considérés comme apport occasionnel de matière organique, quelque soit leur fréquence, étant donné la faible concentration en nitrates de ces effluents dilués.

(a) Cette grille est adaptée pour toutes les prairies permanentes ou temporaires à dominante graminées. Dans le cas de prairies riches en légumineuses (volume d'occupation des légumineuses > 40 %), la dose d'azote à apporter sera divisée par 2.

(b) Ces plafonds tiennent compte des restitutions au pâturage. Il ne s'agit pas d'azote total, mais d'azote minéral apporté par les engrais, ou de l'azote efficace apporté par les apports organiques.

■ Les valeurs ont été évaluées à partir des références techniques existantes. En raison de la faiblesse des valeurs surlignées en jaune, l'apport peut être techniquement impossible, dans ce cas la dose est de 30 unités d'azote efficace.

Définitions :

Le qualificatif « moyennement dilué » prend en compte les eaux de salle de traite (blanche), l'eau de lavage du quai de traite et de l'aire d'attente (verte) ou l'eau de pluie qui tombe sur des aires d'exercice non couvertes de faible surface (brune).

Le qualificatif « très dilué » prend en compte les eaux de salle de traite (blanche), l'eau de lavage du quai de traite et de l'aire d'attente (verte) et l'eau de pluie qui tombent sur des aires d'exercice non couvertes de faible surface (brune).

ANNEXE 9 : CULTURES FOURRAGÈRES

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 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 :

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

où :

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

Nirr : azote apporté par l'eau d'irrigation

Xpro : pour un PRO apporté durant la campagne, azote disponible pour la culture sous forme minérale durant tout son cycle de développement

1. Détermination de la dose plafond

Cas 1 : Luzerne : la dose plafond est de 50 kg N efficace/ha.

Cas 2 : Culture fourragère cultivée comme culture principale

Espèces cultivées	Dose plafond d'azote (kg N efficace / ha)
Méteil : mélange de céréales à paille seules récolté en vert	150
Méteil mélange de céréales à paille et légumineuses	130
Sorgho fourrager	Cf annexe « maïs et sorgho »

Espèces cultivées pures ou en association avec légumineuse(s)	Dose plafond d'azote (kg N efficace / ha)			
	% de couvert de légumineuses			
	Inférieur à 20 %	Entre 20 % et 50 %	Entre 50 % et 80 %	Supérieur à 80 %
Moha	100	70	50	0
Avoine fourragère – vesce commune (ou trèfle)	100	70	50	0
Graminées (RGI, RG hybride, dactyle, ...) de moins de 2 ans	Cf annexe « Prairies », se reporter à la ligne correspondant au mode d'exploitation et au rendement objectif en fourrage			

Cas 3 : Culture fourragère cultivée comme culture dérobée

Espèces cultivées	Dose plafond d'azote (kg N efficace / ha)
Millet perlé fourrager	80
Colza fourrager	80

Espèces cultivées pures ou en association avec légumineuse(s)	Dose plafond d'azote (kg N disponible / ha)			
	% de couvert de légumineuses			
	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
Graminées (RGI, RG hybride, céréales en vert*...) sans exploitation d'automne	160	130	110	0
Graminées (RGI, RG hybride, céréales en vert*...) avec exploitation d'automne	180	150	130	0

* hors méteil, dans ce cas se reporter à la ligne correspondante

Lorsqu'une culture fourragère est cultivée en dérobée, il est rappelé que des dates d'interdiction d'épandage spécifiques s'appliquent. Se référer au PAN et au PAR en vigueur.

Un apport à l'implantation de la culture dérobée est autorisé sous réserve de calcul de la dose prévisionnelle dans les conditions fixées aux III et IV de l'annexe de l'arrêté ministériel du 19 décembre 2011¹. Les îlots culturaux concernés font ainsi l'objet de deux plans de fumure séparés : l'un pour la culture dérobée et l'autre pour la culture principale. Les apports réalisés sur la dérobée sont enregistrés dans le cahier d'enregistrement de la culture principale

1 : arrêté ministériel du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole

Dose plafond =

2. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (X_{pro})

$$X_{pro} = \text{quantité PRO épandue (t MB/ha ou m}^3 \text{ MB/ha)} \times \text{teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m}^3 \text{ MB)} \times \text{Kéq}$$

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définies dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence Kéq sont définis en annexe 19.

X_{pro} = teneur x Kéq x quantité épandue =

3. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,
- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par l'agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\text{Nirr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

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

ANNEXE 10 : BETTERAVE SUCRIÈRE

Le bilan prévisionnel est calculé grâce à la formule suivante :

$$X = Pf + Rf - (Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCI + Nirr + Xpro)$$

où :

X : apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

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

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

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

Mh : minéralisation nette de l'humus du sol

Mhp : minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr : minéralisation nette des résidus de récolte

MrCI : minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire

Nirr : azote apporté par l'eau d'irrigation

Xpro : équivalent engrais minéral pour les engrais organiques

1. Détermination des besoins de la culture (Pf)

Pour les betteraves sucrières, Pf = 220 kgN/ha

2. Détermination de la quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan (Rf)

Tableau des valeurs retenues pour estimer le terme Rf

Type de sols (cf. tableau annexe 21)	Reliquat post-récolte en kgN/ha
Alluvions	35
Argilo-calcaire moyen à profond	40
Argilo-calcaire superficiel	30
Argilo-sableux	35
Limons sableux hydromorphes	35
Sableux	35
Terres noires	50
Granitique	35
Volcanique	35

Rf =

3. Détermination de la quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

En cas de mesure de reliquat réalisé sur la parcelle, les valeurs à prendre en compte sont les suivantes :

- cumul azote nitrique (NO₃⁻) exprimé en kg N/ha, mesuré sur l'ensemble des horizons prélevés,
- cumul azote ammoniacal (NH₄⁺) exprimé en kg N/ha, mesuré sur les 40 premiers cm (mesure 0-30 + 1/3 de la mesure 30-60 cm par exemple).

Rappel : Pour les reliquats d'azote minéral (N nitrique + N ammoniacal), l'analyse porte sur les trois premiers horizons (90 cm) ; cette profondeur sera réduite en cas d'obstacle à l'enracinement ou d'impossibilité de prélever plus profondément (sol caillouteux).

Cette mesure peut être utilisée pour les parcelles de l'exploitation qui sont dans une situation culturale comparable (nature et conduite du précédent, type de sol,...).

Lorsqu'une synthèse annuelle des Ri est publiée par un organisme reconnu, ces valeurs peuvent être utilisées en lieu et place des tableaux ci-dessous.

En l'absence de référence de valeur de reliquat azoté en sortie d'hiver, la valeur utilisée sera la moyenne des mesures réalisées dans des situations culturales comparables. Des données moyennes départementales apparaissent ci-après :

Tableau des valeurs du département du Puy-de-Dôme (en kgN/ha) :

<i>Précédent</i>												
Type de Sol	<i>Betterave sucrière</i>	<i>Céréales pailles enfouies</i>	<i>Céréales pailles enlevées</i>	<i>Colza</i>	<i>Tourne -sol</i>	<i>Maïs grain ou semence, sorgho</i>	<i>Maïs fourrage</i>	<i>Féverole, lupin</i>	<i>Luzerne, trèfle</i>	<i>Oignons, ail, échalotes, pommes de terre</i>	<i>Pois, soja, haricot, lentille</i>	<i>Moyenne sol</i>
Alluvions	45	45	41	50	30	40	55	60	65	-	50	43
Argilo-calcaire moyen à profond	60	70	75	65	50	65	80	70	90	80	60	68
Argilo-calcaire superficiel	60	60	65	65	50	55	70	60	80	80	60	62
Argilo-sableux	50	45	55	60	45	45	55	60	80	-	55	51
Limons sableux hydromorphes	30	35	35	30	25	30	35	60	65	-	50	37
Sableux	25	35	35	30	25	25	30	50	55	-	50	39
Terres noires	65	70	75	65	60	65	80	70	90	80	60	71
Granitique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40

REMARQUES : pour l'établissement du plan de fumure :

- Pour les parcelles conduites avec CIPAN à l'automne, le reliquat à prendre en compte doit être diminué de 20 kg/ha.
- Pour les précédents ne figurant pas dans le tableau, se référer à la valeur du reliquat moyen du type de sol (dernière colonne du tableau).
- Pour les parcelles ayant reçu un apport de fumier de ruminants à l'automne, le reliquat à prendre en compte doit être augmenté de 10 kgN / ha par rapport aux valeurs figurant dans ce tableau.

Tableau des valeurs du département de l'Allier (reliquats moyens en kgN/ha) :

Type de Sol	<i>Précédent pois, luzerne, trèfle, PT, PN</i>	<i>Précédent sorgho, maïs, tournesol</i>	<i>Précédent colza, céréales, betterave</i>
Alluvions	55	50	55
Argilo-calcaire moyen à profond	90	75	90
Argilo-calcaire superficiel	70	65	70
Argilo-sableux	50	50	50
Limons sableux hydromorphes	50	50	50
Sableux	45	45	45
Terres noires	75	75	75
Granitique	50	45	50

Tableau des valeurs du département de la Haute-Loire (en kg N/ha) :

Type de sol	<i>Précédent</i>			
	<i>Légumineuses, PT, PN</i>	<i>Maïs fourrage, sorgho fourrage</i>	<i>Céréales, colza</i>	<i>Tournesol</i>
Alluvions	60	50	45	30
Argilo-calcaires superficiels	55	45	40	35
Sablo-limoneux	50	40	35	30
Granitique	40	35	30	
Volcanique	55	45	40	

Tableau des valeurs du département du Cantal (en kg N/ha) :

Secteur	<i>Précédent céréales</i>	<i>Précédent prairie</i>	<i>Précédent maïs</i>
Allanche		30	
Montsalvy-Saint-Mamet	30	40	30
Vieillespesse	40	30	

$$R_i = \boxed{}$$

4. Détermination de la minéralisation nette de l'humus du sol (Mh)

La valeur de Mh dépend en grande partie du taux de matière organique du sol. Pour déterminer la valeur de Mh, l'exploitant se réfère aux tableaux suivants :

Tableau de valeur de minéralisation de la MO du sol (en kgN/ha)

	Système avec résidus de récolte	
	Enfouis une fois sur deux et sans apport de MO	Régulièrement enlevés et avec apport de matière organique tous les 2 à 3 ans ou prairie dans la rotation
Alluvions	70	80
Argilo-calcaire moyen à profond	70	80
Argilo-calcaire superficiel	40	55
Argilo-sableux	60	90
Limons sableux hydromorphes	50	60
Sableux	55	65
Terres noires	90	100

Mh =

5. Calcul de la minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp)

Les valeurs du poste Mhp représentent le supplément de minéralisation pour la période d'établissement du bilan azoté prévisionnel de chaque culture, selon la saison du retournement et l'âge de la prairie au moment du retournement.

Tableau des valeurs retenues pour estimer le terme Mhp (en kg N/ha)

	Age de la prairie				
	< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
<i>Pour une destruction de printemps</i>					
1 ^{ère} culture après le retournement	20	60	100	120	140
2 ^{ème} culture après le retournement	0	0	25	35	40
<i>Pour une destruction d'automne</i>					
1 ^{ère} culture après retournement	10	30	50	60	70

Pour calculer le poste Mhp, il faut multiplier la valeur de Mhp lue dans le tableau ci-dessus par le coefficient correcteur correspondant au mode d'exploitation de la prairie du tableau ci-dessous.

Tableau des coefficients correcteurs pour la prise en compte du mode d'exploitation dans le calcul de Mhp

	Effet du mode d'exploitation	
	Graminées pures	Association graminées - légumineuses
Patûre intégrale	1,0	1,0
Fauche + patûre	0,7	1,0
Fauche intégrale	0,4	1,0

Minéralisation nette due à un retournement de prairies = Mhp =

6. Détermination de la minéralisation nette des résidus de récolte (Mr)

Tableau des valeurs retenues pour estimer le terme Mr

Précédent	Effet du précédent sur la minéralisation (u/ha)
Céréales pailles enfouies, maïs grain ou semence irrigué	- 20
Maïs grain ou semence en sec, ray grass dérobé, sorgho grain, tournesol	-10
Céréales pailles enlevées, maïs fourrage, méteil céréales dominantes, prairie**, sorgho fourrage, autre culture	0
Méteil protéagineux dominants	10
Jachère de crucifère, jachère de graminées	15
Betterave, colza, luzerne ou trèfle : retournement + 2 ans*, pois, soja, haricot, pomme de terre	20
Féverole, lupin, jachère de légumineuses	30
Luzerne ou trèfle : retournement + 1 an*	40

* : les luzernières ne sont pas considérées comme des prairies. Leur effet est à prendre en compte via le tableau ci-dessus. L'effet retournement est pris en compte les deux années suivant le retournement.

** : valeur qui tient compte du tableau pour estimer Mhp

Minéralisation nette des résidus de récolte = Mr =

7. Détermination de la minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCI)

Tableau des valeurs de minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (en kgN/ha)

	Production de la CI (tMS/ha)	Ouverture du bilan en sortie hiver	
		Destruction nov/déc	Destruction > janv
CRUCIFÈRES (moutarde, radis,...)	≤ 1	5	10
	2 (>1 et <3)	10	15
	≥ 3	15	20
GRAMINÉES DE TYPE SEIGLE, AVOINE,...	≤ 1	0	5
	2 (>1 et <3)	5	10
	≥ 3	10	15
GRAMINÉES DE TYPE RAY-GRASS	≤ 1	5	10
	2 (>1 et <3)	10	15
	≥ 3	15	20
LÉGUMINEUSES**	≤ 1		20
	2 (>1 et <3)		30
	≥ 3		40
HYDROPHYLLACEES (Phacélie)	≤ 1	0	5
	2 (>1 et <3)	5	10
	≥ 3	10	15
MÉLANGE GRAMINÉES - LÉGUMINEUSES	≤ 1	5	13
	2 (>1 et <3)	13	20
	≥ 3	20	28
MÉLANGE CRUCIFÈRES - LÉGUMINEUSES	≤ 1	8	15
	2 (>1 et <3)	15	23
	≥ 3	23	30

** : destruction possible à partir du 1^{er} mars dans les zones vulnérables d'Auvergne-Rhône-Alpes (PAR AuRA)

Source : brochure « cultures intermédiaires – Impacts et conduite », ARVALIS/CETIOM/ITB/ITL, août 2011 (chapitre 17)

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire = MrCI =

8. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,
- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser

une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\text{Nirr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

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

9. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (Xpro)

Xpro = quantité PRO épanchée (t MB/ha ou m³ MB/ha) x teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m³ MB) x Kéq

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définies dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence Kéq sont définis en annexe 19.

Xpro = teneur x Kéq x quantité épanchée =

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

Rappel de l'équation retenue :

$$X = Pf + Rf - (Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCI + Nirr + Xpro)$$

ANNEXE 11 : ARBRES FRUITIERS ET VIGNES

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. Elles 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 et 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 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. Détermination de l'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
	Noisettes	2
	Noix	2
Baies	Actinidia (Kiwi)	15
	Cassis et myrtilles	4
	Framboises	7

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

2. Calcul de la dose plafond

La dose plafond se calcule de la manière suivante :

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

	Besoins des parties végétatives en kg N eff/ ha (Dose plafond végétative)					Besoins des fruits en kg Neff/t fruits (Dose plafond fruits)
	1 ^{re} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	4 ^{ème} année	≥ 5 ^{ème} année	
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..)	Dose plafond totale = 120					
Vigne	Dose plafond totale = 60					
Autres arbres fruitiers	Dose plafond totale = 150					

Pour le **noyer**, la dose plafond se calcule selon le tableau suivant :

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 unités/ha + 20 unités/t de noix sèches	100 unités/ha + 30 unités/t de noix sèches
5 ans	70 unités/ha		120 unités/ha + 30 unités/t de noix sèches
6 ans	80 unités/ha		
7 ans et plus	80 unités/ha + 20 unités/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** avec fertilisation en plein, il est possible de réaliser un apport complémentaire avant débourrement, pour l'herbe uniquement, de **20 unités**.

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

Dose plafond =

3. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,
- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\text{Nirr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

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

4. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (Xpro)

X_{pro} = quantité PRO épandue (t/ha ou m³ MB/ha) x teneur N PRO (kg/t MB ou kg m³/t) x Kéq

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définis dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence Kéq sont définis en annexe 19.

X_{pro} = teneur x Kéq x quantité épandue =

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 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.

→ Pour les noyers :

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 12 : LÉGUMES

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 pas le présent arrêté.

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 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 :

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

où :

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

Nirr : azote apporté par l'eau d'irrigation

Xpro : pour un PRO apporté durant la campagne, azote disponible pour la culture sous forme minérale durant tout son cycle de développement

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	Choux dégradés
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 en automne	Poireau feuilles laissées au champ	
Chou pommé (fort taux de récolte)	Chou non dégradé	
Drageon		
Poireau feuilles exportées		
Betterave		

En cas d'apport régulier de matière organique pour une culture d'été et/ou d'automne (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. Détermination de la dose plafond

Dans le cas de parcelles à monoculture maraîchère :

Cultures	Rendement brut indicatif en t/ha	Doses plafonds (en kg N efficace / ha)		
		Antécédent cultural pauvre	Antécédent cultural moyen	Antécédent cultural riche
Ail	8-14	170	150	130
Artichaut		130	100	80
Artichaut 2ème année		130		
Artichaut 3ème année		150		
Aubergine	60	NC	200	150
Asperge 1ère pousse		130		
Asperge 2ème pousse		180		
Asperge 3ème pousse		180		
Bette et cardé	80-100	250	220	190
Betterave potagère (rouge)	50-90	230	180	150
Brocolis		180	160	130
Cardons	100	250	220	190
Carotte	50-80	160	130	100
Carotte Industrie	70-120	NC	210	180
Céleri-branche	70-100	NC	300	270
Céleri-rave	60-90	NC	250	220
Chou blanc, vert rouge, autres	45-55	260	230	200
Chou-fleur	35-40	260	230	200
Courgette et courge	40-70	210	180	150
Echalote		170	150	130
Epinard	12-15	170	150	130
Fraise de saison type Elsanta	30	115		
Fraise précoce type Gariguet	30	180		
Fraise remontante type Selva	55	250		
Melon	30-50	190	170	150
Oignon blanc	25-30	NC	140	120
Oignon de couleur	40-50	180	150	120
Poireau	50-90	230	200	170
Radis	15-25	120	90	90
Laitue	35	180	150	110
Tomate sous serre : grappe	60-150	NC	250	220
Tomate plein champ non palissée	50-60	180		
Tomate plein champ palissée	100-120	270		
Tomate plein champ d'industrie	80-120	210		
Tomate plein champ d'industrie en AB	30-50	140		
Pois Haricot		90	60	30
Autres légumes		210		

Sources : CEHM, Bretagne, Serail, GREN Rhone Alpes

NC : non concerné

AB : Agriculture Biologique

Dans le cas de parcelles à polyculture maraîchère :

Type de cultures	Taux de rotation	Dose plafond (kgN 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. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,
- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\text{Nirr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

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

3. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (X_{pro})

X_{pro} = quantité PRO épandue (t MB/ha ou m³ MB/ha) x teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m³ MB) x K_{éq}

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définis dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence K_{éq} sont définis en annexe 19.

X_{pro} = teneur x K_{éq} x quantité épandue =

ANNEXE 13 : POMME DE TERRE

→ Pour les départements de l'ex-région Auvergne :

$$X = Pf + Rf - (Ri + Mh + Mhp + Mr + Mrci + Nirr + Xpro)$$

où :

X : apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

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

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

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

Mh : minéralisation nette de l'humus du sol

Mhp : minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr : minéralisation nette des résidus de récolte

MrCI : minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire

Nirr : azote apporté par l'eau d'irrigation

Xpro : équivalent engrais minéral pour les engrais organiques

1. Calcul des besoins de la culture (Pf)

Tableau des besoins en azote de la pomme de terre consommation :

		Date de défanage								
		10 juil	20 juil	31 juil	10 août	20 août	31 août	10 sept	20 sept	30 sept
Date de plantation	21 mars	230	245	255	265	265	270	275	280	280
	1 avril	225	240	250	260	265	270	275	275	280
	11 avril	215	225	240	255	260	265	270	270	280
	21 avril	205	225	240	250	255	265	265	275	275
	1 mai	195	215	230	240	250	255	260	265	270
	11 mai	155	185	210	225	240	245	255	260	265
	21 mai	140	170	185	210	220	235	240	250	260
	1 juin	50	125	160	185	200	220	225	240	245

Tableau des besoins en azote de la pomme de terre primeur :

		Date de défanage								
		10 juil	20 juil	31 juil	10 août	20 août	31 août	10 sept	20 sept	30 sept
Date de plantation	21 mars	185	195	200	205	210	215	215	215	215
	1 avril	175	185	195	200	205	210	215	215	215
	11 avril	165	180	190	195	200	205	215	215	215
	21 avril	160	175	185	190	200	205	210	210	210
	1 mai	150	160	175	185	195	200	205	210	210
	11 mai	130	145	170	175	185	190	200	200	205
	21 mai	105	125	145	160	170	180	190	195	200
	1 juin	55	95	125	145	155	170	180	185	190

2. Détermination de la quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan (Rf)

Tableau des valeurs retenues pour estimer le terme Rf

Type de sols (cf. tableau annexe 21)	Reliquat post-récolte en kgN/ha
Alluvions	35
Argilo-calcaire moyen à profond	40
Argilo-calcaire superficiel	30
Argilo-sableux	35
Limons sableux hydromorphes	35
Sableux	35
Terres noires	50
Granitique	35
Volcanique	35

Rf =

3. Détermination de la quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

En cas de mesure de reliquat réalisé sur la parcelle, les valeurs à prendre en compte sont les suivantes:

- cumul azote nitrique (NO_3^-) exprimé en kg N/ha, mesuré sur l'ensemble des horizons prélevés,
- cumul azote ammoniacal (NH_4^+) exprimé en kg N/ha, mesuré sur les 40 premiers cm (mesure 0-30 + 1/3 de la mesure 30-60 cm par exemple).

Rappel : Pour les reliquats d'azote minéral (N nitrique + N ammoniacal), l'analyse porte sur les trois premiers horizons (90 cm) ; cette profondeur sera réduite en cas d'obstacle à l'enracinement ou d'impossibilité de prélever plus profondément (sol caillouteux).

Cette mesure peut être utilisée pour les parcelles de l'exploitation qui sont dans une situation culturale comparable (nature et conduite du précédent, type de sol,...).

Lorsqu'une synthèse annuelle des Ri est publiée par un organisme reconnu, ces valeurs peuvent être utilisées en lieu et place des tableaux ci-dessous.

En l'absence de référence de valeur de reliquat azoté en sortie d'hiver, la valeur utilisée sera la moyenne des mesures réalisées dans des situations culturales comparables. Des données historiques départementales apparaissent ci-après :

Tableau des valeurs du département du Puy-de-Dôme (en kgN/ha) :

<i>Précédent</i>												
Type de Sol	<i>Betterave sucrière</i>	<i>Céréales pailles enfouies</i>	<i>Céréales pailles enlevées</i>	<i>Colza</i>	<i>Tourne -sol</i>	<i>Maïs grain ou semence, sorgho</i>	<i>Maïs fourrage</i>	<i>Féverole, lupin</i>	<i>Luzerne, trèfle</i>	<i>Oignons, ail, échalotes, pommes de terre</i>	<i>Pois, soja, haricot, lentille</i>	<i>Moyenne sol</i>
Alluvions	45	45	41	50	30	40	55	60	65	-	50	43
Argilo-calcaire moyen à profond	60	70	75	65	50	65	80	70	90	80	60	68
Argilo-calcaire superficiel	60	60	65	65	50	55	70	60	80	80	60	62
Argilo-sableux	50	45	55	60	45	45	55	60	80	-	55	51
Limons sableux hydromorphes	30	35	35	30	25	30	35	60	65	-	50	37
Sableux	25	35	35	30	25	25	30	50	55	-	50	39
Terres noires	65	70	75	65	60	65	80	70	90	80	60	71
Granitique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40

REMARQUES : pour l'établissement du plan de fumure :

- Pour les parcelles conduites avec CIPAN à l'automne, le reliquat à prendre en compte doit être diminué de 20 kg/ha.
- Pour les précédents ne figurant pas dans le tableau, se référer à la valeur du reliquat moyen du type de sol (dernière colonne du tableau).
- Pour les parcelles ayant reçu un apport de fumier de ruminants à l'automne, le reliquat à prendre en compte doit être augmenté de 10 kgN / ha par rapport aux valeurs figurant dans ce tableau.

Tableau des valeurs du département de l'Allier (reliquats moyens en kgN/ha) :

Type de Sol	<i>Précédent pois, luzerne, trèfle, PT, PN</i>	<i>Précédent sorgho, maïs, tournesol</i>	<i>Précédent colza, céréales, betterave</i>
Alluvions	55	50	55
Argilo-calcaire moyen à profond	90	75	90
Argilo-calcaire superficiel	70	65	70
Argilo-sableux	50	50	50
Limons sableux hydromorphes	50	50	50
Sableux	45	45	45
Terres noires	75	75	75
Granitique	50	45	50

Tableau des valeurs du département de la Haute-Loire (en kg N/ha) :

Type de sol	<i>Précédent</i>			
	<i>Légumineuses, PT, PN</i>	<i>Maïs fourrage, sorgho fourrage</i>	<i>Céréales, colza</i>	<i>Tournesol</i>
Alluvions	60	50	45	30
Argilo-calcaires superficiels	55	45	40	35
Sablo-limoneux	50	40	35	30
Granitique	40	35	30	
Volcanique	55	45	40	

Tableau des valeurs du département du Cantal (en kg N/ha) :

Secteur	Précédent céréales	Précédent prairie	Précédent maïs
Allanche		30	
Montsalvy-Saint-Mamet	30	40	30
Vieillespesse	40	30	

$$R_i = \boxed{}$$

4. Calcul de la minéralisation nette de l'humus du sol (Mh)

La valeur de Mh dépend en grande partie du taux de matière organique du sol. Pour déterminer la valeur de Mh, l'exploitant se réfère aux tableaux suivants :

Tableau de valeur de minéralisation de la MO du sol (en kgN/ha)

	Système avec résidus de récolte	
	Enfouis une fois sur deux et sans apport de MO	Régulièrement enlevés et avec apport de matière organique tous les 2 à 3 ans ou prairie dans la rotation
Alluvions	45	50
Argilo-calcaire moyen à profond	45	50
Argilo-calcaire superficiel	30	35
Argilo-sableux	40	55
Limons sableux hydromorphes	30	40
Sableux	35	40
Terres noires	55	65
Granitique	30	35
Volcanique	60	70

$$M_h = \boxed{}$$

5. Calcul de la minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp)

Les valeurs du poste Mhp représentent le supplément de minéralisation pour la période d'établissement du bilan azoté prévisionnel de chaque culture, selon la saison du retournement et l'âge de la prairie au moment du retournement.

Tableau des valeurs retenues pour estimer le terme Mhp (en kg N/ha)

	Age de la prairie				
	< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
<i>Pour une destruction de printemps</i>					
1 ^{ère} culture après le retournement	20	60	100	120	140
2 ^{ème} culture après le retournement	0	0	25	35	40
<i>Pour une destruction d'automne</i>					
1 ^{ère} culture après retournement	10	30	50	60	70

Pour calculer le poste Mhp, il faut multiplier la valeur de Mhp lue dans le tableau ci-dessus par le coefficient correcteur correspondant au mode d'exploitation de la prairie du tableau ci-dessous.

Tableau des coefficients correcteurs pour la prise en compte du mode d'exploitation dans le calcul de Mhp

	Effet du mode d'exploitation	
	Graminées pures	Association graminées - légumineuses
Patûre intégrale	1,0	1,0
Fauche + patûre	0,7	1,0
Fauche intégrale	0,4	1,0

Minéralisation nette due à un retournement de prairies = Mhp =

6. Détermination de la minéralisation nette des résidus de récolte (Mr)

Tableau des valeurs retenues pour estimer le terme Mr

Précédent	Effet du précédent sur la minéralisation (u/ha)
Céréales pailles enfouies, maïs grain ou semence irrigué	- 20
Maïs grain ou semence en sec, ray grass dérobé, sorgho grain, tournesol	-10
Céréales pailles enlevées, maïs fourrage, méteil céréales dominantes, prairie**, sorgho fourrage, autre culture	0
Méteil protéagineux dominants	10
Jachère de crucifère, jachère de graminées	15
Betterave, colza, luzerne ou trèfle : retournement + 2 ans*, pois, soja, haricot, pomme de terre	20
Féverole, lupin, jachère de légumineuses	30
Luzerne ou trèfle : retournement + 1 an*	40

* : les luzernières ne sont pas considérées comme des prairies. Leur effet est à prendre en compte via le tableau ci-dessus. L'effet retournement est pris en compte les deux années suivant le retournement.

** : valeur qui tient compte du tableau pour estimer Mhp

Minéralisation nette des résidus de récolte = Mr =

7. Détermination de la minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCI)

Tableau des valeurs de minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (en kgN/ha)

	Production de la CI (tMS/ha)	Ouverture du bilan en sortie hiver		Ouverture du bilan en avril*	
		Destruction nov/déc	Destruction > janv	Destruction nov/déc	Destruction > janv
CRUCIFÈRES (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		20		10
	2 (>1 et <3)		30		20
	≥ 3		40		30
HYDROPHYLLACEES (Phacélie)	≤ 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	≥ 3	10	15	5	10
MÉLANGE GRAMINÉES - LÉGUMINEUSES	≤ 1	5	13	3	5
	2 (>1 et <3)	13	20	5	13
	≥ 3	20	28	13	20
MÉLANGE 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 les cultures d'été (maïs, pomme de terre)

** : destruction possible à partir du 1^{er} mars dans les zones vulnérables d'Auvergne-Rhône-Alpes (PAR AuRA)

Source : brochure « cultures intermédiaires – Impacts et conduite », ARVALIS/CETIOM/ITB/ITL, août 2011 (chapitre 17)

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire = MrCI =

8. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,
- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource

est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\text{Nirr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

$$\text{Azote apporté par l'eau d'irrigation} = \text{Nirr} = \boxed{}$$

9. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (X_{pro})

X_{pro} = quantité PRO épanchée (t MB/ha ou m³ MB/ha) x teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m³ MB) x K_{éq}

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définies dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence K_{éq} sont définis en annexe 19.

$$\text{X}_{\text{pro}} = \text{teneur} \times \text{K}_{\text{éq}} \times \text{quantité épanchée} = \boxed{}$$

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

Rappel de l'équation retenue pour l'ex-région :

$$X = P_f + R_f - (R_i + M_h + M_{hp} + M_r + M_{rCI} + \text{Nirr} + X_{\text{pro}})$$

→ Pour les départements de l'ex-région Rhône-Alpes :

La dose d'azote apportée ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule ci-dessous :

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

où :

N_{irr} : azote apporté par l'eau d'irrigation

X_{pro} : pour un PRO apporté durant la campagne, azote disponible pour la culture sous forme minérale durant tout son cycle de développement

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	Choux dégradés
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 en automne	Poireau feuilles laissées au champ	
Chou pommé (fort taux de récolte)	Chou non dégradé	
Drageon		
Poireau feuilles exportées		
Betterave		

En cas d'apport régulier de matière organique pour une culture d'été et/ou d'automne (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. Détermination de la dose plafond

Tableaux des doses plafonds

Cultures	Rendement brut indicatif en t/ha	Doses plafonds (en kg N efficace / ha)		
		Antécédent cultural pauvre	Antécédent cultural moyen	Antécédent cultural riche
Pommes de terre primeur	35-55	180	160	150
Pommes de terre consommation		210	200	180

Source : Arvalis

$$Dose\ plafond = \boxed{}$$

2. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (X_{pro})

$$X_{pro} = \text{quantité PRO épandue (t MB/ha ou m}^3 \text{ MB/ha)} \times \text{teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m}^3 \text{ MB)} \times K_{éq}$$

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définis dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence K_{éq} sont définis en annexe 19.

$$X_{pro} = \text{teneur} \times K_{éq} \times \text{quantité épandue} = \boxed{}$$

3. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation (N_{irr})

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 2 ans,
- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$N_{irr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

$$\text{Azote apporté par l'eau d'irrigation} = N_{irr} = \boxed{}$$

ANNEXE 14 : CULTURES PORTE-GRAINES À PETITES GRAINES

La dose d'azote apportée ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule ci-dessous :

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

où :

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

Nirr : azote apporté par l'eau d'irrigation

Xpro : pour un PRO apporté durant la campagne, azote disponible pour la culture sous forme minérale durant tout son cycle de développement

1. Détermination de la dose plafond

Tableaux des doses plafonds par espèce

Fourragères porte-graines	
Espèces	Dose d'azote plafond (kg N efficace/ha)
Avoine rude	130
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

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.

Betterave sucrière porte-graine	
Espèces	Dose d'azote plafond (kg N efficace/ha)
Betterave sucrière	260

Potagères porte-graines	
Espèces	Dose d'azote plafond (kg N efficace/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	180
Cresson alénois	90
Echalote	130
Epinard	100
Fenouil	120
Haricot	100
Laitue	110
Mâche	90
Melon	130
Navet	130
Oignon	130
Panais	120
Persil	120
Poireau	120
Poirée	260
Radis (rond-rouge)	130
Roquette	130

2. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (X_{pro})

X_{pro} = quantité PRO épandue (t MB/ha ou m³ MB/ha) x teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m³ MB) x K_{éq}

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définis dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence K_{éq} sont définis en annexe 19.

$$X_{pro} = \text{teneur} \times K_{éq} \times \text{quantité épandue} = \boxed{}$$

3. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,
- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\text{Nirr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

C : concentration en nitrates de l'eau d'irrigation (mg NO_3^-/L)

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

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

ANNEXE 15 : PLANTES À PARFUM, AROMATIQUES ET MÉDICINALES

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 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 :

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

où :

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

Nirr : azote apporté par l'eau d'irrigation

Xpro : pour un PRO apporté durant la campagne, azote disponible pour la culture sous forme minérale durant tout son cycle de développement

Tableau de classification de 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 Population (fine)	x					
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. Détermination de la dose plafond

Tableau des doses plafonds par catégorie de PPAM

Catégories de PPAM	Dose plafond (kg N efficace / an)
Plantes à parfum pérennes	85
Plantes à parfum annuelles et bisannuelles	105
Plantes aromatiques pérennes	185
Plantes aromatiques annuelles	240
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. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (X_{pro})

$X_{pro} = \text{quantité PRO épandue (t MB/ha ou m}^3 \text{ MB/ha)} \times \text{teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m}^3 \text{ MB)} \times \text{K}éq$

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définis dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence K_{éq} sont définis en annexe 19.

$X_{pro} = \text{teneur} \times \text{K}éq \times \text{quantité épandue} =$

3. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation (N_{irr})

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,
- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser

une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\text{Nirr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

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

ANNEXE 16 : PLANTES D'HORTICULTURE ET DE PÉPINIÈRE

Remarque : Cette fiche ne traite que des conditions d'équilibre de fertilisation des plantes cultivées en pépinières et en horticulture en pleine terre. Les cultures hors-sol ne sont pas concernées par le présent arrêté.

Afin de garantir l'équilibre de fertilisation pour les plantes de pépinières et d'horticulture, 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.

Ces doses plafonds sont exprimées en kg d'azote 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 :

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

où :

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

Nirr : azote apporté par l'eau d'irrigation

Xpro : pour un PRO apporté durant la campagne, azote disponible pour la culture sous forme minérale durant tout son cycle de développement

Définitions

Les jeunes plants de pépinières correspondent à des arbres et arbustes de moins de 3 ans.

Les plants fruitiers, les arbres et arbustes sont des ligneux de plus de 3 ans.

Les conifères représentent des ligneux à feuilles en aiguilles persistantes.

Les bulbes représentent les plantes à feuillage non persistant et à organe de réserve souterrain.

Les fleurs coupées représentent les plantes dont les parties florales sont coupées pour être vendues.

1. Détermination de la dose plafond

Tableau des doses plafonds par catégorie

Catégories de plantes en horticulture et pépinières	Dose plafond (kg N efficace / an)
Jeunes plants de pépinières (ornementaux, fruitiers, vignes)	250
Arbres et arbustes (y compris fruitiers)	250
Conifères	170
Bulbes	200
Fleurs coupées	430

Sources : Astredhor et Station RATHO, Pôle de ressources Horticole Rhône-Alpes

Dose plafond =

2. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (X_{pro})

$X_{pro} = \text{quantité PRO épandue (t MB/ha ou m}^3 \text{ MB/ha)} \times \text{teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m}^3 \text{ MB)} \times \text{Kéq}$

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définies dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence Kéq sont définis en annexe 19.

$$X_{pro} = \text{teneur} \times \text{Kéq} \times \text{quantité épandue} = \boxed{}$$

3. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation (N_{irr})

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,
- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$N_{irr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

$$\text{Azote apporté par l'eau d'irrigation} = N_{irr} = \boxed{}$$

ANNEXE 17 : CAMÉLINE, CHANVRE, LIN OLÉAGINEUX ET SOJA

La dose d'azote apportée ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule ci-dessous :

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

où :

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

Nirr : azote apporté par l'eau d'irrigation

X_{pro} : pour un PRO apporté durant la campagne, azote disponible pour la culture sous forme minérale durant tout son cycle de développement

1. Détermination de la dose plafond

Tableau des doses plafonds par espèce

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

* *Sous conditions : le soja est une légumineuse dont les nodosités en développement suffisant permettent l'alimentation azotée par fixation symbiotique sans complément d'apport. Un complément d'apport minéral (type III) est toutefois possible en cas d'échec d'inoculation. Un échec d'inoculation se juge à partir du stade 3^{ème} feuille trifoliée ; si au moins 1/3 des plantes ne sont pas porteuses de nodosités, l'inoculation est insuffisante.*

2. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (X_{pro})

$X_{\text{pro}} = \text{quantité PRO épandue (t MB/ha ou m}^3 \text{ MB/ha)} \times \text{teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m}^3 \text{ MB)} \times \text{Kéq}$

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définis dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence Kéq sont définis en annexe 19.

$$X_{\text{pro}} = \text{teneur} \times \text{Kéq} \times \text{quantité épandue} = \boxed{}$$

3. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :
- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de

moins de 4 ans,

- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\text{Nirr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

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

ANNEXE 18 : TABAC

La dose d'azote apportée ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule ci-dessous :

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

où :

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

Nirr : azote apporté par l'eau d'irrigation

X_{pro} : pour un PRO apporté durant la campagne, azote disponible pour la culture sous forme minérale durant tout son cycle de développement

1. Détermination de la dose plafond

Tableau des doses plafonds par espèce

Espèces	Dose plafond (en kg N eff / ha)
Burley	350
Brun	350
Virginie	100

2. Calcul de l'azote disponible pour la culture sous forme minérale apporté par un PRO (X_{pro})

$X_{\text{pro}} = \text{quantité PRO épandue (t MB/ha ou m}^3 \text{ MB/ha)} \times \text{teneur N PRO (kg/t MB ou kg/m}^3 \text{ MB)} \times \text{Kéq}$

A défaut d'analyse de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluents sont définis dans l'annexe 19. Les coefficients d'équivalence Kéq sont définis en annexe 19.

$$X_{\text{pro}} = \text{teneur} \times \text{Kéq} \times \text{quantité épandue} = \boxed{}$$

3. Calcul de l'azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être connue par l'exploitant (arrêté du 19 décembre 2011) soit :

- par une analyse réalisée par l'agriculteur (prestataire privé ou au moyen d'un appareil de mesure) datant de moins de 4 ans,
- dans le cadre d'une campagne réalisée par un organisme local à renouveler tous les 4 ans.

Pour les agriculteurs irriguant à partir d'une prise d'eau superficielle dans un cours d'eau et si cette ressource est intégrée à un réseau de suivi qualité géré par les agences de l'eau, ce dernier n'est pas tenu de faire réaliser une analyse. Il pourra utiliser les résultats disponibles sur internet.

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 :

$$\text{Nirr} = V \times C / 443$$

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

Tableau de la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation (en kg d'N par ha)

Irrigation (en mm)	Concentration en nitrates dans l'eau (en mg/l)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
40	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
60	1	3	4	5	7	8	9	11	12	14
80	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18
100	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
120	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27
140	3	6	9	13	16	19	22	25	28	32
160	4	7	11	14	18	22	25	29	33	36
180	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41
200	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45

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

ANNEXE 19 : COMPOSITION DES EFFLUENTS ET KÉQ

Tableaux des teneurs en azote total des différents PRO (en kg N/t ou en kgN/m³):

Nature de l'effluent	Teneur N
Compost fumier + déchets verts	6
Compost fumier bovins	8
Compost fumier caprins	11,5
Compost fumier chevaux	5,2
Compost fumier lapins	15,8
Compost fumier ovins	11,5
Compost fumier porcs	7,6
Compost fumier volailles	12
Compost pailles de lavande (vert broyé)	5
Compost de tamisage lisier	7,2
Eaux vertes, blanches ou brunes bovins	0,3
Fientes poules pâteuses	17
Fientes poules pré séchées	22
Fientes poules séchées	34
Fientes poulettes pâteuses	20
Fientes poulettes séchées	33
Fumier bovins	5,5
Fumier bovins allaitant (aires paillées)	5
Fumier bovins laitiers (aires paillées)	5,7
Fumier bovins laitiers (étables entravées)	4,6
Fumier bovins laitiers (logette paillée)	4,2
Fumier taurillons	7
Fumier veau boucherie	6
Fumier caprins	6,1
Fumier chevaux	6,2
Fumier porcs (litière accum.)	7,2
Fumier porcs (litière rac)	9,1
Fumier cailles std, certifié	38,8
Fumier cailles Label rouge	33,5
Fumier dindes < 50%MS	16
Fumier dindes > 65%MS	27
Fumier dindes 50 à 65%MS	23
Fumier lapins	7
Fumier ovins	6,7
Fumier pintades > 65%MS	27
Fumier pintades < 65%MS	16
Fumier poulets sec (±60%MS)	20
Fumier poulets humide (±45%MS)	15
Fumier poulettes	25
Fumier volailles autres	29
Lisier bovins très dilué	1
Lisier bovins moyennement dilué	2
Lisier bovins peu dilué	3
Lisier bovins pur	4
Lisier canards	5,9
Lisier lapins liquide	4
Lisier lapins pâteux	7
Lisier poules pondeuses	6,8
Purin bovins pur	3
Purin bovins très dilué	0,4
Purin porcs	2,5
Lisier de porcs naisseur-engraisseur	3,5
Lisier de porcs engraissement	5,8
Lisier de porcs naisseur	2,4

Sources : Fertiliser avec les engrais de ferme 2001, ITAVI Gesteflucan 2015, IPT2005, CORPEN, CDA RhA

Définitions :

Lisier peu dilué : uniquement apport des eaux de salle de traite, dilution à 25 %

Lisier moyennement dilué : prend en compte les eaux de salle de traite (blanche), l'eau de lavage du quai de traite et d'aire d'attente (verte) ou l'eau de pluie qui tombe sur des aires d'exercice non couvertes de faible surface (brune) ; 50 % de dilution

Lisier très dilué : prend en compte les eaux de salle de traite (blanche), l'eau de lavage du quai de traite et de l'aire d'attente (verte) et l'eau de pluie qui tombent sur des aires d'exercice non couvertes de faible surface (brune) ; 75 % de dilution

PRO : produits résiduaires organiques, appellation générique qui englobe les effluents d'élevage, les composts et déchets organiques d'origine non agricole comme les boues de STEP

Boues épuration	Cf analyse
Compost déchets verts	Cf analyse
Digestats de méthanisation	Cf analyse
Boues de papeterie	Cf analyse

En cas de mélange de PRO, la valeur à retenir correspond à la moyenne pondérée des PRO correspondants.

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 :

Nature du PRO	Teneur en N total en kg/t ou kg/m3
Algues (algues brunes, goémon)	7,5
Compost de broussailles	10
Cornes et onglons (poudre de sabot ou poudre de corne)	122
Cuir et peau	50
Laine pure	150
Laine qualité moyenne	100
Laine qualité inférieure	50
Farine d'os (poudre d'os ou poudre d'os dégelatinisé)	73
Farine de plumes	101
Farine de poisson	90
Farine de sang	114
Farine de viande	81
Guano	160
Tourteau de ricin	57
Vinasse concentrée	3

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

Tableaux des valeurs de Kéq (coefficient d'équivalence engrais minéral efficace) pour les PRO :

	Culture de printemps		Culture hiver – céréales		COLZA		Prairies et cultures pérennes	
	Apport automne	Apport printemps	Apport automne	Apport printemps	Apport automne	Apport printemps	Apport automne	Apport printemps
Compost de déchets verts	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0
Compost jeune de fumiers herbivores	0,15	0,2	0,05	0,1	0,1	0,1	0,05	0
Compost âgé de fumiers herbivores	0,15	0,1						
Compost porcins	0,1	0,25	0,05	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
Compost jeune de fumier de volailles	0,3	0,45	0,2	0,3	0,12	0,3	0,3	0,3
Compost âgé de fumier de volailles	0,2	0,25						
Fumier d'herbivores, fumier et lisier de lapins	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,05
fumier de porcins	0,15	0,3	0,1	0,2	0,1	0,15	0,4	0,4
fumier de volailles	0,1	0,5	0,25	0,45	0,17	0,45	0,45	0,45
fientes de volailles	0,1	0,55						
lisier ou purin de bovins avec incorporation immédiate	0,1	0,65	0,15	0,5	0,15	0,4	0,4	0,4
lisier ou purin de bovins avec incorporation dans les 24h	0,1	0,5						
lisier porcins ou volailles avec incorporation immédiate	0,05	0,7	0,15	0,6	0,05	0,56	0,55	0,55
lisier porcins ou volailles avec incorporation dans les 24h	0,05	0,5						
Boues agro-industrielles*	0,1	0,4	0,2		0,4			0,25
Boues d'épuration urbaine*	0,1	0,3	0,2		0,3			0,25
Boues industrielles de papeterie solides C/N ≤ 15*	0,05	0,05	0,03		0,05			0,05
Boues industrielles de papeterie solides C/N > 15*	0	0	0		0			0
Compost de boues avec déchet végétaux MIATE	0,05	0,15	0,1		0,1			0,1
Vinasse de betterave concentrée	0,1	0,5	0,15	0,45	0,15	0,45	0,3	0,4
Digestats bruts d'effluents de méthanisation et Fraction liquide ap séparation de phase	Cf. Kéq lisier porcs suivant mode d'épandage utilisé majoré de 15 % (à multiplier par 1,15)							
Fraction sèche ap séparation de phase	Cf. Kéq fumier porcs							
Compost ordures ménagères	0	0,1	0,05		0,05		0,1	

Source : COMIFER 2012

*Vu la diversité des situations toutes les références n'ont pas été reprises dans cet arrêté, mais il est également possible de se référer aux références COMIFER publiées sur www.comifer.asso.fr.

Culture de printemps, apport d'automne : en vert : épandage sur cipan.

Définitions :

Compost jeune = durée de compostage inférieure à 6 mois

Compost âgé = durée de compostage de 6 mois ou plus

En cas de mélange de PRO, le Kéq à appliquer correspond à la moyenne pondérée des PRO correspondants aux produits introduits dans le mélange.

Vu le peu de références disponibles actuellement et la grande variabilité des situations, les références des digestats bruts d'effluents de méthanisation et fraction liquide après séparation de phase, fraction sèche après séparation de phase et compost des ordures ménagères ci-dessus ne sont données qu'à titre indicatif. Il est aussi possible de se référer aux coefficients retenus dans le plan d'épandage réalisé pour l'installation et/ou aux analyses éventuelles type ISMO, cinétique de minéralisation de l'azote, proportion d'azote ammoniacal...

Tableaux des valeurs de Kéq (coefficient d'équivalence engrais minéral efficace) pour les engrais utilisés en Agriculture Biologique :

Engrais	Kéq
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 données fabricant

Source : ITAB, Blaise Pascal

En cas d'apport d'effluents sur CIPAN, le total des apports avant et sur CIPAN est limité à 30 kg/ha d'azote efficace pour les effluents de type I et types II sauf volailles, et à 70 kg/ha d'azote efficace pour les effluents de volailles (sous conditions, se reporter à l'arrêté en vigueur du programme d'actions régional en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole pour la région Auvergne-Rhône-Alpes). Afin de vérifier si vous respectez ces plafonds, utilisez les Kéq ci-dessous et appliquez la formule suivante : $X_{pro} = \text{teneur N} \times \text{Kéq} \times \text{quantité épanchée}$.

	Kéq CIPAN
Compost de déchets verts > 6 mois	0,05
Compost < 6 mois de fumiers d'herbivores	0,10
Compost > 6 mois de fumiers d'herbivores	0,07
Compost porcins	0,10
Compost jeune de fumier de volailles	0,23
Compost âgé de fumier de volailles	0,20
Fumier d'herbivores, fumier et lisier de lapins	0,10
Fumier de porcins	0,25
Fumier ou fientes de volailles	0,33
Lisier ou purin de bovins avec incorporation immédiate	0,25
Lisier ou purin de bovins avec incorporation dans les 24 h	0,25
Lisier porcins ou volailles avec incorporation immédiate	0,50
Lisier porcins ou volailles avec incorporation dans les 24 h	0,31

ANNEXE 20: OBJECTIF DE RENDEMENT (Y)

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

L'objectif de rendement correspond à la moyenne des rendements réalisés sur l'exploitation pour la culture, pour des conditions comparables de sol, au cours des 5 dernières années en excluant la valeur minimale et la valeur maximale.

Lorsque les références disponibles sur l'exploitation sont insuffisantes pour les dissocier par type de sol (moins de cinq valeurs pour une condition de sol et de culture), le rendement moyen sur l'exploitation au cours des cinq dernières années, également calculé en excluant la valeur maximale et la valeur minimale, est utilisé en lieu et place de ces références.

Dans tous les cas, l'agriculteur devra être à même de justifier de la pertinence des valeurs de rendement qu'il aura utilisées et présenter les documents correspondants.

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 de rendements prévisionnels à ne pas dépasser en l'absence de référence sur l'exploitation :

Secteur géographique	Type de sol	Codification GREN	Catégorie "profondeur"	Situation culturale	Colza (q/ha)	Blé tendre d'hiver (q/ha)	Blé tendre printemps (q/ha)	Blé dur d'hiver (q/ha)	Blé dur printemps (q/ha)	Orge d'hiver (q/ha)	Orge printemps (q/ha)	Triticale (q/ha)	Seigle (q/ha)	Avoine hiver (q/ha)	Avoine printemps (q/ha)	Autres CaP (q/ha)	Mais grain (q/ha)	Mais fourrage (t MS/ha)	Sorgho grain (q/ha)	Sorgho fourrage (t MS/ha)		
Ancienne région Auvergne	Alluvions		L	Irrigué	40	90	75	85	80	85	75	90	80	70	65	70	130	21	115	19,2		
				Pluvial	35	80	65	70	65	75	65	80	70	60	55	60	100	17	85	14,2		
	Argilo-calcaires moyens à profonds		P	Irrigué	40	100	85	95	90	95	85	100	90	80	75	80	125	21	110	18,3		
				Pluvial	40	90	75	80	75	85	75	90	80	70	65	70	110	18	95	15,8		
	Argilo-calcaires superficiels		L	Irrigué	40	100	85	95	90	95	85	100	75	65	60	65	120	20	105	17,5		
				Pluvial	35	80	65	70	65	75	65	80	75	65	60	65	90	15	75	12,5		
	Argilo-sableux		L	Irrigué	40	100	85	95	90	95	85	100	75	65	60	65	120	20	105	17,5		
				Pluvial	35	80	65	70	65	75	65	80	75	65	60	65	90	15	75	12,5		
	Limons sableux hydromorphes		L	Irrigué	35	85	70	80	75	80	70	85	70	85	70	60	55	60	120	20	105	17,5
				Pluvial	30	75	60	65	60	70	60	75	70	60	55	60	90	15	75	12,5		
Sableux		L	Irrigué	40	90	75	85	80	85	75	90	80	70	65	70	130	21	115	19,2			
			Pluvial	35	75	60	65	60	70	60	75	70	60	55	60	80	14	65	10,8			
Terres noires		P	Irrigué	45	110	100	105	100	105	100	100	110	90	80	75	80	130	21	115	19,2		
			Pluvial	45	95	85	85	80	90	85	95	90	80	75	80	110	19	95	15,8			
Sols granitiques		L	Irrigué	40	80	65	75		75	65	85	85	70	65	70	125	20	115	19,2			
			Pluvial	35	75	60	65		60	70	60	80	75	70	65	70	80	14	65	10,8		
Sols volcaniques		L	Irrigué															18				
			Pluvial	40	80	65	70	65	75	65	80	70	65	60	65	80	13	65	10,8			
Ancienne région Rhône-Alpes	Limons sablo limoneux sains	A1	P	Irrigué	45	95	80	90	85	90	80	90	80	80	70	80	130	21,7	115	19,2		
				Pluvial	40	90	75	85	80	85	75	85	75	75	65	75	100	16,7	85	14,2		
	Limons argileux profonds et sains	A2	P	Irrigué	45	100	85	95	90	95	85	95	85	85	75	85	130	21,7	115	19,2		
				Pluvial	45	95	80	90	85	90	80	90	80	80	70	80	100	16,7	85	14,2		
	Limons humides	B	P	Irrigué	40	90	75	85	80	85	75	85	75	75	65	75	120	20,0	105	17,5		
				Pluvial	40	85	70	80	75	80	70	80	70	60	70	90	15,0	75	12,5			
	Limons drainés (ref A1)	B1	P	Irrigué	45	95	80	90	85	90	80	90	80	80	70	80	130	21,7	115	19,2		
				Pluvial	40	90	75	85	80	85	75	85	75	75	65	75	100	16,7	85	14,2		
	Argiles profondes	C1	P	Irrigué	45	95	80	90	85	90	80	90	80	80	70	80	125	20,8	110	18,3		
				Pluvial	40	90	75	85	80	85	75	85	75	75	65	75	95	15,8	80	13,3		
	Argilo-calcaire profond	C2	P	Irrigué	45	90	75	85	80	85	75	85	75	85	75	65	75	125	20,8	110	18,3	
				Pluvial	40	85	70	80	75	80	70	80	70	60	70	110	18,3	95	15,8			
	Argiles humides	D	P	Irrigué	40	85	70	80	75	80	70	80	70	70	60	70	125	20,8	110	18,3		
				Pluvial	35	80	65	70	65	75	65	75	65	65	55	65	100	16,7	85	14,2		
	Graviers profonds	E1	L	Irrigué	45	90	75	85	80	85	75	85	75	85	75	65	75	130	21,7	115	19,2	
				Pluvial	40	80	65	70	65	75	65	75	65	65	55	65	90	15,0	75	12,5		
	Sables profonds	E2	L	Irrigué	40	85	70	80	75	80	70	80	70	70	60	70	125	20,8	110	18,3		
				Pluvial	35	75	60	65	60	70	60	70	60	60	50	60	90	15,0	75	12,5		
Graviers superficiels	F	L	Irrigué	40	85	70	80	75	80	70	80	70	70	60	70	125	20,8	110	18,3			
			Pluvial	30	70	55	60	55	65	55	65	55	55	45	55	80	13,3	65	10,8			
Argilo calcaires superficiels	G	L	Irrigué	40	85	70	80	75	80	70	80	70	70	60	70	125	20,8	110	18,3			
			Pluvial	30	70	55	60	55	65	55	65	55	55	45	55	90	15,0	75	12,5			
Alluvion organique sain	H1	P	Irrigué	45	100	85	95	90	95	85	95	85	95	85	85	75	85	130	21,7	115	19,2	
			Pluvial	45	95	80	90	85	90	80	90	80	80	70	80	120	20,0	105	17,5			
Marais humides	H2	P	Irrigué	40	95	80	90	85	90	80	90	80	80	70	80	125	20,8	110	18,3			
			Pluvial	35	85	70	80	75	80	70	80	70	70	60	70	110	18,3	95	15,8			

P Sols profonds à bonne ou assez bonne réserve utile

L Sols légers et/ou superficiels

ANNEXE 21 : CLASSIFICATION DES TYPES DE SOLS

Tableau de classification des différents types de sols de la région Auvergne

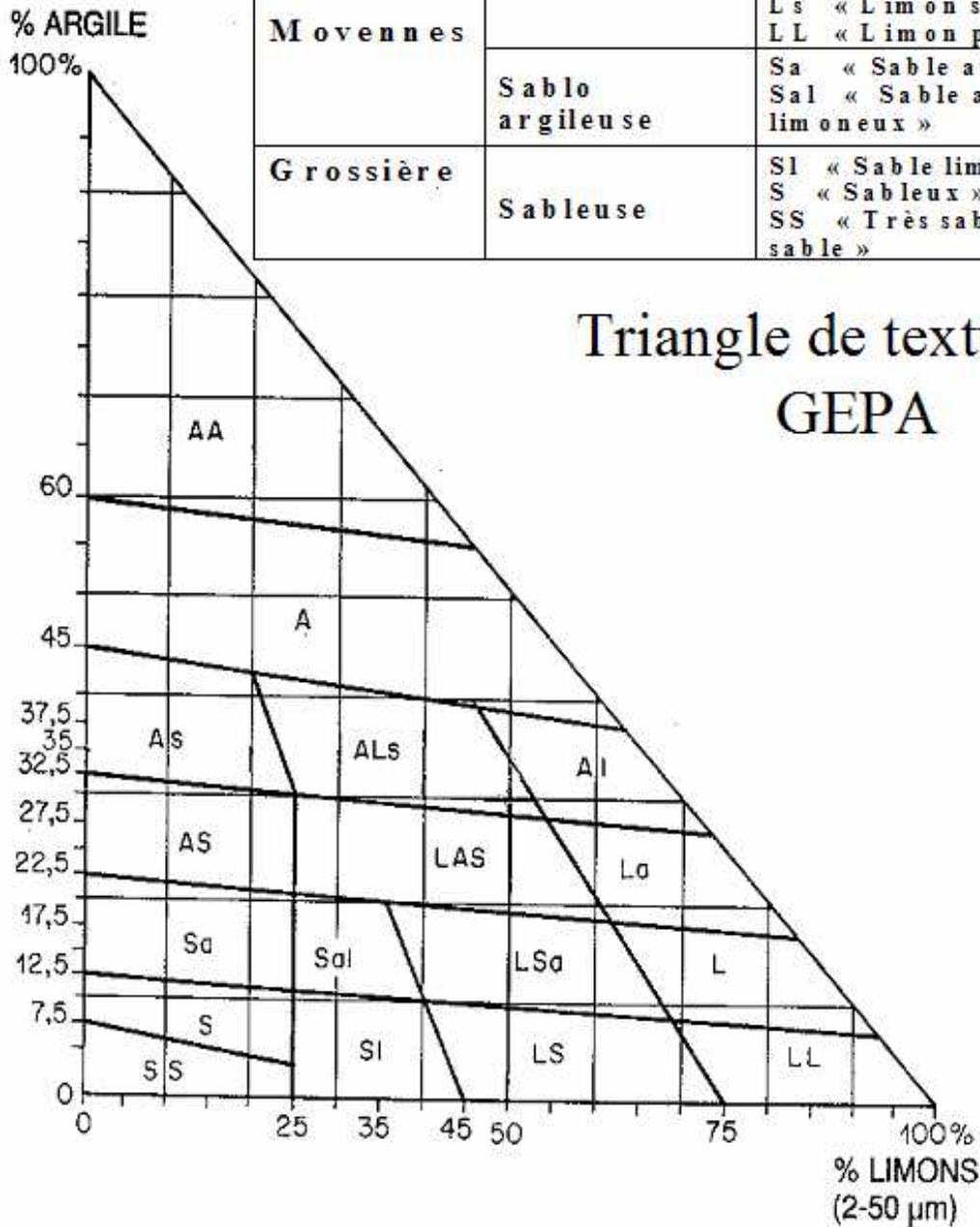
	<i>Argile (%)</i>	<i>MO (%)</i>	<i>Profondeur (cm)</i>	<i>CaCO3 (%)</i>	<i>Cailloux (%)</i>
Alluvions	15	1,7	75	0	0
Argilo-calcaire moyen à profond	40	3	80	18	0
Argilo-calcaire superficiel	40	2,8	50	25	20
Argilo-sableux	25	2,2	75	0	25
Granitique*	20	3	20	0	20
Limons sableux hydromorphes	15	1,5	70	0	0
Sableux	8	1,2	60	0	0
Terres noires	45	3,5	90	10	0
Volcanique	18	4,5	60	2	15

* *sols granitiques de basse altitude et schisteux*

Tableau de classification des différents types de sols de la région Rhône-Alpes

Classification Rhône-Alpes	Descriptif sommaire	Texture triangle GEPPA correspondante*	Profondeur
A1 : Limons sableux à sablo-limoneux, sains	Sol de type de limon sain ayant une texture limoneux, limono-argileux, limono-sableux et sablo-argileux	Sa, Sal, Lsa, Ls, L, LL	> 60 cm
A2 : Limons argileux profonds et sains	Sol de type limon lourd sain à texture limono-argileux	LAS, La	> 60 cm
B : Limons humides	Sol de type limon humide à texture limoneux et limono-sableux	L, LL, Lsa, Ls	> 60 cm
B1 : Limons drainés (ref A1)	Sol de type limon humide drainés à texture limoneux et limono sableux	L, LL, Lsa, Ls	> 60 cm
C1 : Argiles profondes	Sol de type argileux sain et profond non calcaire à texture argileux et argilo limoneux	A, AA, Als, Al, LAS, AS, La	> 60 cm
C2 : Argilo-calcaire profond	Sol de type argileux sain et profond non calcaire à texture argileux et argilo limoneux	A, AA Als, Al, LAS, AS, La	> 60 cm
D : Argiles humides	Sol de type argileux humide à texture argileux et argilo-limoneux	A, AA, Als, AL, LAS, La	> 60 cm
E1 : Gravieres et sols de moraines récentes, profonds	Sol de type graviers profond à texture sableux et sablo-argileux ou sols de moraines à texture fine du type limons sableux à limons argileux, pierrosité de surface parfois faible (5% < teneur < 15%) à moyenne	S, SS, Sl, Sa, Sal, LSA à LAS	> 60 cm
E2 : Sables profonds	Sol de type sableux profond non caillouteux à texture sableux et une pierrosité nulle à très faible (teneur < 5%)	S, SS, Sl	> 60 cm
F : Sables ou graviers et sols de moraines récentes, superficiels	Sol de type sableux et/ou graviers superficiel à texture sableux et sablo argileux ou sols de moraines à texture fine du type limons sableux à limons argileux, ayant une pierrosité moyenne (15% < teneur < 30%) à élevée	S, SS, Sl, Sa, Sal LSA à LAS	< 60 cm
G : Argilo-calcaires superficiels	Sol de type argilo-calcaire superficiel à texture argileux et argilo-limoneux, ayant une pierrosité élevée (supérieure à 15%) et calcaire	A, AA, Als, Al, LAS, La	< 60 cm
H1 : Alluvion organique sain	Sols riches en MO (≥ 3 %) leur taux augmente d'autant plus que l'on s'approche de la zone de marais humide ; fonds de vallée alluviaux, marais assainis ; forte fourniture d'azote par le sol. Sols généralement calciques (pH > 7). Dynamique de minéralisation assez importante.	Textures très diversifiées Caractéristique première = taux de MO élevé (> 3%)	> 60 cm
H2 : Marais humides	Sols similaires à la catégorie H1 mais dont le sous-sol ou la position topographique par rapport au réseau hydrologique génère des périodes de saturation en eau susceptibles de limiter l'exploration racinaire et la dynamique de la minéralisation.	Textures très diversifiées Caractéristique première = taux de MO élevé (> 3%)	> 60 cm

Très fine	Argleuse	AA « Argile lourde » A « Argile » ou « Argileuse »
Fines	Argilo limoneuse	Als « Argile limono- sableuse » Al « Argile limoneuse » LAS « Limon argilo sableux » La « Limon argileux »
	Argilo sableuse	As « Argiles sableuses » AS « Argilo sableux »
Moyennes	Limoneuse	Lsa « Limon sablo argileux » L « Limon » Ls « Limon sableux » LL « Limon pur »
	Sablo argileuse	Sa « Sable argileux » Sal « Sable argilo limoneux »
Grossière	Sableuse	Sl « Sable limoneux » S « Sableux » SS « Très sableux ou sable »



Triangle de texture du
GEPA