

ANNEXE 1 :

FERTILISATION DES CÉRÉALES À PAILLE

(GRAINS ET SEMENCES)

Cette fiche a été définie dans le cadre des travaux du groupe régional d'expertise nitrates. Elle correspond à une adaptation de la méthode du bilan azote telle que développée par le COMIFER, à partir des références scientifiques disponibles en Poitou-Charentes.

Équations bilan de fertilisation azotée retenues :

Tous types de sol

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf \quad [1]$$

X: Fertilisation azotée minérale

Pf: Quantité d'azote absorbé par la culture 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 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

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: équivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduels organiques

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

Sols argilo-calcaires et terres rouges à châtaigniers

$$X = [(Pf - Po - Mr - MrCi - Nirr) / CAU] - Xa \quad [2]$$

X: Fertilisation azotée minérale

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

Po: Fourniture du sol

Mr: Minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi: Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: Equivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduels organiques

CAU: Coefficient Apparent d'Utilisation de l'azote

Pour les sols argilo-calcaires et les terres rouges à châtaigniers, l'équation [2] peut être utilisée. Les valeurs des paramètres Pf, Mr, MrCi, Nirr et Xa sont les mêmes que pour l'équation [1].

La date d'ouverture du bilan est fixée au 1^{er} février .

1 - Calcul des besoins de la culture (Pf = b × y)

▪ b : Besoin d'azote par unité de production

Espèces - Variétés	Valeur de b (kgN/q)
Blé tendre (non améliorant)	2,8 à 3,5 selon la variété (voir tableau 1) 3 pour les autres variétés
Blé tendre (améliorant)	3,7 à 4,1 selon la variété (voir tableau 2) 3,5 pour les autres variétés
Blé dur	3,5 à 4,1 selon la variété (voir tableau 3)
Orge d'hiver, escourgeon	2,5
Orge de printemps	2,5
Orge brassicole	Voir tableau 4
Avoine	2,2
Triticale	2,6
Seigle	2,3
Autres céréales à paille (mélange)	2,5

Tableau 1: Grille de valeur régionale de b pour le blé tendre (non améliorant)

Variétés de blé tendre (non améliorant)	Valeur de b (kg N/q)
ACCROC, ACIENDA, ADHOC, ALBERIC, AMBITION, AMUNDSEN, ANDALOU, ARAMIS, ARLEQUIN, BALANCE, BERMUDE, CCB PREFERENCE, CLAIRE, EXPERT, GLASGOW, HEKTO, HYBERY, HYMACK, HYSORE, HYSTAR, HYSUN, JB DIEGO, LEAR, OAKLEY, PAKITO, PARADOR, PERFECTOR, PIERROT, PREVERT, ROYSSAC, SCIPION, SCOR, SELEKT, SOBBEL, SOKAL, SPONSOR, SWEET, TRAPEZ, TREMIE, VALORIS, VISCOUNT	2.8
ADEQUAT, ALDRIC, ALIGATOR, ALIXAN, ALTIGO, ALTRIA, AMADOR, ANDINO, APACHE, APRILIO, AREZZO, ARISTOTE, ARKEOS, AS DE CŒUR, ATTITUDE, AURELE, AUTAN, AZTEC, BAGOU, BAROK, BASTIDE, BOISSEAU, BOREGAR, BOSTON, BRENTANO, BUENNO, CALISTO, CAMPERO, CATALAN, CELESTIN, CENTENAIRE, CHAGALL, CHARGER, CHEVRON, COMPIL, CORDIALE, CRAKLIN, CYRANO, DIALOG, DINGHY, DINOSOR, ELEPHANT, EPHOROS, EPIDOC, EQUILIBRE, EUCLIDE, FLAUBERT, FLUOR, FOLKLOR, FORBAN, FORBLANC, GALOPAIN, GARANTUS, GARCIA, GONCOURT, GRETHEL, HAMAC, HAUSSMANN, HYBRED, HYXO, ILLICO, INNOV, ISENGRAIN, KALYSTAR, KARILLON, MARCELIN, MAXWELL, MAXYL, MINOTOR, NIRVANA, NUCLEO, ORCAS, ORNICAR, ORVANTIS, OXEBO, PALEDOR, PEPIDOR, PERCEVAL, PHARE, PLAINEDOR, PR22R20, PR22R28, PR22R58, PREMIO, QUATUOR, RAZZANO, RECORD, RICHEPAIN, RITMO, ROCHFORT, RODRIGO, ROSARIO, RUSTIC, SANKARA, SEMAFOR, SEYRAC, SHANGO, SIDERAL, SIRTAKI, SISLEY, SOGOOD, SOLEHIO, SOLLARIO, SWINDY, SWINGGY, TALDOR, TEXEL, TIAGO, TIMBER, TOISONDOR, USKI	3.0
ACCOR, ADAGIO, AEROBIC, ALLEZ Y, ALTAMIRA, AMBELLO, AMERIGO, ATHLON, ATTLASS, AUBUSSON, AVANTAGE, AZIMUT, AZZERTI, CAMP REMY, CAPHORN, CCB INGENIO, CEZANNE, CHEVALIER, CROISADE, EXELCIOR, EXOTIC, FARANDOLE, FRELON, GALACTIC, GRAINDOR, INSTINCT, INTERET, IRIDIUM, ISIDOR, KALANGO, KORELI, LIMES, LUKULLUS, MANAGER, MENDEL, MERCATO, MIROIR, MUSIK, NOGAL, NUAGE, ORATORIO, PAINDOR, RACINE, RECITAL, RESSOR, SAINT EX, SAMOURAI, SOISSONS, SOPHYTRA, SORRIAL, SY ALTEO, VALODOR, ZINAL	3.2
HYNO-RISTA, MONOPOLE, SEBASTO, SEGOR, SOMME, TURELLI	3.5

Source: Arvalis-Institut du Végétal - 2012

Les autres variétés de blé tendre non référencées ici, et non améliorantes (BAF), sont positionnées par défaut en classe b=3,0.

Tableau 2: Grille de valeur régionale de b pour le blé tendre (améliorant)

Variétés de blé tendre améliorantes	Valeur de b (kg N/q)	Mise en réserve minimale conseillée pour la fin montaison (pilotage) (kg/ha)
Manital, Renan	3.7	40
Esperia, Galibier, Quality	3.9	60
Bussard, Courtot, Levis, Lona, Qualital, Quebon, Runal, Tamaro	4.1	80

Source: Arvalis-Institut du Végétal – 2012

Par défaut, b = 3.5 kg N/ha pour les autres variétés

Tableau 3: Grille de valeur régionale de b pour le blé dur

Variétés de blé dur	Valeur de b (kg N/q)	Mise en réserve minimale conseillée pour la fin montaison (pilotage) (kg/ha)
Pescadou	3.5	40
Biensur - Karur - Cultur – SY Banco	3.7	40 à 60
Alexis - Fabulis - Miradoux - Sculptur –Sy Cysco	3.9	60 à 80
Aventur - Tablur	4.1	80

Source: Arvalis-Institut du Végétal - 2012

Tableau 4: Grille de valeur régionale de b pour l'orge brassicole

Variétés – Orges et escourgeons d'hiver	Valeur de b (kg N/q)
Orges et escourgeons d'hiver fourragers	2.5
Orges ou escourgeons hiver brassicoles à faible teneur en protéines : Estérel, ...	2.5
Autres orges et escourgeons d'hiver brassicoles	2.2

Variétés – Orges de printemps (besoin pour deux apports semis – fin tallage)	Valeur de b (kg N/q)
Orges printemps en argilocalcaire irrigué	2.5
Orges printemps à faible teneur en protéines : NFC Tipple, Shandy	2.4
Autres orges printemps	2.2

Source: Arvalis-Institut du Végétal – 2012

- **y : objectif de rendement**

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

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

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 (en enlevant les valeurs minimales et maximales) est utilisé en lieu et place de ces références.

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.

S'il manque une de ces cinq valeurs, il est possible de remonter à la sixième année ou de se limiter aux quatre dernières campagnes et procéder à la moyenne selon la même règle (exclusion des valeurs extrêmes).

Valeurs par défaut, en cas d'absence d'historique de rendements disponibles sur l'exploitation (q/ha) :

BLE TENDRE EN SEC (q/ha)

Type de sol	Sols superficiels RU < 80	Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120	Sols profonds RU > 120
Groies	55	65	75
Terres de champagne	60	68	75
Aubues	65	73	80
Terres rouges à châtaigniers	65	73	80
Limons battants	60	70	80
Terres noires de vallées et marais argileux		75	85
Sols de terrasse de vallée	65	72	80
Sol sableux	55	65	75
Sols limono-argileux	65	72	80
Sols argilo-limoneux	65	72	80
Sols sur arène granitique	50	58	65
Limons sur schiste ou gneiss	65	72	80
Marais tourbeux ou fond de vallée		75	85
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	55	65	

BLE DUR EN SEC (q/ha)

Type de sol	Sols superficiels RU < 80	Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120	Sols profonds RU > 120
Groies	45	55	65
Terres de champagne	50	58	65
Aubues	55	63	70
Terres rouges à châtaigniers	55	63	70
Limons battants	50	60	70
Terres noires de vallées et marais argileux		65	75
Sols de terrasse de vallée	55	62	70
Sol sableux			
Sols limono-argileux	55	62	70
Sols argilo-limoneux	55	62	70
Sols sur arène granitique			
Limons sur schiste ou gneiss	55	62	70
Marais tourbeux ou fond de vallée		65	75
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)			

ORGE DE PRINTEMPS EN SEC (q/ha)

Type de sol	Sols superficiels RU < 80	Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120	Sols profonds RU > 120
Groies	45	55	65
Terres de champagne	50	60	70
Aubues	50	60	65
Terres rouges à châtaigniers	45	55	65
Limons battants	45	55	65
Terres noires de vallées et marais argileux	45	55	65
Sols de terrasse de vallée	45	55	65
Sol sableux	45	55	65
Sols limono-argileux	45	55	65
Sols argilo-limoneux	45	55	65
Sols sur arène granitique	45	55	65
Limons sur schiste ou gneiss	45	55	65
Marais tourbeux ou fond de vallée	45	55	65
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	45	55	65

ORGE DE PRINTEMPS EN IRRIGUE (q/ha)

Type de sol	Sols superficiels RU < 80	Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120	Sols profonds RU > 120
Groies	65	70	75
Terres de champagne			
Aubues			
Terres rouges à châtaigniers			
Limons battants			
Terres noires de vallées et marais argileux			
Sols de terrasse de vallée			
Sol sableux			
Sols limono-argileux			
Sols argilo-limoneux			
Sols sur arène granitique			
Limons sur schiste ou gneiss			
Marais tourbeux ou fond de vallée			
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)			

ORGE D'HIVER EN SEC (q/ha)

Type de sol	Sols superficiels RU < 80	Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120	Sols profonds RU > 120
Groies	55	65	75
Terres de champagne	60	68	75
Aubues	65	73	80
Terres rouges à châtaigniers	65	73	80
Limons battants	60	70	80
Terres noires de vallées et marais argileux		70	80
Sols de terrasse de vallée	60	68	75
Sol sableux	55	65	75
Sols limon-argileux	65	72	80
Sols argilo-limoneux	65	72	80
Sols sur arène granitique	50	58	65
Limons sur schiste ou gneiss	55	65	70
Marais tourbeux ou fond de vallée		70	80
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	50	60	

TRITICALE (q/ha)

Type de sol	Sols superficiels RU < 80	Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120	Sols profonds RU > 120
Groies	55	65	75
Terres de champagne	60	68	75
Aubues	65	73	80
Terres rouges à châtaigniers	65	73	80
Limons battants	60	70	80
Terres noires de vallées et marais argileux		75	85
Sols de terrasse de vallée	65	72	80
Sol sableux	55	65	75
Sols limono-argileux	65	72	80
Sols argilo-limoneux	65	72	80
Sols sur arène granitique	50	58	65
Limons sur schiste ou gneiss	65	72	80
Marais tourbeux ou fond de vallée		75	85
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	55	65	

Avoine (q/ha)

Charente	Charente-Maritime	Deux-Sèvres	Vienne
43	38	42	42

Seigle (q/ha)

Charente	Charente-Maritime	Deux-Sèvres	Vienne
48	49	45	50

Mélange de céréales à paille (q/ha)

Charente	Charente-Maritime	Deux-Sèvres	Vienne
37	37	37	37

Besoins de la culture (Pf) = besoin unitaire(b)x objectif de rendement (y)= 1

2 - Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi)

Pour les céréales à paille d'hiver, la quantité d'azote absorbé par la culture (en kgN/ha) au 1^{er} février, date d'ouverture du bilan, dépend du stade de développement:

Stade de développement	Peu développé Aucune ou 1 talle	Moyennement développé 2 ou 3 talles	Très développé 4 talles ou plus
Pi	10	30	50

Azote absorbé a l'ouverture du bilan (Pi) = 2

3 - Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

Pour la détermination du reliquat azoté à l'ouverture du bilan l'agriculteur peut:

- mesurer le reliquat sortie hiver sur la parcelle ou sur une parcelle de l'exploitation tout à fait comparable (comme prévu par l'arrêté du 19 décembre 2011),
- utiliser les références contenues dans les modèles dynamiques (estimation du reliquat sortie hiver),
- utiliser des références locales annuelles d'accès publics ou privés fournies par les chambres d'agriculture ou les coopératives.

Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri) = 3

4 – Minéralisation de l'humus (Mh)

Le terme Mh (en kgN/ha) dépend du type de culture, du type de sol et du type d'exploitation afin d'intégrer l'influence de la fertilisation organique.

1) Céréales à paille d'hiver

Type de sol	Céréales sans élevages	Élevage Hors sol	Polyculture sans historique prairie	prairie polyculture élevage bovin
Sols argilo-calcaires (groies)	30	35	40	45
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	30	35	40	45
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	30	35	40	45
Terres rouges à chataigniers	35	40	45	50
Limons battants	35	40	45	50
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	35	40	45	50
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée	45	50	50	60
Sols de terrasse de vallée	30	35	40	45
Sol sableux	35	40	45	50
Sols limonoargileux	35	40	45	50
Sols Argilolimoneux	35	40	45	50
Sols sur arène granitique	35	35	35	35
Limons sur schiste ou gneiss	40	40	40	40

Source: Arvalis-Institut du Végétal

2) Céréales à paille de printemps

Type de sol	Céréales sans élevages	Élevage Hors sol	Polyculture sans historique prairie	prairie polyculture élevage bovin
Sols argilo-calcaires (groies)	40	45	50	55
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	40	45	50	55
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	40	45	50	55
Terres rouges à chataigniers	50	50	65	75
Limons battants	50	50	65	75
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	50	50	65	75
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée	75	85	85	90
Sols de terrasse de vallée	50	50	65	75
Sol sableux	70	75	80	85
Sols limonoargileux	50	50	65	75
Sols Argilolimoneux	50	50	65	75
Sols sur arène granitique	50	50	65	75
Limons sur schiste ou gneiss	40	40	40	40

Source: Arvalis-Institut du Végétal

Minéralisation de l'humus (Mh) =

4

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

La valeur du poste Mhp (en kgN/ha) dépend de la période de destruction de la prairie et de l'âge de la prairie:

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

Destruction d'automne		Age de la prairie				
		< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	10	30	50	60	70
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0

Minéralisation nette due à un retournement de prairies (Mhp) = 5

6 – Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr)

Le tableau suivant donne la valeur de Mr (en kgN/ha) selon la nature de la culture précédente:

Nature du précédent	Mr (kgN/ha)	Nature du précédent	Mr (kgN/ha)
Betterave	20	Prairie	0
Carotte	10	Pois, Haricots de conserve	20
Céréales pailles enfouies	-20	Pomme de terre	20
Céréales pailles enlevées ou brûlées	0	Tournesol	0
Colza	20	Ray-Grass dérobé	-30
Endive	10	Jachère	cf. tableau suivant
Féverole	30		
Lin fibre	0		
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+1	40		
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+2	20		
Maïs fourrage	0		
Maïs grain	-10		
Pois protéagineux	20		

Source: COMIFER

Le tableau suivant donne la minéralisation nette des résidus de jachère précédente (en kgN/ha):

Type de jachère (espèce dominante)	Age	Période de destruction / culture suivante		
		Fin été/hiver	Fin été/printemps	Fin hiver/printemps
Graminée	Moins de 1 an	10	5	10
	Plus de 1 an	20	15	20
Légumineuse	Moins de 1 an	20	15	20
	Plus de 1 an	40	30	40
Graminée + légumineuse	Moins de 1 an	15	10	15
	Plus de 1 an	30	25	30

Source: COMIFER

Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr) =

6

7 - Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi)

Pour les cultures d'hiver : Le poste MrCi est négligeable donc **MrCi = 0**.

Pour les cultures de printemps : Les valeurs du poste MrCi sont données dans le tableau ci-dessous en kgN/ha:

Espèce	Niveau de croissance	Date de destruction de la culture intermédiaire	
		Novembre à décembre	Janvier et au delà
Seigle et phacélie	Faible ou moyen	0	5
	Élevé	10	10
Ray grass italien et autres graminées	Faible ou moyen	10	15
	Élevé	15	20
Crucifères	Faible ou moyen	10	15
	Élevé	15	20
Légumineuses	Faible ou moyen	25	30
	Élevé	30	30

Source: COMIFER

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi) =

7

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

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

La quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation est obtenue à partir de l'équation suivante:

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

avec:

V: quantité d'eau apportée en mm

C: concentration de l'eau en nitrate en mg NO₃/l

L'apport azoté ne sera pris en compte que si la quantité d'eau apportée est supérieure à 100 mm. Sinon, il sera considéré comme négligeable.

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 de l'équation ci dessus :

Hauteur d'eau apportée (mm)	100	120	140	160	180	200	220	240
Azote apportée (kgN/ha)	9	11	13	14	16	18	20	22

L'exploitant peut retenir une concentration en nitrates inférieure à 40 mg/l à condition de la justifier par les résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Dans ce cas, une analyse d'eau ou une estimation de la concentration en nitrates par la méthode de la bandelette devra être faite pendant la période d'irrigation.

Une feuille déclarative devra être mise en place par l'exploitant pour servir en cas de contrôle.

Azote apportée par l'eau d'irrigation (Nirr) = 8

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

La valeur du poste Xa (en kgN/ha) est donnée par le calcul suivant :

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

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définies dans l'annexe 10.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 10.

Xa = teneur * Keq * quantité épandue = 9

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

Le tableau suivant donne la valeur de Rf (en kgN/ha) en fonction des types de sols:

Type de sol et Réserve Utile (RU)	Sols superficiels RU < 80 mm	Sols moyennement profonds 80 mm ≤ RU ≤ 120 mm	Sols profonds RU > 120 mm
Sols argilo-calcaires (groies)	15	15	20
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	15	15	20
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	15	15	20
Terres rouges à chataigniers	15	20	30
Limons battants	15	20	30
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	15	20	
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée		30	40
Sols de terrasse de vallée	15	20	30
Sol sableux	5	10	15
Sols limonoargileux	15	20	30
Sols Argilolimoneux	15	20	30
Sols sur arène granitique	15	20	30
Limons sur schiste ou gneiss	15	20	30

Source: Arvalis-Institut du Végétal

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

10

11 – Fourniture du sol pour l'équation [2] (Po)

Le poste fourniture du sol Po intègre la contribution en azote du sol ainsi que l'arrière effet des retournements de prairie

▪ Contribution en azote du sol (en kgN/ha)

Réserve Utile (RU) des sols	Sols superficiels RU < 80 mm		Sols moyennement profonds 80 mm ≤ RU ≤ 120 mm		Sols profonds RU > 120 mm	
	< 350 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 350 mm entre le 1/10 et le 1/03	< 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	< 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 400 mm entre le 1/10 et le 1/03
Pluviométrie						
Blé	65	50	85	70	105	90
Céréale semée au printemps	50	35	60	45	70	55

Source: Chambre d'Agriculture de la Vienne

▪ **Arrière effet des retournements de prairies (en kgN/ha)**

		Age de la prairie			
		- de 2 ans	2 à 3 ans	4 à 5 ans	6 à 10 ans
Année du retournement	Retournement au printemps suivi d'une culture de printemps	15	45	70	85
	Retournement à l'automne suivi d'une culture d'hiver	10	20	35	45
Année suivant le retournement	Après une culture de printemps	0	0	20	25
	Après une culture d'hiver	0	0	0	0

Source: Chambre d'Agriculture de la Vienne

Fourniture du sol (Po) = 11

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

Rappel des équations retenues:

Tous types de sol

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf \quad [1]$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X = \boxed{} \textcircled{1} - \boxed{} \textcircled{2} - \boxed{} \textcircled{3} - \boxed{} \textcircled{4} - \boxed{} \textcircled{5} \\ - \boxed{} \textcircled{6} - \boxed{} \textcircled{7} - \boxed{} \textcircled{8} - \boxed{} \textcircled{9} + \boxed{} \textcircled{10}$$

Sols argilo-calcaires et terres rouges à châtaigniers

$$X = [(Pf - Po - Mr - MrCi - Nirr) / CAU] - Xa \quad [2]$$

La valeur du CAU est de 0,8.

$$X = [(\boxed{} \textcircled{1} - \boxed{} \textcircled{11} - \boxed{} \textcircled{6} - \boxed{} \textcircled{7} \\ - \boxed{} \textcircled{8}) / 0,8] - \boxed{} \textcircled{9}$$

Quelque-soit l'équation utilisée, une majoration peut être appliquée à la dose calculée pour tenir compte de la volatilisation ammoniacale de l'azote épandu sous forme de solution liquide azotée.

Dans le cas où la solution azotée est enfouie, la dose apportée est considérée exactement égale à la dose reçue par la culture ou la prairie.

Dans le cas où la solution azotée est épandue en couverture, la quantité de l'apport peut être majorée avec les coefficients suivants:

Type de sol	Majoration à effectuer
Sol argilo-calcaire	+ 15%
Autre type de sol	+ 10%

ANNEXE 2 :

FERTILISATION DU MAÏS (GRAIN ET ENSILAGE) ET DU SORGHO

Cette fiche a été définie dans le cadre des travaux du groupe régional d'expertise nitrates. Elle correspond à une adaptation de la méthode du bilan azote telle que développée par le COMIFER, à partir des références scientifiques disponibles en Poitou-Charentes.

Équations bilan de fertilisation azotée retenues :

Tous types de sol

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf \quad [1]$$

X: Fertilisation azotée minérale

Pf: Quantité d'azote absorbé par la culture 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

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: équivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduaux organiques

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

Sols argilo-calcaires et terres rouges à châtaigniers

$$X = [(Pf - Po - Mr - MrCi - Nirr) / CAU] - Xa \quad [2]$$

X: Fertilisation azotée minérale

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

Po: Fourniture du sol

Mr: Minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi: Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: Equivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduaux organiques

CAU: Coefficient Apparent d'Utilisation de l'azote

Pour les sols argilo-calcaires et les terres rouges à châtaigniers, l'équation [2] peut être utilisée. Les valeurs des paramètres Pf, Mr, MrCi, Nirr et Xa sont les mêmes que pour l'équation [1].

La date d'ouverture du bilan est fixée au 1^{er} février .

1 - Calcul des besoins de la culture ($Pf = b \times y$)

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

Maïs grain		Maïs fourrage		Maïs semence	
Objectif de rendement (q/ha)	Valeur de b (kgN/q)	Objectif de rendement (tMS/ha)	Valeur de b (kgN/q)	Objectif de rendement (q/ha) Variété femelle	Valeur de b (kgN/q)
< 100	2,3	<12	14	< 35	4
[100; 120]	2,2	[12; 18]	13	[35; 40[3,5
> 120	2,1	> 18	12	[40; 50[3
				≥ 50	2,5

Source: Arvalis-Institut du Végétal – 2012

Pour le maïs semence, les besoins unitaires b doivent être divisés par le Coefficient d'Occupation par les Femelles (COF) :

Dispositif de semis	6x3	6x2	4x2 normal	4x2 réduit	4x3	2x1x2x2 réduit	2x2	Inter planting	Semences de base
COF	0,75	0,77	0,69	0,71	0,67	0,63	0,57	1	1

Source: Arvalis-Institut du Végétal – 2012

Pour le sorgho grain, le besoin est de **2,4 kgN/q**.

▪ **y : objectif de rendement**

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

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

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 (en enlevant les valeurs minimales et maximales) est utilisé en lieu et place de ces références.

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.

S'il manque une de ces cinq valeurs, il est possible de remonter à la sixième année ou de se limiter aux quatre dernières campagnes et procéder à la moyenne selon la même règle (exclusion des valeurs extrêmes).

Valeurs par défaut, en cas d'absence d'historique de rendements disponibles sur l'exploitation (en q/ha) :

Maïs grain en sec (q/ha)

• Série 13 – Indice 320 à 400

Type de sol	Sols superficiels RU < 80	Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120	Sols profonds RU > 120
Sols argilo-calcaires (groies)			80
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	70	80	90
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	70	80	90
Terres rouges à châtaigniers	70	80	90
Limons battants	70	80	90
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)		75	
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée		90	100
Sols de terrasse de vallée	70	80	90
Sol sableux			
Sols limonoargileux	70	80	90
Sols Argilolimoneux	70	80	90
Sols sur arène granitique	70	80	90
Limons sur schiste ou gneiss	70	80	90

• Série 14 – Indice 400 à 500

Type de sol	Sols superficiels RU < 80	Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120	Sols profonds RU > 120
Sols argilo-calcaires (groies)			
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	70	80	90
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	70	80	90
Terres rouges à châtaigniers	70	80	90
Limons battants	70	80	90
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)		75	
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée			
Sols de terrasse de vallée			
Sol sableux			
Sols limonoargileux	70	80	90
Sols Argilolimoneux	70	80	90
Sols sur arène granitique			
Limons sur schiste ou gneiss			

• Série 15 – Indice > 500

Type de sol	Sols superficiels RU < 80	Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120	Sols profonds RU > 120
Sols argilo-calcaires (groies)			
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)			
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	70	80	90
Terres rouges à châtaigniers			
Limons battants			
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)			
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée			
Sols de terrasse de vallée			
Sol sableux			
Sols limonoargileux	70	80	90
Sols Argilolimoneux	70	80	90
Sols sur arène granitique			
Limons sur schiste ou gneiss			

Source: Arvalis-Institut du Végétal

Maïs grain irrigué (q/ha)

- Série 13 – Indice 320 à 400

Type de sol	Sols superficiels RU < 80	Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120	Sols profonds RU > 120
Sols argilo-calcaires (groies)	105	110	115
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	115	120	125
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)			
Terres rouges à châtaigniers	115	120	125
Limons battants	105	110	115
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)			
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée			
Sols de terrasse de vallée			
Sol sableux	105	110	115
Sols limonoargileux	115	120	125
Sols Argilolimoneux	115	120	125
Sols sur arène granitique			
Limons sur schiste ou gneiss			

- Série 14 – Indice 400 à 500

Type de sol	Sols superficiels RU < 80	Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120	Sols profonds RU > 120
Sols argilo-calcaires (groies)	110	115	120
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)			
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	115	120	125
Terres rouges à châtaigniers	115	120	125
Limons battants	105	110	115
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)			
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée			
Sols de terrasse de vallée			
Sol sableux	105	110	115
Sols limonoargileux	115	120	125
Sols Argilolimoneux	115	120	125
Sols sur arène granitique			
Limons sur schiste ou gneiss			

- Série 15 – Indice > 500

Type de sol	Sols superficiels RU < 80	Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120	Sols profonds RU > 120
Sols argilo-calcaires (groies)	115	120	125
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)			
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	120	125	125
Terres rouges à châtaigniers			
Limons battants	110	115	120
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)			
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée			
Sols de terrasse de vallée			
Sol sableux	110	115	120
Sols limonoargileux	115	120	125
Sols Argilolimoneux	115	120	125
Sols sur arène granitique			
Limons sur schiste ou gneiss			

Source: Arvalis-Institut du Végétal

Maïs semence (q/ha)

Charente	Charente-Maritime	Deux-Sèvres	Vienne
35	35	35	35

Maïs fourrage et ensilage (qMS/ha)

Charente	Charente-Maritime	Deux-Sèvres	Vienne
99	118	114	110

Sorgho grain (q/ha)

Charente	Charente-Maritime	Deux-Sèvres	Vienne
52	56	53	53

Besoins de la culture (Pf) = besoin unitaire(b)x objectif de rendement (y)= **1**

2 - Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi)

La date d'ouverture du bilan ayant été fixée au 1^{er} février, le paramètre Pi est nul pour les cultures implantées au printemps ou à l'été.

Azote absorbé a l'ouverture du bilan (Pi) = **2**

3 - Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

Pour la détermination du reliquat azoté à l'ouverture du bilan l'agriculteur peut:

- mesurer le reliquat sortie hiver sur la parcelle ou sur une parcelle de l'exploitation tout à fait comparable (comme prévu par l'arrêté du 19 décembre 2011),
- utiliser les références contenues dans les modèles dynamiques (estimation du reliquat sortie hiver),
- utiliser des références locales annuelles d'accès publics ou privés fournies par les chambres d'agriculture ou les coopératives.

Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri) = **3**

4 – Minéralisation de l'humus (Mh)

Le terme Mh (en kgN/ha) dépend du type de culture, du type de sol et du type d'exploitation afin d'intégrer l'influence de la fertilisation organique.

1) Maïs et sorgho en sec

Type de sol	Céréales sans élevages	Élevage Hors sol	Polyculture sans historique prairie	prairie polyculture élevage bovin
Sols argilo-calcaires (groies)	40	45	50	55
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	40	45	50	55
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	40	45	50	55
Terres rouges à chataigniers	50	50	65	75
Limons battants	50	50	65	75
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	50	50	65	75
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée	75	85	85	90
Sols de terrasse de vallée	50	50	65	75
Sol sableux	70	75	80	85
Sols limonoargileux	50	50	65	75
Sols Argilolimoneux	50	50	65	75
Sols sur arène granitique	50	50	65	75
Limons sur schiste ou gneiss	40	40	40	40

Source: Arvalis-Institut du Végétal

2) Maïs et sorgho irrigué

Type de sol	Céréales sans élevages	Élevage Hors sol	Polyculture sans historique prairie	prairie polyculture élevage bovin
Sols argilo-calcaires (groies)	70	75	80	85
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	70	75	80	85
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	70	75	80	85
Terres rouges à chataigniers	70	75	80	85
Limons battants	70	75	80	85
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	70	75	80	85
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée				
Sols de terrasse de vallée	70	75	80	85
Sol sableux	70	75	80	85
Sols limonoargileux	70	75	80	85
Sols Argilolimoneux	70	75	80	85
Sols sur arène granitique	70	75	80	85
Limons sur schiste ou gneiss	70	75	80	85

Source: Arvalis-Institut du Végétal

Minéralisation de l'humus (Mh) =

4

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

La valeur du poste Mhp (en kgN/ha) dépend de la période de destruction de la prairie et de l'âge de la prairie:

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

Destruction d'automne		Age de la prairie				
		< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	10	30	50	60	70
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0

Minéralisation nette due à un retournement de prairies (Mhp) =

5

6 – Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr)

Le tableau suivant donne la valeur de Mr (en kgN/ha) selon la nature de la culture précédente:

Nature du précédent	Mr (kgN/ha)	Nature du précédent	Mr (kgN/ha)
Betterave	20	Prairie	0
Carotte	10	Pois, Haricots de conserve	20
Céréales pailles enfouies	-20	Pomme de terre	20
Céréales pailles enlevées ou brûlées	0	Tournesol	0
Colza	20	Ray-Grass dérobé	-30
Endive	10	Jachère	cf. tableau suivant
Féverole	30		
Lin fibre	0		
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+1	40		
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+2	20		
Maïs fourrage	0		
Maïs grain	-10		
Pois protéagineux	20		

Source: COMIFER

Le tableau suivant donne la minéralisation nette des résidus de jachère précédente (en kgN/ha):

Type de jachère (espèce dominante)	Age	Période de destruction / culture suivante		
		Fin été/hiver	Fin été/printemps	Fin hiver/printemps
Graminée	Moins de 1 an	10	5	10
	Plus de 1 an	20	15	20
Légumineuse	Moins de 1 an	20	15	20
	Plus de 1 an	40	30	40
Graminée + légumineuse	Moins de 1 an	15	10	15
	Plus de 1 an	30	25	30

Source: COMIFER

Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr) = 6

7 - Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi)

Les valeurs du poste MrCi sont données dans le tableau ci-dessous en kgN/ha:

Espèce	Niveau de croissance	Date de destruction de la culture intermédiaire	
		Novembre à décembre	Janvier et au delà
Seigle et phacélie	Faible ou moyen	0	5
	Élevé	10	10
Ray grass italien et autres graminées	Faible ou moyen	10	15
	Élevé	15	20
Crucifères	Faible ou moyen	10	15
	Élevé	15	20
Légumineuses	Faible ou moyen	25	30
	Élevé	30	30

Source: COMIFER

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi) = 7

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

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

La quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation est obtenue à partir de l'équation suivante:

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

avec:

V: quantité d'eau apportée en mm

C: concentration de l'eau en nitrate en mg NO₃/l

L'apport azoté ne sera pris en compte que si la quantité d'eau apportée est supérieure à 100 mm. Sinon, il sera considéré comme négligeable.

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 de l'équation ci dessus :

Hauteur d'eau apportée (mm)	100	120	140	160	180	200	220	240
Azote apportée (kg/ha)	9	11	13	14	16	18	20	22

L'exploitant peut retenir une concentration en nitrates inférieure à 40 mg/l à condition de la justifier par les résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Dans ce cas, une analyse d'eau ou une estimation de la concentration en nitrates par la méthode de la bandelette devra être faite pendant la période d'irrigation.

Une feuille déclarative devra être mise en place par l'exploitant pour servir en cas de contrôle.

Azote apportée par l'eau d'irrigation (Nirr) = 8

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

La valeur du poste Xa (en kgN/ha) donnée par le calcul suivant :

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

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définies dans l'annexe 10.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 10.

Xa = teneur * Keq * quantité épandue = 9

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

Le tableau suivant donne la valeur de Rf (en kgN/ha) en fonction des types de sols:

Type de sol et Réserve Utile (RU)	Sols superficiels RU < 80 mm	Sols moyennement profonds 80 mm ≤RU≤120mm	Sols profonds RU>120 mm
Sols argilo-calcaires (groies)	15	15	20
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	15	15	20
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	15	15	20
Terres rouges à chataigniers	15	20	30
Limons battants	15	20	30
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	15	20	
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée		30	40
Sols de terrasse de vallée	15	20	30
Sol sableux	5	10	15
Sols limonoargileux	15	20	30
Sols Argilolimoneux	15	20	30
Sols sur arène granitique	15	20	30
Limons sur schiste ou gneiss	15	20	30

Source: Arvalis-Institut du Végétal

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

10

11 – Fourniture du sol pour l'équation [2] (Po)

Le poste fourniture du sol Po intègre la contribution en azote du sol ainsi que l'arrière effet des retournements de prairie

▪ Contribution en azote du sol (en kgN/ha)

Réserve Utile (RU) des sols	Sols superficiels RU < 80 mm		Sols moyennement profonds 80 mm ≤ RU ≤ 120 mm		Sols profonds RU > 120 mm	
	< 350 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 350 mm entre le 1/10 et le 1/03	< 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	< 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 400mm entre le 1/10 et le 1/03
Maïs	75	60	85	70	95	80

Source: Chambre d'Agriculture de la Vienne

▪ **Arrière effet des retournements de prairies (en kgN/ha)**

		Age de la prairie			
		- de 2 ans	2 à 3 ans	4 à 5 ans	6 à 10 ans
Année du retournement	Retournement au printemps suivi d'une culture de printemps	15	45	70	85
	Retournement à l'automne suivi d'une culture d'hiver	10	20	35	45
Année suivant le retournement	Après une culture de printemps	0	0	20	25
	Après une culture d'hiver	0	0	0	0

Source: Chambre d'Agriculture de la Vienne

Fourniture du sol (Po) = <input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/> 11
--

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

Rappel des équations retenues:

Tous types de sol

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf \quad [1]$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X = \boxed{} \textcircled{1} - \boxed{0} \textcircled{2} - \boxed{} \textcircled{3} - \boxed{} \textcircled{4} - \boxed{} \textcircled{5} \\ - \boxed{} \textcircled{6} - \boxed{} \textcircled{7} - \boxed{} \textcircled{8} - \boxed{} \textcircled{9} + \boxed{} \textcircled{10}$$

Sols argilo-calcaires et terres rouges à châtaigniers

$$X = [(Pf - Po - Mr - MrCi - Nirr) / CAU] - Xa \quad [2]$$

La valeur du CAU est de 0,8.

$$X = [(\boxed{} \textcircled{1} - \boxed{} \textcircled{11} - \boxed{} \textcircled{6} - \boxed{} \textcircled{7} \\ - \boxed{} \textcircled{8}) / 0,8] - \boxed{} \textcircled{9}$$

Quelque-soit l'équation utilisée, une majoration peut être appliquée à la dose calculée pour tenir compte de la volatilisation ammoniacale de l'azote épandu sous forme de solution liquide azotée.

Dans le cas où la solution azotée est enfouie, la dose apportée est considérée exactement égale à la dose reçue par la culture ou la prairie.

Dans le cas où la solution azotée est épandue en couverture, la quantité de l'apport peut être majorée avec les coefficients suivants:

Type de sol	Majoration à effectuer
Sol argilo-calcaire	+ 15%
Autre type de sol	+ 10%

ANNEXE 3 :

FERTILISATION DU COLZA

Cette fiche a été définie dans le cadre des travaux du groupe régional d'expertise nitrates. Elle correspond à une adaptation de la méthode du bilan azote telle que développée par le COMIFER, à partir des références scientifiques disponibles en Poitou-Charentes.

Équations bilan de fertilisation azotée retenues :

Tous types de sol

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf \quad [1]$$

X: Fertilisation azotée minérale

Pf: Quantité d'azote absorbé par la culture 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 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

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: équivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduaux organiques

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

Sols argilo-calcaires et terres rouges à châtaigniers

$$X = [(Pf - Po - Mr - MrCi - Nirr) / CAU] - Xa \quad [2]$$

X: Fertilisation azotée minérale

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

Po: Fourniture du sol

Mr: Minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi: Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: Equivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduaux organiques

CAU: Coefficient Apparent d'Utilisation de l'azote

Pour les sols argilo-calcaires et les terres rouges à châtaigniers, l'équation [2] peut être utilisée. Les valeurs des paramètres Pf, Mr, MrCi, Nirr et Xa sont les mêmes que pour l'équation [1].

La date d'ouverture du bilan est fixée au 1^{er} février .

1 - Calcul des besoins de la culture ($Pf = b \times y$)

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

Pour le colza, le besoin d'azote est de **6,5 kgN/q**.

- **y : objectif de rendement**

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

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

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 (en enlevant les valeurs minimales et maximales) est utilisé en lieu et place de ces références.

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.

S'il manque une de ces cinq valeurs, il est possible de remonter à la sixième année ou de se limiter aux quatre dernières campagnes et procéder à la moyenne selon la même règle (exclusion des valeurs extrêmes).

Valeurs par défaut, en cas d'absence d'historique de rendements disponibles sur l'exploitation (q/ha) :

Sols superficiels RU < 80 mm	Sols moyennement profonds 80 mm < RU < 120 mm	Sols profonds RU > 120 mm
28	32	37

Besoins de la culture (Pf) = besoin unitaire(b)x objectif de rendement (y)= 1

2 - Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi)

L'azote absorbé par le colza à l'ouverture du bilan est calculé à partir du poids frais.

Le poids frais peut être estimé par une méthode de pesée en vert ou par une méthode visuelle selon une grille photographique établies par le CETIOM.

La méthode par pesée est recommandée par le CETIOM.

Méthode par pesée

Ci-dessous la procédure à suivre pour réaliser un bon prélèvement et une bonne mesure :

- délimiter 2 à 4 placettes de 1 m² chacune, représentatives de la parcelle (attention, bien prendre en compte la largeur de l'entre-rangs),
- prélever les plantes, lorsque la végétation est ressuyée (en absence de rosée ou de pluie)

- couper les plantes au niveau du collet, au ras du sol
- prélever en entrée et en sortie d'hiver. Dans les régions froides, faire la pesée entrée d'hiver avant la destruction des feuilles par le gel. A la sortie d'hiver, prélever juste avant la date prévue du 1^{er} apport d'azote au printemps : courant janvier dans le Sud, et courant février dans le Nord.
- peser les plantes fraîchement coupées sur chaque placette sans séchage.
- La valeur de poids frais (PF) sera calculée de la façon suivante :
- Si le poids frais à la sortie de l'hiver (PF-SH) est supérieur ou égal au poids frais entrée hiver (PF-EH), alors $PF = PF-SH$
- Si le poids frais à la sortie de l'hiver est inférieur au poids frais entrée hiver, alors $PF = (PF-EH + PF-SH)/2$ (pour tenir compte du fait qu'une partie de l'azote tombé au sol pendant l'hiver via les feuilles vertes gelées est minéralisé et réabsorbé par la culture en place).

Parcelles hétérogènes

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

Méthode visuelle

L'observation des parcelles à la sortie d'hiver et les photos suivantes permettent d'estimer le poids frais du colza. Toutefois, cette méthode est moins précise que la méthode par pesée, notamment au delà d'1 kg/m².

Un coefficient permet la conversion en kg d'azote par hectare, celui-ci diffère en fonction de la région : Il est de 65 en Poitou-Charentes

Pi colza = Poids frais (en kg/m²) * Coefficient

Méthode visuelle	Correspondance méthode par pesée (poids frais en kg/m ²)	Pi en kg d'azote par hectare
	0,2	13
	0,4	26
	1,0	65
	1,4	91
	2,0	130

Source: CETIOM

Le poids frais peut également être estimé par télédétection satellitale (par exemple, méthode Farmstar et autres)

Azote absorbé a l'ouverture du bilan (Pi) =

2

3 - Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

Pour la détermination du reliquat azoté à l'ouverture du bilan l'agriculteur peut:

- mesurer le reliquat sortie hiver sur la parcelle ou sur une parcelle de l'exploitation tout à fait comparable (comme prévu par l'arrêté du 19 décembre 2011),
- utiliser les références contenues dans les modèles dynamiques (estimation du reliquat sortie hiver),
- utiliser des références locales annuelles d'accès publics ou privés fournies par les chambres d'agriculture ou les coopératives.

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

3

4 – Minéralisation de l'humus (Mh)

Le terme Mh (en kgN/ha) dépend du type de sol et du type d'exploitation afin d'intégrer l'influence de la fertilisation organique.

Type de sol	Céréales sans élevages	Élevage Hors sol	Polyculture sans historique prairie	prairie polyculture élevage bovin
Sols argilo-calcaires (groies)	30	35	40	45
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	30	35	40	45
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	30	35	40	45
Terres rouges à châtaigniers	35	40	45	50
Limons battants	35	40	45	50
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	35	40	45	50
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée	45	50	50	60
Sols de terrasse de vallée	30	35	40	45
Sol sableux	35	40	45	50
Sols limonoargileux	35	40	45	50
Sols Argilolimoneux	35	40	45	50
Sols sur arène granitique	35	35	35	35
Limons sur schiste ou gneiss	40	40	40	40

Source: Arvalis-Institut du Végétal

Minéralisation de l'humus (Mh) =

4

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

La valeur du poste Mhp (en kgN/ha) dépend de la période de destruction de la prairie et de l'âge de la prairie:

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

Destruction d'automne		Age de la prairie				
		< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	10	30	50	60	70
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0

Minéralisation nette due à un retournement de prairies (Mhp) =

5

6 – Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr)

Le tableau suivant donne la valeur de Mr (en kgN/ha) selon la nature de la culture précédente:

Nature du précédent	Mr (kgN/ha)
Betterave	20
Carotte	10
Céréales pailles enfouies	-20
Céréales pailles enlevées ou brûlées	0
Colza	20
Endive	10
Féverole	30
Lin fibre	0
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+1	40
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+2	20
Maïs fourrage	0
Maïs grain	-10
Pois protéagineux	20
Prairie	0
Pois, Haricots de conserve	20
Pomme de terre	20
Tournesol	0
Ray-Grass dérobé	-30
Jachère	cf. tableau suivant

Source: COMIFER

Le tableau suivant donne la minéralisation nette des résidus de jachère précédente (en kgN/ha):

Type de jachère (espèce dominante)	Age	Période de destruction / culture suivante		
		Fin été/hiver	Fin été/printemps	Fin hiver/printemps
Graminée	Moins de 1 an	10	5	10
	Plus de 1 an	20	15	20
Légumineuse	Moins de 1 an	20	15	20
	Plus de 1 an	40	30	40
Graminée + légumineuse	Moins de 1 an	15	10	15
	Plus de 1 an	30	25	30

Source: COMIFER

Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr) = 6

7 - Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi)

Pour le colza, le poste MrCi est considéré comme nul.

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi) = 7

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

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

La quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation est obtenue à partir de l'équation suivante:

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

avec:

V: quantité d'eau apportée en mm

C: concentration de l'eau en nitrate en mg NO₃/l

L'apport azoté ne sera pris en compte que si la quantité d'eau apportée est supérieure à 100 mm. Sinon, il sera considéré comme négligeable.

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 de l'équation ci dessus :

Hauteur d'eau apportée (mm)	100	120	140	160	180	200	220	240
Azote apportée (kg/ha)	9	11	13	14	16	18	20	22

L'exploitant peut retenir une concentration en nitrates inférieure à 40 mg/l à condition de la justifier par les résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Dans ce cas, une analyse d'eau ou une estimation de la concentration en nitrates par la méthode de la bandelette devra être faite pendant la période d'irrigation.

Une feuille déclarative devra être mise en place par l'exploitant pour servir en cas de contrôle.

Azote apportée par l'eau d'irrigation (Nirr) = 8

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

La valeur du poste Xa (en kgN/ha) donnée par le calcul suivant :

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

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définies dans l'annexe 10.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 10.

$$Xa = \text{teneur} * Keq * \text{quantité épandue} = \boxed{} \text{ 9}$$

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

Le tableau suivant donne la valeur de Rf (en kgN/ha) en fonction des types de sols:

Type de sol et Réserve Utile (RU)	Sols superficiels RU < 80 mm	Sols moyennement profonds 80 mm ≤RU≤120mm	Sols profonds RU>120 mm
Sols argilo-calcaires (groies)	15	15	20
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	15	15	20
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	15	15	20
Terres rouges à chataigniers	15	20	30
Limons battants	15	20	30
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	15	20	
Terres noires de vallées et marais argileux		30	40
Marais tourbeux ou fond de vallée			
Sols de terrasse de vallée	15	20	30
Sol sableux	5	10	15
Sols limonoargileux	15	20	30
Sols Argilolimoneux	15	20	30
Sols sur arène granitique	15	20	30
Limons sur schiste ou gneiss	15	20	30

Source: Arvalis-Institut du Végétal

$$\text{Azote dans le sol à la fermeture du bilan (Rf)} = \boxed{} \text{ 10}$$

11 – Fourniture du sol pour l'équation [2] (Po)

Le poste fourniture du sol Po intègre la contribution en azote du sol ainsi que l'arrière effet des retournements de prairie

- **Contribution en azote du sol (en kgN/ha)**

Pour le colza, la contribution en azote du sol est estimée en fonction du stade de développement de la culture à la sortie de l'hiver

Développement du colza	Petit		Moyen		Gros	
Pluviométrie du 1/10 au 1/03	< 350 mm	> 350 mm	< 350 mm	> 350 mm	< 350 mm	> 350 mm
Contribution en azote du sol	100	85	130	115	160	145

Source: Chambre d'Agriculture de la Vienne

- **Arrière effet des retournements de prairies (en kgN/ha)**

		Age de la prairie			
		- de 2 ans	2 à 3 ans	4 à 5 ans	6 à 10 ans
Année du retournement	Retournement au printemps suivi d'une culture de printemps	15	45	70	85
	Retournement à l'automne suivi d'une culture d'hiver	10	20	35	45
Année suivant le retournement	Après une culture de printemps	0	0	20	25
	Après une culture d'hiver	0	0	0	0

Source: Chambre d'Agriculture de la Vienne

Fourniture du sol (Po) =

11

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

Rappel des équations retenues:

Tous types de sol

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf \quad [1]$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X = \boxed{}^1 - \boxed{}^2 - \boxed{}^3 - \boxed{}^4 - \boxed{}^5 - \boxed{}^6 - \boxed{0}^7 - \boxed{}^8 - \boxed{}^9 + \boxed{}^{10}$$

Sols argilo-calcaires et terres rouges à châtaigniers

$$X = [(Pf - Po - Mr - MrCi - Nirr) / CAU] - Xa \quad [2]$$

La valeur du CAU est de 0,8.

$$X = [(\boxed{}^1 - \boxed{}^{11} - \boxed{}^6 - \boxed{0}^7 - \boxed{}^8) / 0,8] - \boxed{}^9$$

Quelque-soit l'équation utilisée, une majoration peut être appliquée à la dose calculée pour tenir compte de la volatilisation ammoniacale de l'azote épandu sous forme de solution liquide azotée.

Dans le cas où la solution azotée est enfouie, la dose apportée est considérée exactement égale à la dose reçue par la culture ou la prairie.

Dans le cas où la solution azotée est épandue en couverture, la quantité de l'apport peut être majorée avec les coefficients suivants:

Type de sol	Majoration à effectuer
Sol argilo-calcaire	+ 15%
Autre type de sol	+ 10%

ANNEXE 4 :

FERTILISATION DU TOURNESOL

Cette fiche a été définie dans le cadre des travaux du groupe régional d'expertise nitrates. Elle correspond à une adaptation de la méthode du bilan azote telle que développée par le COMIFER, à partir des références scientifiques disponibles en Poitou-Charentes.

Équations bilan de fertilisation azotée retenues :

Tous types de sol

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf \quad [1]$$

X: Fertilisation azotée minérale

Pf: Quantité d'azote absorbé par la culture 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 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

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: équivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduels organiques

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

Sols argilo-calcaires et terres rouges à châtaigniers

$$X = [(Pf - Po - Mr - MrCi - Nirr) / CAU] - Xa \quad [2]$$

X: Fertilisation azotée minérale

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

Po: Fourniture du sol

Mr: Minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi: Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: Equivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduels organiques

CAU: Coefficient Apparent d'Utilisation de l'azote

Pour les sols argilo-calcaires et les terres rouges à châtaigniers, l'équation [2] peut être utilisée. Les valeurs des paramètres Pf, Mr, MrCi, Nirr et Xa sont les mêmes que pour l'équation [1].

La date d'ouverture du bilan est fixée au 1^{er} février .

1 - Calcul des besoins de la culture ($P_f = b \times y$)

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

Pour le tournesol, le besoin d'azote est de **4,5 kgN/q**.

- **y : objectif de rendement**

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

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

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 (en enlevant les valeurs minimales et maximales) est utilisé en lieu et place de ces références.

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.

S'il manque une de ces cinq valeurs, il est possible de remonter à la sixième année ou de se limiter aux quatre dernières campagnes et procéder à la moyenne selon la même règle (exclusion des valeurs extrêmes).

Valeurs par défaut, en cas d'absence d'historique de rendements disponibles sur l'exploitation (q/ha) :

Sols superficiels RU < 80 mm	Sols moyennement profonds 80 mm < RU < 120 mm	Sols profonds RU > 120 mm
18	23	32

Besoins de la culture (P_f) = besoin unitaire(b)x objectif de rendement (y)= **1**

2 - Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (P_i)

La date d'ouverture du bilan ayant été fixée au 1^{er} février, le paramètre P_i est nul pour les cultures implantées au printemps ou à l'été.

Azote absorbé a l'ouverture du bilan (P_i) = **2**

3 - Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

Pour la détermination du reliquat azoté à l'ouverture du bilan l'agriculteur peut:

- mesurer le reliquat sortie hiver sur la parcelle ou sur une parcelle de l'exploitation tout à fait comparable (comme prévu par l'arrêté du 19 décembre 2011),
- utiliser les références contenues dans les modèles dynamiques (estimation du reliquat sortie hiver),
- utiliser des références locales annuelles d'accès publics ou privés fournies par les chambres d'agriculture ou les coopératives.

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

3

4 – Minéralisation de l'humus (Mh)

Le terme Mh (en kgN/ha) dépend du type de sol et du type d'exploitation afin d'intégrer l'influence de la fertilisation organique.

Type de sol	Céréales sans élevages	Élevage Hors sol	Polyculture sans historique prairie	prairie polyculture élevage bovin
Sols argilo-calcaires (groies)	40	45	50	55
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	40	45	50	55
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	40	45	50	55
Terres rouges à chataigniers	50	50	65	75
Limons battants	50	50	65	75
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	50	50	65	75
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée	75	85	85	90
Sols de terrasse de vallée	50	50	65	75
Sol sableux	70	75	80	85
Sols limonoargileux	50	50	65	75
Sols Argilolimoneux	50	50	65	75
Sols sur arène granitique	50	50	65	75
Limons sur schiste ou gneiss	40	40	40	40

Source: Arvalis-Institut du Végétal

Minéralisation de l'humus (Mh) =

4

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

La valeur du poste Mhp (en kgN/ha) dépend de la période de destruction de la prairie et de l'âge de la prairie:

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

Destruction d'automne		Age de la prairie				
		< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	10	30	50	60	70
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0

Minéralisation nette due à un retournement de prairies (Mhp) =

5

6 – Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr)

Le tableau suivant donne la valeur de Mr (en kgN/ha) selon la nature de la culture précédente:

Nature du précédent	Mr (kgN/ha)	Nature du précédent	Mr (kgN/ha)
Betterave	20	Prairie	0
Carotte	10	Pois, Haricots de conserve	20
Céréales pailles enfouies	-20	Pomme de terre	20
Céréales pailles enlevées ou brûlées	0	Tournesol	0
Colza	20	Ray-Grass dérobé	-30
Endive	10	Jachère	cf. tableau suivant
Féverole	30		
Lin fibre	0		
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+1	40		
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+2	20		
Maïs fourrage	0		
Maïs grain	-10		
Pois protéagineux	20		

Source: COMIFER

Le tableau suivant donne la minéralisation nette des résidus de jachère précédente (en kgN/ha):

Type de jachère (espèce dominante)	Age	Période de destruction / culture suivante		
		Fin été/hiver	Fin été/printemps	Fin hiver/printemps
Graminée	Moins de 1 an	10	5	10
	Plus de 1 an	20	15	20
Légumineuse	Moins de 1 an	20	15	20
	Plus de 1 an	40	30	40
Graminée + légumineuse	Moins de 1 an	15	10	15
	Plus de 1 an	30	25	30

Source: COMIFER

Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr) = **6**

7 - Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi)

Les valeurs du poste MrCi sont données dans le tableau ci-dessous en kgN/ha:

Espèce	Niveau de croissance	Date de destruction de la culture intermédiaire	
		Novembre à décembre	Janvier et au delà
Seigle et phacélie	Faible ou moyen	0	5
	Élevé	10	10
Ray grass italien et autres graminées	Faible ou moyen	10	15
	Élevé	15	20
Crucifères	Faible ou moyen	10	15
	Élevé	15	20
Légumineuses	Faible ou moyen	25	30
	Élevé	30	30

Source: COMIFER

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi) = **7**

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

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

La quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation est obtenue à partir de l'équation suivante:

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

avec:

V: quantité d'eau apportée en mm

C: concentration de l'eau en nitrate en mg NO₃/l

L'apport azoté ne sera pris en compte que si la quantité d'eau apportée est supérieure à 100 mm. Sinon, il sera considéré comme négligeable.

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 de l'équation ci dessus :

Hauteur d'eau apportée (mm)	100	120	140	160	180	200	220	240
Azote apportée (kg/ha)	9	11	13	14	16	18	20	22

L'exploitant peut retenir une concentration en nitrates inférieure à 40 mg/l à condition de la justifier par les résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Dans ce cas, une analyse d'eau ou une estimation de la concentration en nitrates par la méthode de la bandelette devra être faite pendant la période d'irrigation.

Une feuille déclarative devra être mise en place par l'exploitant pour servir en cas de contrôle.

Azote apportée par l'eau d'irrigation (Nirr) = 8

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

La valeur du poste Xa (en kgN/ha) donnée par le calcul suivant :

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

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définies dans l'annexe 10.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 10.

Xa = teneur * Keq * quantité épandue = 9

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

Le tableau suivant donne la valeur de Rf (en kgN/ha) en fonction des types de sols:

Type de sol et Réserve Utile (RU)	Sols superficiels RU < 80 mm	Sols moyennement profonds 80 mm ≤RU≤120mm	Sols profonds RU>120 mm
Sols argilo-calcaires (groies)	15	15	20
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	15	15	20
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	15	15	20
Terres rouges à chataigniers	15	20	30
Limons battants	15	20	30
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	15	20	
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée		30	40
Sols de terrasse de vallée	15	20	30
Sol sableux	5	10	15
Sols limonoargileux	15	20	30
Sols Argilolimoneux	15	20	30
Sols sur arène granitique	15	20	30
Limons sur schiste ou gneiss	15	20	30

Source: Arvalis-Institut du Végétal

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

10

11 – Fourniture du sol pour l'équation [2] (Po)

Le poste fourniture du sol Po intègre la contribution en azote du sol ainsi que l'arrière effet des retournements de prairie

- **Contribution en azote du sol (en kgN/ha)**

Réserve Utile (RU)	Sols superficiels RU < 80 mm		Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120		Sols profonds RU > 120 mm	
	< 350 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 350 mm entre le 1/10 et le 1/03	< 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	< 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 400 mm entre le 1/10 et le 1/03
Tournesol	75	60	85	70	95	80

Source: Chambre d'Agriculture de la Vienne

▪ **Arrière effet des retournements de prairies (en kgN/ha)**

		Age de la prairie			
		- de 2 ans	2 à 3 ans	4 à 5 ans	6 à 10 ans
Année du retournement	Retournement au printemps suivi d'une culture de printemps	15	45	70	85
	Retournement à l'automne suivi d'une culture d'hiver	10	20	35	45
Année suivant le retournement	Après une culture de printemps	0	0	20	25
	Après une culture d'hiver	0	0	0	0

Source: Chambre d'Agriculture de la Vienne

Fourniture du sol (Po) = <input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/> 11

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

Rappel des équations retenues:

Tous types de sol

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf \quad [1]$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X = \boxed{} \textcircled{1} - \boxed{0} \textcircled{2} - \boxed{} \textcircled{3} - \boxed{} \textcircled{4} - \boxed{} \textcircled{5} \\ - \boxed{} \textcircled{6} - \boxed{} \textcircled{7} - \boxed{} \textcircled{8} - \boxed{} \textcircled{9} + \boxed{} \textcircled{10}$$

Sols argilo-calcaires et terres rouges à châtaigniers

$$X = [(Pf - Po - Mr - MrCi - Nirr) / CAU] - Xa \quad [2]$$

La valeur du CAU est de 0,8.

$$X = [(\boxed{} \textcircled{1} - \boxed{} \textcircled{11} - \boxed{} \textcircled{6} - \boxed{} \textcircled{7} \\ - \boxed{} \textcircled{8}) / 0,8] - \boxed{} \textcircled{9}$$

Quelque-soit l'équation utilisée, une majoration peut être appliquée à la dose calculée pour tenir compte de la volatilisation ammoniacale de l'azote épandu sous forme de solution liquide azotée.

Dans le cas où la solution azotée est enfouie, la dose apportée est considérée exactement égale à la dose reçue par la culture ou la prairie.

Dans le cas où la solution azotée est épandue en couverture, la quantité de l'apport peut être majorée avec les coefficients suivants:

Type de sol	Majoration à effectuer
Sol argilo-calcaire	+ 15%
Autre type de sol	+ 10%

ANNEXE 5 :

FERTILISATION DU LIN

Cette fiche a été définie dans le cadre des travaux du groupe régional d'expertise nitrates. Elle correspond à une adaptation de la méthode du bilan azote telle que développée par le COMIFER, à partir des références scientifiques disponibles en Poitou-Charentes.

Équations bilan de fertilisation azotée retenues :

Tous types de sol

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf \quad [1]$$

X: Fertilisation azotée minérale

Pf: Quantité d'azote absorbé par la culture 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 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

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: équivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduaux organiques

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

Sols argilo-calcaires et terres rouges à châtaigniers

$$X = [(Pf - Po - Mr - MrCi - Nirr) / CAU] - Xa \quad [2]$$

X: Fertilisation azotée minérale

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

Po: Fourniture du sol

Mr: Minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi: Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: Equivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduaux organiques

CAU: Coefficient Apparent d'Utilisation de l'azote

Pour les sols argilo-calcaires et les terres rouges à châtaigniers, l'équation [2] peut être utilisée. Les valeurs des paramètres Pf, Mr, MrCi, Nirr et Xa sont les mêmes que pour l'équation [1].

La date d'ouverture du bilan est fixée au 1^{er} février .

1 - Calcul des besoins de la culture ($P_f = b \times y$)

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

Pour le tournesol, le besoin d'azote est de **4,5 kgN/q**.

- **y : objectif de rendement**

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

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

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 (en enlevant les valeurs minimales et maximales) est utilisé en lieu et place de ces références.

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.

S'il manque une de ces cinq valeurs, il est possible de remonter à la sixième année ou de se limiter aux quatre dernières campagnes et procéder à la moyenne selon la même règle (exclusion des valeurs extrêmes).

Valeurs par défaut, en cas d'absence d'historique de rendements disponibles sur l'exploitation (q/ha) :

Sols superficiels RU < 80 mm	Sols moyennement profonds 80 mm < RU < 120 mm	Sols profonds RU > 120 mm
18	20	35

Besoins de la culture (P_f) = besoin unitaire(b)x objectif de rendement (y)= 1

2 - Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (P_i)

La date d'ouverture du bilan ayant été fixée au 1^{er} février, le paramètre P_i est nul pour les cultures implantées au printemps ou à l'été.

Azote absorbé a l'ouverture du bilan (P_i) = 2

3 - Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

Pour la détermination du reliquat azoté à l'ouverture du bilan l'agriculteur peut:

- mesurer le reliquat sortie hiver sur la parcelle ou sur une parcelle de l'exploitation tout à fait comparable (comme prévu par l'arrêté du 19 décembre 2011),
- utiliser les références contenues dans les modèles dynamiques (estimation du reliquat sortie hiver),
- utiliser des références locales annuelles d'accès publics ou privés fournies par les chambres d'agriculture ou les coopératives.

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

3

4 – Minéralisation de l'humus (Mh)

Le terme Mh (en kgN/ha) dépend du type de sol et du type d'exploitation afin d'intégrer l'influence de la fertilisation organique.

Type de sol	Céréales sans élevages	Élevage Hors sol	Polyculture sans historique prairie	prairie polyculture élevage bovin
Sols argilo-calcaires (groies)	40	45	50	55
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	40	45	50	55
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	40	45	50	55
Terres rouges à chataigniers	50	50	65	75
Limons battants	50	50	65	75
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	50	50	65	75
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée	75	85	85	90
Sols de terrasse de vallée	50	50	65	75
Sol sableux	70	75	80	85
Sols limonoargileux	50	50	65	75
Sols Argilolimoneux	50	50	65	75
Sols sur arène granitique	50	50	65	75
Limons sur schiste ou gneiss	40	40	40	40

Source: Arvalis-Institut du Végétal

Minéralisation de l'humus (Mh) =

4

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

La valeur du poste Mhp (en kgN/ha) dépend de la période de destruction de la prairie et de l'âge de la prairie:

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

Destruction d'automne		Age de la prairie				
		< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	10	30	50	60	70
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0

Minéralisation nette due à un retournement de prairies (Mhp) =

5

6 – Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr)

Le tableau suivant donne la valeur de Mr (en kgN/ha) selon la nature de la culture précédente:

Nature du précédent	Mr (kgN/ha)	Nature du précédent	Mr (kgN/ha)
Betterave	20	Prairie	0
Carotte	10	Pois, Haricots de conserve	20
Céréales pailles enfouies	-20	Pomme de terre	20
Céréales pailles enlevées ou brûlées	0	Tournesol	0
Colza	20	Ray-Grass dérobé	-30
Endive	10	Jachère	cf. tableau suivant
Féverole	30		
Lin fibre	0		
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+1	40		
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+2	20		
Maïs fourrage	0		
Maïs grain	-10		
Pois protéagineux	20		

Source: COMIFER

Le tableau suivant donne la minéralisation nette des résidus de jachère précédente (en kgN/ha):

Type de jachère (espèce dominante)	Age	Période de destruction / culture suivante		
		Fin été/hiver	Fin été/printemps	Fin hiver/printemps
Graminée	Moins de 1 an	10	5	10
	Plus de 1 an	20	15	20
Légumineuse	Moins de 1 an	20	15	20
	Plus de 1 an	40	30	40
Graminée + légumineuse	Moins de 1 an	15	10	15
	Plus de 1 an	30	25	30

Source: COMIFER

Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr) =

6

7 - Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi)

Les valeurs du poste MrCi sont données dans le tableau ci-dessous en kgN/ha:

Espèce	Niveau de croissance	Date de destruction de la culture intermédiaire	
		Novembre à décembre	Janvier et au delà
Seigle et phacélie	Faible ou moyen	0	5
	Élevé	10	10
Ray grass italien et autres graminées	Faible ou moyen	10	15
	Élevé	15	20
Crucifères	Faible ou moyen	10	15
	Élevé	15	20
Légumineuses	Faible ou moyen	25	30
	Élevé	30	30

Source: COMIFER

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi) =

7

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

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

La quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation est obtenue à partir de l'équation suivante:

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

avec:

V: quantité d'eau apportée en mm

C: concentration de l'eau en nitrate en mg NO₃/l

L'apport azoté ne sera pris en compte que si la quantité d'eau apportée est supérieure à 100 mm. Sinon, il sera considéré comme négligeable.

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 de l'équation ci dessus :

Hauteur d'eau apportée (mm)	100	120	140	160	180	200	220	240
Azote apportée (kg/ha)	9	11	13	14	16	18	20	22

L'exploitant peut retenir une concentration en nitrates inférieure à 40 mg/l à condition de la justifier par les résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Dans ce cas, une analyse d'eau ou une estimation de la concentration en nitrates par la méthode de la bandelette devra être faite pendant la période d'irrigation.

Une feuille déclarative devra être mise en place par l'exploitant pour servir en cas de contrôle.

Azote apportée par l'eau d'irrigation (Nirr) = 8

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

La valeur du poste Xa (en kgN/ha) donnée par le calcul suivant :

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

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définies dans l'annexe 10.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 10.

Xa = teneur * Keq * quantité épandue = 9

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

Le tableau suivant donne la valeur de Rf (en kgN/ha) en fonction des types de sols:

Type de sol et Réserve Utile (RU)	Sols superficiels RU < 80 mm	Sols moyennement profonds 80 mm ≤RU≤120mm	Sols profonds RU>120 mm
Sols argilo-calcaires (groies)	15	15	20
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	15	15	20
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	15	15	20
Terres rouges à chataigniers	15	20	30
Limons battants	15	20	30
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	15	20	
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée		30	40
Sols de terrasse de vallée	15	20	30
Sol sableux	5	10	15
Sols limonoargileux	15	20	30
Sols Argilolimoneux	15	20	30
Sols sur arène granitique	15	20	30
Limons sur schiste ou gneiss	15	20	30

Source: Arvalis-Institut du Végétal

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

10

11 – Fourniture du sol pour l'équation [2] (Po)

Le poste fourniture du sol Po intègre la contribution en azote du sol ainsi que l'arrière effet des retournements de prairie

▪ Contribution en azote du sol (en kgN/ha)

Réserve Utile (RU)	Sols superficiels RU < 80 mm		Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120		Sols profonds RU > 120 mm	
	< 350 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 350 mm entre le 1/10 et le 1/03	< 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	< 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 400 mm entre le 1/10 et le 1/03
Pluviométrie						
Lin	50	35	60	45	70	55

Source: Chambre d'Agriculture de la Vienne

▪ **Arrière effet des retournements de prairies (en kgN/ha)**

		Age de la prairie			
		- de 2 ans	2 à 3 ans	4 à 5 ans	6 à 10 ans
Année du retournement	Retournement au printemps suivi d'une culture de printemps	15	45	70	85
	Retournement à l'automne suivi d'une culture d'hiver	10	20	35	45
Année suivant le retournement	Après une culture de printemps	0	0	20	25
	Après une culture d'hiver	0	0	0	0

Source: Chambre d'Agriculture de la Vienne

Fourniture du sol (Po) = <input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/> 11

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

Rappel des équations retenues:

Tous types de sol

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf \quad [1]$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X = \boxed{} \textcircled{1} - \boxed{0} \textcircled{2} - \boxed{} \textcircled{3} - \boxed{} \textcircled{4} - \boxed{} \textcircled{5} \\ - \boxed{} \textcircled{6} - \boxed{} \textcircled{7} - \boxed{} \textcircled{8} - \boxed{} \textcircled{9} + \boxed{} \textcircled{10}$$

Sols argilo-calcaires et terres rouges à châtaigniers

$$X = [(Pf - Po - Mr - MrCi - Nirr) / CAU] - Xa \quad [2]$$

La valeur du CAU est de 0,8.

$$X = [(\boxed{} \textcircled{1} - \boxed{} \textcircled{11} - \boxed{} \textcircled{6} - \boxed{} \textcircled{7} \\ - \boxed{} \textcircled{8}) / 0,8] - \boxed{} \textcircled{9}$$

Quelque-soit l'équation utilisée, une majoration peut être appliquée à la dose calculée pour tenir compte de la volatilisation ammoniacale de l'azote épandu sous forme de solution liquide azotée.

Dans le cas où la solution azotée est enfouie, la dose apportée est considérée exactement égale à la dose reçue par la culture ou la prairie.

Dans le cas où la solution azotée est épandue en couverture, la quantité de l'apport peut être majorée avec les coefficients suivants:

Type de sol	Majoration à effectuer
Sol argilo-calcaire	+ 15%
Autre type de sol	+ 10%

ANNEXE 6 :

FERTILISATION DU CHANVRE

Cette fiche a été définie dans le cadre des travaux du groupe régional d'expertise nitrates. Elle correspond à une adaptation de la méthode du bilan azote telle que développée par le COMIFER, à partir des références scientifiques disponibles en Poitou-Charentes.

Équations bilan de fertilisation azotée retenues :

Tous types de sol

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf \quad [1]$$

X: Fertilisation azotée minérale

Pf: Quantité d'azote absorbé par la culture 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 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

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: équivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduels organiques

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

Sols argilo-calcaires et terres rouges à châtaigniers

$$X = [(Pf - Po - Mr - MrCi - Nirr) / CAU] - Xa \quad [2]$$

X: Fertilisation azotée minérale

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

Po: Fourniture du sol

Mr: Minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi: Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: Equivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduels organiques

CAU: Coefficient Apparent d'Utilisation de l'azote

Pour les sols argilo-calcaires et les terres rouges à châtaigniers, l'équation [2] peut être utilisée. Les valeurs des paramètres Pf, Mr, MrCi, Nirr et Xa sont les mêmes que pour l'équation [1].

La date d'ouverture du bilan est fixée au 1^{er} février .

1 - Calcul des besoins de la culture ($P_f = b \times y$)

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

Pour le tournesol, le besoin d'azote est de **1,2 kgN/q**.

- **y : objectif de rendement**

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

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

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 (en enlevant les valeurs minimales et maximales) est utilisé en lieu et place de ces références.

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.

S'il manque une de ces cinq valeurs, il est possible de remonter à la sixième année ou de se limiter aux quatre dernières campagnes et procéder à la moyenne selon la même règle (exclusion des valeurs extrêmes).

Valeurs par défaut, en cas d'absence d'historique de rendements disponibles sur l'exploitation (q/ha) :

Sols superficiels RU < 80 mm	Sols moyennement profonds 80 mm < RU < 120 mm	Sols profonds RU > 120 mm
6	8	12

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

1

2 - Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (P_i)

La date d'ouverture du bilan ayant été fixée au 1^{er} février, le paramètre P_i est nul pour les cultures implantées au printemps ou à l'été.

Azote absorbé a l'ouverture du bilan (P_i) =

0

2

3 - Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

Pour la détermination du reliquat azoté à l'ouverture du bilan l'agriculteur peut:

- mesurer le reliquat sortie hiver sur la parcelle ou sur une parcelle de l'exploitation tout à fait comparable (comme prévu par l'arrêté du 19 décembre 2011),
- utiliser les références contenues dans les modèles dynamiques (estimation du reliquat sortie hiver),
- utiliser des références locales annuelles d'accès publics ou privés fournies par les chambres d'agriculture ou les coopératives.

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

3

4 – Minéralisation de l'humus (Mh)

Le terme Mh (en kgN/ha) dépend du type de sol et du type d'exploitation afin d'intégrer l'influence de la fertilisation organique.

Type de sol	Céréales sans élevages	Élevage Hors sol	Polyculture sans historique prairie	prairie polyculture élevage bovin
Sols argilo-calcaires (groies)	40	45	50	55
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	40	45	50	55
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	40	45	50	55
Terres rouges à chataigniers	50	50	65	75
Limons battants	50	50	65	75
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	50	50	65	75
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée	75	85	85	90
Sols de terrasse de vallée	50	50	65	75
Sol sableux	70	75	80	85
Sols limonoargileux	50	50	65	75
Sols Argilolimoneux	50	50	65	75
Sols sur arène granitique	50	50	65	75
Limons sur schiste ou gneiss	40	40	40	40

Source: Arvalis-Institut du Végétal

Minéralisation de l'humus (Mh) =

4

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

La valeur du poste Mhp (en kgN/ha) dépend de la période de destruction de la prairie et de l'âge de la prairie:

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

Destruction d'automne		Age de la prairie				
		< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	10	30	50	60	70
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0

Minéralisation nette due à un retournement de prairies (Mhp) =

5

6 – Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr)

Le tableau suivant donne la valeur de Mr (en kgN/ha) selon la nature de la culture précédente:

Nature du précédent	Mr (kgN/ha)	Nature du précédent	Mr (kgN/ha)
Betterave	20	Prairie	0
Carotte	10	Pois, Haricots de conserve	20
Céréales pailles enfouies	-20	Pomme de terre	20
Céréales pailles enlevées ou brûlées	0	Tournesol	0
Colza	20	Ray-Grass dérobé	-30
Endive	10	Jachère	cf. tableau suivant
Féverole	30		
Lin fibre	0		
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+1	40		
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+2	20		
Maïs fourrage	0		
Maïs grain	-10		
Pois protéagineux	20		

Source: COMIFER

Le tableau suivant donne la minéralisation nette des résidus de jachère précédente (en kgN/ha):

Type de jachère (espèce dominante)	Age	Période de destruction / culture suivante		
		Fin été/hiver	Fin été/printemps	Fin hiver/printemps
Graminée	Moins de 1 an	10	5	10
	Plus de 1 an	20	15	20
Légumineuse	Moins de 1 an	20	15	20
	Plus de 1 an	40	30	40
Graminée + légumineuse	Moins de 1 an	15	10	15
	Plus de 1 an	30	25	30

Source: COMIFER

Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr) =

6

7 - Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi)

Les valeurs du poste MrCi sont données dans le tableau ci-dessous en kgN/ha:

Espèce	Niveau de croissance	Date de destruction de la culture intermédiaire	
		Novembre à décembre	Janvier et au delà
Seigle et phacélie	Faible ou moyen	0	5
	Élevé	10	10
Ray grass italien et autres graminées	Faible ou moyen	10	15
	Élevé	15	20
Crucifères	Faible ou moyen	10	15
	Élevé	15	20
Légumineuses	Faible ou moyen	25	30
	Élevé	30	30

Source: COMIFER

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi) =

7

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

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

La quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation est obtenue à partir de l'équation suivante:

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

avec:

V: quantité d'eau apportée en mm

C: concentration de l'eau en nitrate en mg NO₃/l

L'apport azoté ne sera pris en compte que si la quantité d'eau apportée est supérieure à 100 mm. Sinon, il sera considéré comme négligeable.

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 de l'équation ci dessus :

Hauteur d'eau apportée (mm)	100	120	140	160	180	200	220	240
Azote apportée (kg/ha)	9	11	13	14	16	18	20	22

L'exploitant peut retenir une concentration en nitrates inférieure à 40 mg/l à condition de la justifier par les résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Dans ce cas, une analyse d'eau ou une estimation de la concentration en nitrates par la méthode de la bandelette devra être faite pendant la période d'irrigation.

Une feuille déclarative devra être mise en place par l'exploitant pour servir en cas de contrôle.

Azote apportée par l'eau d'irrigation (Nirr) =

8

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

La valeur du poste Xa (en kgN/ha) donnée par le calcul suivant :

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

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définies dans l'annexe 10.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 10.

Xa = teneur * Keq * quantité épandue =

9

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

Le tableau suivant donne la valeur de Rf (en kgN/ha) en fonction des types de sols:

Type de sol et Réserve Utile (RU)	Sols superficiels RU < 80 mm	Sols moyennement profonds 80 mm ≤RU≤120mm	Sols profonds RU>120 mm
Sols argilo-calcaires (groies)	15	15	20
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	15	15	20
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	15	15	20
Terres rouges à chataigniers	15	20	30
Limons battants	15	20	30
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	15	20	
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée		30	40
Sols de terrasse de vallée	15	20	30
Sol sableux	5	10	15
Sols limonoargileux	15	20	30
Sols Argilolimoneux	15	20	30
Sols sur arène granitique	15	20	30
Limons sur schiste ou gneiss	15	20	30

Source: Arvalis-Institut du Végétal

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

10

11 – Fourniture du sol pour l'équation [2] (Po)

Le poste fourniture du sol Po intègre la contribution en azote du sol ainsi que l'arrière effet des retournements de prairie

- **Contribution en azote du sol (en kgN/ha)**

Réserve Utile (RU)	Sols superficiels RU < 80 mm		Sols moyennement profonds 80 ≤ RU ≤ 120		Sols profonds RU > 120 mm	
Pluviométrie	< 350 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 350 mm entre le 1/10 et le 1/03	< 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	< 400 mm entre le 1/10 et le 1/03	> 400 mm entre le 1/10 et le 1/03
Chanvre	75	60	85	70	95	80

Source: Chambre d'Agriculture de la Vienne

▪ **Arrière effet des retournements de prairies (en kgN/ha)**

		Age de la prairie			
		- de 2 ans	2 à 3 ans	4 à 5 ans	6 à 10 ans
Année du retournement	Retournement au printemps suivi d'une culture de printemps	15	45	70	85
	Retournement à l'automne suivi d'une culture d'hiver	10	20	35	45
Année suivant le retournement	Après une culture de printemps	0	0	20	25
	Après une culture d'hiver	0	0	0	0

Source: Chambre d'Agriculture de la Vienne

Fourniture du sol (Po) = 11

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

Rappel des équations retenues:

Tous types de sol

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf \quad [1]$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X = \boxed{} \textcircled{1} - \boxed{0} \textcircled{2} - \boxed{} \textcircled{3} - \boxed{} \textcircled{4} - \boxed{} \textcircled{5} \\ - \boxed{} \textcircled{6} - \boxed{} \textcircled{7} - \boxed{} \textcircled{8} - \boxed{} \textcircled{9} + \boxed{} \textcircled{10}$$

Sols argilo-calcaires et terres rouges à châtaigniers

$$X = [(Pf - Po - Mr - MrCi - Nirr) / CAU] - Xa \quad [2]$$

La valeur du CAU est de 0,8.

$$X = [(\boxed{} \textcircled{1} - \boxed{} \textcircled{11} - \boxed{} \textcircled{6} - \boxed{} \textcircled{7} \\ - \boxed{} \textcircled{8}) / 0,8] - \boxed{} \textcircled{9}$$

Quelque-soit l'équation utilisée, une majoration peut être appliquée à la dose calculée pour tenir compte de la volatilisation ammoniacale de l'azote épandu sous forme de solution liquide azotée.

Dans le cas où la solution azotée est enfouie, la dose apportée est considérée exactement égale à la dose reçue par la culture ou la prairie.

Dans le cas où la solution azotée est épandue en couverture, la quantité de l'apport peut être majorée avec les coefficients suivants:

Type de sol	Majoration à effectuer
Sol argilo-calcaire	+ 15%
Autre type de sol	+ 10%

ANNEXE 7 :

FERTILISATION DU TABAC

Cette fiche a été définie dans le cadre des travaux du groupe régional d'expertise nitrates. Elle correspond à une adaptation de la méthode du bilan azote telle que développée par le COMIFER, à partir des références scientifiques disponibles en Poitou-Charentes.

Équation bilan de fertilisation azotée retenue :

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf$$

X: Fertilisation azotée minérale

Pf: Quantité d'azote absorbé par la culture 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 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

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: équivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduels organiques

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

La date d'ouverture du bilan est fixée au 15 mai.

1 - Calcul des besoins de la culture ($Pf = b \times y$)

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

Espèces - Variétés	Valeur de b (en kgN/ha/q feuilles sèches)
Tabac Virginie	3
Tabac Burley	8,5

- **y : objectif de rendement**

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

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

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 (en enlevant les valeurs minimales et maximales) est utilisé en lieu et place de ces références.

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.

S'il manque une de ces cinq valeurs, il est possible de remonter à la sixième année ou de se limiter aux quatre dernières campagnes et procéder à la moyenne selon la même règle (exclusion des valeurs extrêmes).

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

Objectif de rendement par défaut pour le tabac
29 q/ha

Besoins de la culture (Pf) = besoin unitaire(b)x objectif de rendement (y)= **1**

2 - Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi)

La date d'ouverture du bilan ayant été fixée au 1^{er} février, le paramètre Pi est nul pour les cultures implantées au printemps ou à l'été.

Azote absorbé a l'ouverture du bilan (Pi) = **2**

3 - Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

Pour la détermination du reliquat azoté à l'ouverture du bilan l'agriculteur peut:

- mesurer le reliquat sortie hiver sur la parcelle ou sur une parcelle de l'exploitation tout à fait comparable (comme prévu par l'arrêté du 19 décembre 2011),
- utiliser les références contenues dans les modèles dynamiques (estimation du reliquat sortie hiver),
- utiliser des références locales annuelles d'accès publics ou privés fournies par les chambres d'agriculture ou les coopératives.

Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri) = **3**

4 – Minéralisation de l'humus (Mh)

Le terme Mh (en kgN/ha) dépend du type de sol et du type d'exploitation afin d'intégrer l'influence de la fertilisation organique.

Type de sol	Céréales sans élevages	Élevage Hors sol	Polyculture sans historique prairie	prairie polyculture élevage bovin
Sols argilo-calcaires (groies)	40	45	50	55
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	40	45	50	55
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	40	45	50	55
Terres rouges à chataigniers	50	50	65	75
Limons battants	50	50	65	75
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	50	50	65	75
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée	75	85	85	90
Sols de terrasse de vallée	50	50	65	75
Sol sableux	70	75	80	85
Sols limonoargileux	50	50	65	75
Sols Argilolimoneux	50	50	65	75
Sols sur arène granitique	50	50	65	75
Limons sur schiste ou gneiss	40	40	40	40

Source: Arvalis-Institut du Végétal

Minéralisation de l'humus (Mh) = 4

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

La valeur du poste Mhp (en kgN/ha) dépend de la période de destruction de la prairie et de l'âge de la prairie:

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

Destruction d'automne		Age de la prairie				
		< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	10	30	50	60	70
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0

Minéralisation nette due à un retournement de prairies (Mhp) = 5

6 – Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr)

Le tableau suivant donne la valeur de Mr (en kgN/ha) selon la nature de la culture précédente:

Nature du précédent	Mr (kgN/ha)
Betterave	20
Carotte	10
Céréales pailles enfouies	-20
Céréales pailles enlevées ou brûlées	0
Colza	20
Endive	10
Féverole	30
Lin fibre	0
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+1	40
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+2	20
Maïs fourrage	0
Maïs grain	-10
Pois protéagineux	20
Prairie	0
Pois, Haricots de conserve	20
Pomme de terre	20
Tournesol	0
Ray-Grass dérobé	-30
Jachère	cf. tableau suivant

Source: COMIFER

Le tableau suivant donne la minéralisation nette des résidus de jachère précédente (en kgN/ha):

Type de jachère (espèce dominante)	Age	Période de destruction / culture suivante		
		Fin été/hiver	Fin été/printemps	Fin hiver/printemps
Graminée	Moins de 1 an	10	5	10
	Plus de 1 an	20	15	20
Légumineuse	Moins de 1 an	20	15	20
	Plus de 1 an	40	30	40
Graminée + légumineuse	Moins de 1 an	15	10	15
	Plus de 1 an	30	25	30

Source: COMIFER

Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr) =

6

7 - Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi)

Les valeurs du poste MrCi sont données dans le tableau ci-dessous en kgN/ha:

Espèce	Niveau de croissance	Date de destruction de la culture intermédiaire	
		Novembre à décembre	Janvier et au delà
Seigle et phacélie	Faible ou moyen	0	5
	Élevé	5	10
Ray grass italien et autres graminées	Faible ou moyen	5	10
	Élevé	10	15
Crucifères	Faible ou moyen	0	10
	Élevé	5	15
Légumineuses	Faible ou moyen	20	25
	Élevé	30	30

Source: COMIFER

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi) =

7

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

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

La quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation est obtenue à partir de l'équation suivante:

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

avec:

V: quantité d'eau apportée en mm

C: concentration de l'eau en nitrate en mg NO₃/l

L'apport azoté ne sera pris en compte que si la quantité d'eau apportée est supérieure à 100 mm. Sinon, il sera considéré comme négligeable.

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 de l'équation ci dessus :

Hauteur d'eau apportée (mm)	100	120	140	160	180	200	220	240
Azote apportée (kg/ha)	9	11	13	14	16	18	20	22

L'exploitant peut retenir une concentration en nitrates inférieure à 40 mg/l à condition de la justifier par les résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Dans ce cas, une analyse d'eau ou une estimation de la concentration en nitrates par la méthode de la bandelette devra être faite pendant la période d'irrigation.

Une feuille déclarative devra être mise en place par l'exploitant pour servir en cas de contrôle.

Azote apportée par l'eau d'irrigation (Nirr) = **8**

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

La valeur du poste Xa (en kgN/ha) donnée par le calcul suivant :

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

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définies dans l'annexe 10.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 10.

Xa = teneur * Keq * quantité épandue = **9**

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

La valeur du reliquat post-récolte pour le tabac est fixée à 50 kgN/ha

Azote dans le sol à la fermeture du bilan (Rf) = **10**

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

Équation retenue:

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

X=	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	①	-	<input style="width: 50px; height: 20px; text-align: center;" type="text" value="0"/>	②	-	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	③	-	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	④	-	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	⑤
-	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	⑥	-	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	⑦	-	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	⑧	-	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	⑨	+	<input style="width: 50px; height: 20px; text-align: center;" type="text" value="50"/>	⑩

Quelque-soit l'équation utilisée, une majoration peut être appliquée à la dose calculée pour tenir compte de la volatilisation ammoniacale de l'azote épandu sous forme de solution liquide azotée.

Dans le cas où la solution azotée est enfouie, la dose apportée est considérée exactement égale à la dose reçue par la culture ou la prairie.

Dans le cas où la solution azotée est épandue en couverture, la quantité de l'apport peut être majorée avec les coefficients suivants:

Type de sol	Majoration à effectuer
Sol argilo-calcaire	+ 15%
Autre type de sol	+ 10%

ANNEXE 8 :

FERTILISATION DES CULTURES PORTE-GRAINES

Cette fiche a été définie dans le cadre des travaux du groupe régional d'expertise nitrates. Elle correspond à une adaptation de la méthode du bilan azote telle que développée par le COMIFER, à partir des références scientifiques disponibles en Poitou-Charentes.

Les espèces de grandes cultures ont, sauf la betterave, le même cycle que les cultures de consommation et ne présentent pas de spécificités pour la fertilisation azotée.

Équation bilan de fertilisation azotée retenue :

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf$$

X: Fertilisation azotée minérale

Pf: Quantité d'azote absorbé par la culture 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 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

Nirr: Apport d'azote par l'eau d'irrigation

Xa: équivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduaux organiques

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

La date d'ouverture du bilan est fixée au 1^{er} février .

1 - Calcul des besoins de la culture (Pf)

Les besoins en azote pour ces cultures ne sont pas liés à l'objectif de rendement grainier qui est très variable.

Famille botanique	Espèce	Besoin N absorbés par culture kg/ha
<i>FOURRAGERES PORTE-GRAINE</i>		
Poacées	Ray-grass anglais	170
	Ray-grass d'italie	110 (hors découpe de printemps)
	Fétuque élevée	160
	Fétuque rouge	150
	Dactyle	190
	Ray-grass hybride	110 (hors découpe de printemps)
	Fétuque ovine	150
	Fétuque des prés	160
	Brome	160

	Fléole des prés	160
	Radis fourrager	150
BETTERAVE SUCRIERE PORTE-GRAINE		
Chénopodiacées	Betterave sucrière	280
POTAGERES PORTE-GRAINE		
Alliacées	Oignon – plantation d'automne	150
	Oignon – plantation d'automne	70
	Poireau	140
	Échalote	150
Apiacées	Carotte (type Nantaise)	140
	Persil	140
	Aneth	140
	Coriandre	140
	Fenouil	140
	Panais	140
	Céleri	140
Astéracées	Chicorée Witloof (semis direct)	160
	Chicorée à feuille	160
	Laitue	130
	Cardon	140
	Chicorée Scarole/Frisée	160
Brassicacées	Radis (type rond-rouge)	150
	Navet	150
	Cresson de Fontaine	70
	Roquette	150
Chénopodiacées	Betterave rouge	200
	Épinard	200
	Poirée	200
Valérianacée	Mâche	70

Besoins de la culture (Pf) = 1

2 - Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi)

La date d'ouverture du bilan étant fixée au 1^{er} février, le paramètre Pi est nul pour les cultures implantées au printemps ou à l'été. Il sera considéré comme négligeable pour les cultures implantées à l'automne.

Azote absorbé a l'ouverture du bilan (Pi) = 2

3 - Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

Pour la détermination du reliquat azoté à l'ouverture du bilan l'agriculteur peut:

- mesurer le reliquat sortie hiver sur la parcelle ou sur une parcelle de l'exploitation tout à fait comparable (comme prévu par l'arrêté du 19 décembre 2011),
- utiliser les références contenues dans les modèles dynamiques (estimation du reliquat sortie hiver),
- utiliser des références locales annuelles d'accès publics ou privés fournies par les chambres d'agriculture ou les coopératives.

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

3

4 – Minéralisation de l'humus (Mh)

Le terme Mh (en kgN/ha) dépend du type de culture, du type de sol et du type d'exploitation afin d'intégrer l'influence de la fertilisation organique.

1) Cultures implantées à l'hiver

Type de sol	Céréales sans élevages	Élevage Hors sol	Polyculture sans historique prairie	prairie polyculture élevage bovin
Sols argilo-calcaires (groies)	30	35	40	45
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	30	35	40	45
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	30	35	40	45
Terres rouges à chataigniers	35	40	45	50
Limons battants	35	40	45	50
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	35	40	45	50
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée	45	50	50	60
Sols de terrasse de vallée	30	35	40	45
Sol sableux	35	40	45	50
Sols limonoargileux	35	40	45	50
Sols Argilolimoneux	35	40	45	50
Sols sur arène granitique	35	35	35	35
Limons sur schiste ou gneiss	40	40	40	40

Source: Arvalis-Institut du Végétal

2) Cultures implantées au printemps

Type de sol	Céréales sans élevages	Élevage Hors sol	Polyculture sans historique prairie	prairie polyculture élevage bovin
Sols argilo-calcaires (groies)	40	45	50	55
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	40	45	50	55
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	40	45	50	55
Terres rouges à chataigniers	50	50	65	75
Limons battants	50	50	65	75
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	50	50	65	75
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée	75	85	85	90
Sols de terrasse de vallée	50	50	65	75
Sol sableux	70	75	80	85
Sols limonoargileux	50	50	65	75
Sols Argilolimoneux	50	50	65	75
Sols sur arène granitique	50	50	65	75
Limons sur schiste ou gneiss	40	40	40	40

Source: Arvalis-Institut du Végétal

Minéralisation de l'humus (Mh) = 4

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

La valeur du poste Mhp (en kgN/ha) dépend de la période de destruction de la prairie et de l'âge de la prairie:

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

Destruction d'automne		Age de la prairie				
		< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	10	30	50	60	70
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0

Minéralisation nette due à un retournement de prairies (Mhp) = 5

6 – Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr)

Le tableau suivant donne la valeur de Mr (en kgN/ha) selon la nature de la culture précédente:

Nature du précédent	Mr (kgN/ha)
Betterave	20
Carotte	10
Céréales pailles enfouies	-20
Céréales pailles enlevées ou brûlées	0
Colza	20
Endive	10
Féverole	30
Lin fibre	0
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+1	40
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+2	20
Maïs fourrage	0
Maïs grain	-10
Pois protéagineux	20
Prairie	0
Pois, Haricots de conserve	20
Pomme de terre	20
Tournesol	0
Ray-Grass dérobé	-30
Jachère	cf. tableau suivant

Source: COMIFER

Le tableau suivant donne la minéralisation nette des résidus de jachère précédente (en kgN/ha):

Type de jachère (espèce dominante)	Age	Période de destruction / culture suivante		
		Fin été/hiver	Fin été/printemps	Fin hiver/printemps
Graminée	Moins de 1 an	10	5	10
	Plus de 1 an	20	15	20
Légumineuse	Moins de 1 an	20	15	20
	Plus de 1 an	40	30	40
Graminée + légumineuse	Moins de 1 an	15	10	15
	Plus de 1 an	30	25	30

Source: COMIFER

Minéralisation des résidus de culture du précédent (Mr) = 6

7 - Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi)

Pour les cultures d'hiver : Le poste MrCi est négligeable donc **MrCi = 0**.

Pour les cultures de printemps : Les valeurs du poste MrCi sont données dans le tableau ci-dessous en kgN/ha:

Espèce	Niveau de croissance	Date de destruction de la culture intermédiaire	
		Novembre à décembre	Janvier et au delà
Seigle et phacélie	Faible ou moyen	0	5
	Élevé	10	10
Ray grass italien et autres graminées	Faible ou moyen	10	15
	Élevé	15	20
Crucifères	Faible ou moyen	10	15
	Élevé	15	20
Légumineuses	Faible ou moyen	25	30
	Élevé	30	30

Source: COMIFER

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi) =

7

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

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

La quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation est obtenue à partir de l'équation suivante:

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

avec:

V: quantité d'eau apportée en mm

C: concentration de l'eau en nitrate en mg NO₃/l

L'apport azoté ne sera pris en compte que si la quantité d'eau apportée est supérieure à 100 mm. Sinon, il sera considéré comme négligeable.

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 de l'équation ci dessus :

Hauteur d'eau apportée (mm)	100	120	140	160	180	200	220	240
Azote apportée (kg/ha)	9	11	13	14	16	18	20	22

L'exploitant peut retenir une concentration en nitrates inférieure à 40 mg/l à condition de la justifier par les résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Dans ce cas, une analyse d'eau ou une estimation de la concentration en nitrates par la méthode de la bandelette devra être faite pendant la période d'irrigation.

Une feuille déclarative devra être mise en place par l'exploitant pour servir en cas de contrôle.

Azote apportée par l'eau d'irrigation (Nirr) = **8**

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

La valeur du poste Xa (en kgN/ha) est donnée par le calcul suivant :

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

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définies dans l'annexe 10.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 10.

Xa = teneur * Keq * quantité épandue = **9**

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

Le tableau suivant donne la valeur de Rf (en kgN/ha) en fonction des types de sols:

Type de sol et Réserve Utile (RU)	Sols superficiels RU < 80 mm	Sols moyennement profonds 80 mm ≤RU≤120mm	Sols profonds RU>120 mm
Sols argilo-calcaires (groies)	15	15	20
Sols sur craie Nord Vienne (Aubues)	15	15	20
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Martime (Terres de champagne)	15	15	20
Terres rouges à chataigniers	15	20	30
Limons battants	15	20	30
Sols sablo-argileux hydromorphes (brandes)	15	20	
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée		30	40
Sols de terrasse de vallée	15	20	30
Sol sableux	5	10	15
Sols limonoargileux	15	20	30
Sols Argilolimoneux	15	20	30
Sols sur arène granitique	15	20	30
Limons sur schiste ou gneiss	15	20	30

Source: Arvalis-Institut du Végétal

Azote dans le sol à la fermeture du bilan (Rf) = **10**

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

Rappel de l'équation retenue:

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + Rf$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

X=		1	-	0	2	-		3	-		4	-		5
	-	6	-		7	-		8	-		9	+		10

Quelque-soit l'équation utilisée, une majoration peut être appliquée à la dose calculée pour tenir compte de la volatilisation ammoniacale de l'azote épandu sous forme de solution liquide azotée.

Dans le cas où la solution azotée est enfouie, la dose apportée est considérée exactement égale à la dose reçue par la culture ou la prairie.

Dans le cas où la solution azotée est épandue en couverture, la quantité de l'apport peut être majorée avec les coefficients suivants:

Type de sol	Majoration à effectuer
Sol argilo-calcaire	+ 15%
Autre type de sol	+ 10%

ANNEXE 9 :

FERTILISATION DES PRAIRIES

Cette fiche a été définie dans le cadre des travaux du groupe régional d'expertise nitrates. Elle correspond à une adaptation de la méthode du bilan azote telle que développée par le COMIFER, à partir des références scientifiques disponibles en Poitou-Charentes.

Équation bilan de fertilisation azotée retenue :

$$X = [(Pf - PO) / CAU] - Xa$$

X: Fertilisation azotée minérale

Pf: Quantité d'azote absorbé par la prairie jusqu'à la récolte

PO: Fourniture globale d'azote minéral par le sol

Xa: Équivalent engrais minéral de l'azote fourni par les produits résiduels organiques

CAU: Coefficient Apparent d'Utilisation de l'azote

La date d'ouverture du bilan est fixé au 1^{er} février .

1 - Calcul des besoins de la culture (Pf = MS x %N)

- **MS : objectif de production en tMS/ha (tonne de Matière Sèche par hectare)**

Le calcul de l'objectif de production peut se faire selon deux approches:

- 1) Approche globale à partir de la valorisation moyenne de l'herbe de l'exploitation à l'échelle de l'année:

Nombre d'UGB¹ x besoins MS/UGB/an – achats de fourrages +/- variation de stocks
– consommation de maïs ensilage et autres

Les besoins de Matière Sèche par UGB et par an sont fixés à 5 t MS/UGB.

- 2) Sinon, approche parcellaire par les niveaux de production accessible à l'échelle de l'année ou de la saison. Les références à utiliser sont les suivantes:

		Excès d'eau hivernal				
		Nul		Moyen		Fort
Pousse estivale	Forte	Pâture 10 tMS	Fauche + pâture 11 tMS	Pâture 9 tMS	Fauche + pâture 10 tMS	Fauche (+ pâture) 7 tMS
	Ralentie	Pâture 8 tMS	Fauche + pâture 9 tMS	Pâture 7 tMS	Fauche + pâture 8 tMS	Foin (+ pâture) 6 tMS
	Très faible à nulle	Pâture 6 tMS	Fauche + pâture 7 tMS	Pâture 5 tMS	Fauche + pâture 6 tMS	Foin (+ pâture) 4 tMS

Source: COMIFER

¹ UGB: Unité Gros Bétail

- **%N: teneur en azote de l'herbe (kgN/tMS)**

La teneur en azote de l'herbe tient compte du mode d'exploitation dominant de la prairie:

Mode d'exploitation	Kg N/t MS
Pâturage à rotation rapide (retour toutes les 3 semaines) ou continu	30
Pâturage à rotation lente (retour toutes les 5 semaines)	25
Ensilage	25
Foin précoce et Foin de repousse	20
Foin tardif de 1er cycle	15

Source: COMIFER

Besoins de la culture = objectif de production (MS) x teneur en azote de l'herbe (%N) =



2 – Fourniture globale d'azote minéral du sol (PO = Mh + Nrest + Fs)

Le terme PO qui globalise les fournitures du sol prend en compte la minéralisation nette de l'azote Mh, la contribution directe des restitutions au pâturage de l'année Nrest et la quantité d'azote fixée par les légumineuses Fs.

- **Mh : minéralisation nette de l'azote (en kgN/ha)**

Entretien organique	Potentiel de production					
	Faible (< 6 tMS)		Moyen (6 à 8 tMS)		Élevé (> 8 tMS)	
	Fournitures annuelles	Printemps	Fournitures annuelles	Printemps	Fournitures annuelles	Printemps
Faible	35	25	70	50	105	75
Moyen	situation non recommandée		90	65	110	85
Fort	situation non recommandée		situation non recommandée		120	95

Source: Chambres d'agriculture des Pays de la Loire et Arvalis-Institut du Végétal (guide « Fertilisation azotée des prairies »)

- **Nrest : restitution au pâturage de l'année (en kgN/ha)**

Rendement annuel	Part de pâture dans la production		
	> 75%	50 à 75%	< 50%
4 tMS	15	5	5
6 tMS	25	15	10
8 tMS	35	25	15
10 tMS	40	30	20

Source: Chambres d'agriculture des Pays de la Loire et Arvalis-Institut du Végétal (guide « Fertilisation azotée des prairies »)

▪ **Fs : contribution des légumineuses (en kgN/ha)**

Rendement annuel	Proportion visuelle de légumineuse	
	faible 20% été 10% printemps	moyenne 40% été 20% printemps
4 tMS	20	35
6 tMS	30	55
8 tMS	40	75
10 tMS	45	95

Source: Chambres d'agriculture des Pays de la Loire et Arvalis-Institut du Végétal (guide « Fertilisation azotée des prairies »)

A partir de 25% de légumineuses au printemps (50% en été) toute fertilisation azotée est inutile.

Fourniture globale en azote du sol (PO = Mh + Nrest + Fs) = **2**

3 - Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (effet direct) (Xa)

La valeur du poste Xa (en kgN/ha) est donnée par le calcul suivant :

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

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définies dans l'annexe 10.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 10.

Xa = teneur * Keq * quantité épandue = **3**

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

Rappel de l'équation retenue:

$$X = [(Pf - PO) / CAU] - Xa$$

La valeur du CAU est de 0,7.

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X = [(\boxed{} \textcircled{1} - \boxed{} \textcircled{2}) / 0,7] - \boxed{} \textcircled{3}$$

Quelque-soit l'équation utilisée, une majoration peut être appliquée à la dose calculée pour tenir compte de la volatilisation ammoniacale de l'azote épandu sous forme de solution liquide azotée.

Dans le cas où la solution azotée est enfouie, la dose apportée est considérée exactement égale à la dose reçue par la culture ou la prairie.

Dans le cas où la solution azotée est épandue en couverture, la quantité de l'apport peut être majorée avec les coefficients suivants:

Type de sol	Majoration à effectuer
Sol argilo-calcaire	+ 15%
Autre type de sol	+ 10%

ANNEXE 10 :

VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LES PRINCIPAUX FERTILISANTS ORGANIQUES

Teneur en azote total (%Npro)

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de référence pour la teneur en azote total des principaux fertilisants organiques. Ces valeurs peuvent être adaptées au niveau de l'exploitation à condition qu'elles soient justifiées par une analyse du fertilisant produit par l'exploitation pour l'année en cours.

	Type d'effluent	N total (kgN/unité de produit brut)	Unité du produit brut
Bovins	Lisier bovins épais	3,6	m ³
	Lisier bovins non dilué	2,8	m ³
	Lisier bovins dilué	1,6	m ³
	Lisier taurillons caillebotis	4,9	m ³
	Lisier veaux	2,8	m ³
	Fumier bovins stabulations	5,4	T
	Fumier bovins logettes	5,1	T
	Fumier bovins taurillons	3,9	T
	Fumier veaux	2,4	T
	Purins purs	3	m ³
	Purins lixiviats dilués	0,4	m ³
	Compost de fumier de bovins	8	T
Porcs	Lisier porcs concentré	5,5	m ³
	Lisier porcs	4,3	m ³
	Lisier porcs dilué	3,2	m ³
	Fumier porcs paille	7,2	T
	Fumiers porcs sciure	9,1	T
	Compost de fumier de porcs	8,4	T
Poules	Lisier poules pondeuses	6,8	m ³
	Fientes poules humides	22	T
	Fientes poules séchées	40	T
	Fientes poules pré-séchées sur tapis	22	T
	Fientes poules séchées en fosse profonde	30	T
	Fientes poules séchées sous hangar	40	T
	Fumier poules pondeuses	15,1	T
	Fumier poulets label frais	14,5	T
	Fumier poulets label stocké	10,3	T
	Fumier poulets industriels frais	29	T
	Fumier poulets industriels stocké	22	T
	Pintades	Fumier pintades label frais	23
Fumier pintades label stocké		15,4	T
Fumier pintades industriels frais		29	T
Fumier pintades industriels stocké		22	T
Canards	Lisier canards à rôtir	7,5	m ³
	Lisier canards gavage	6	m ³
	Fumier canard label frais	11,9	T

	Fumier canard label stocké	6,8	T
Dindes	Fumier dindes industriels frais	27	T
	Fumiers dindes industriels stocké	21	T
Autres	Fumiers d'ovins	6,7	T
	Compost de fumier d'ovins	11,5	T
	Fumiers caprins	6,1	T
	Fumier lapins	8,5	T
	Fumier d'équins	8,2	T
	Boues liquides 2-5% MS	2	T
	Compost urbain	10	m ³
	Compost de déchets verts	12	T
	Vinasse de sucrerie	40	T
Vinasse de distillerie	0,02	m ³	

Source: Institut de l'Élevage, ITAVI, ITP, ARVALIS, ITEP, arrêté 4^{ème} programme d'actions nitrates Mayenne et Sarthe 2009

Coefficient d'équivalence engrais minéral efficace (Kéq)

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de référence pour le coefficient d'équivalence engrais minéral efficace (Kéq) des principaux Produits Résiduaux Organiques (PRO):

Grandes cultures

Types de PRO	Cultures concernées	Périodes d'apport	Kéq
Fumiers de bovins (pailleux et décomposés)	Cultures de printemps	Printemps	0,3
		Été - automne	0,2
Compost de fumiers de bovins	Cultures de printemps	Printemps	0,3
		Été – automne avant CIPAN	0,15
Fumiers de volailles	Toutes cultures de printemps et d'automne (céréales)	Sortie d'hiver - Printemps	0,55
	Colza	Fin d'été	0,2
	Cultures de printemps	Été – automne avant CIPAN	0,16
Compost de fumiers de volailles	Cultures de printemps	Printemps	0,4
		Été – automne avant CIPAN	0,15
Fientes sèches de volailles (toutes catégories)	Toutes cultures de printemps et d'automne (céréales)	Sortie d'hiver - Printemps	0,7
	Colza	Fin d'été	0,1
	Cultures de printemps	Été – automne avant CIPAN	0,16
Lisier de porcs	Toutes cultures de printemps et d'automne (céréales)	Sortie d'hiver - Printemps	0,75
	Colza	Fin d'été	0,10
	Cultures de printemps	Été – automne avant CIPAN	0,10
Lisiers de bovins	Cultures de printemps	Printemps	0,55
	Cultures d'automne	Fin d'été	0,15
	Cultures de printemps	Été – automne avant CIPAN	0,15
Compost d'ordures ménagères	Cultures de printemps	Printemps	0,10
Compost urbain	Cultures de printemps	Été – automne avant CIPAN	0,3
Vinasse de sucrerie	Cultures de printemps	Été (avant CIPAN)	0,15
		automne	0,3
		Fin d'hiver - printemps	0,6
Boue urbaine liquide	Cultures de printemps	Printemps	0,38
	Cultures de printemps	Été – automne avant CIPAN	0,01
	Cultures d'automne	Fin d'été	0,01
Boue urbaine filtre presse chaulée	Cultures de printemps	Printemps	0,4
	Cultures de printemps	Été – automne avant CIPAN	0,1

	Cultures d'automne	Fin d'été	0,03
Boue urbaine déshydratée chaulée	Cultures de printemps	Printemps	0,3
	Cultures de printemps	Été – automne avant CIPAN	0,05
	Cultures d'automne	Fin d'été	0,02
Boue urbaine séchée	Cultures de printemps	Printemps	0,3
	Cultures de printemps	Été – automne avant CIPAN	0,15
	Cultures d'automne	Fin d'été	0,07
Boue de papeterie	Cultures de printemps	Printemps	-0,25
	Cultures de printemps	Été – automne avant CIPAN	-0,20
	Cultures d'automne	Fin d'été	-0,10
Boue de laiterie	Cultures de printemps	Printemps	0,17
	Cultures de printemps	Été – automne avant CIPAN	0,04
	Cultures d'automne	Fin d'été	0,02
Boue d'IAA production d'acides aminés	Cultures de printemps	Printemps	0,23
	Cultures de printemps	Été – automne avant CIPAN	0,01
	Cultures d'automne	Fin d'été	0,01
Eau de conserverie	Cultures de printemps	Printemps	0,3
	Cultures de printemps	Été – automne avant CIPAN	0,2
	Cultures d'automne	Fin d'été	0,1

Source: COMIFER et SYPREA

Prairies

Types de PRO	Période d'apport	Mode d'apport	Kéq
Fumiers de bovins	Automne - hiver	En surface	0,2
	Printemps	En surface	0,05
Compost de fumiers de bovins	Automne - hiver	En surface	0,15
	Printemps	En surface	0
Fumier de porcs	Automne - hiver	En surface	0,4
	Printemps	En surface	0,4
Compost de fumier de porcs	Automne - hiver	En surface	0,2
	Printemps	En surface	0,2
Lisier de bovins	Printemps – début été*	En surface	0,4
	Printemps	Enfoui	0,5
Lisier de porcs	Printemps	En surface	0,5
	Printemps	Enfoui	0,6
	Fin d'été (prairie de plus de 6 mois)**	En surface	0,3

Source: COMIFER

* Le début de l'été est valable pour les régions arrosées (ou années pluvieuses des zones séchantes)

** sur prairies de plus de 6 mois, cette pratique est de façon générale peu recommandée car elle présente des risques de lixiviation importants durant l'hiver. Il faut veiller à ajuster la quantité d'azote efficace apporté à la capacité d'absorption de la prairie à cette période.

ANNEXE 11 :

DOSES PLAFOND DE FERTILISATION

Cette fiche a été rédigée dans le cadre des travaux du groupe régional d'expertise nitrates, à partir des références scientifiques disponibles en Poitou-Charentes.

Pour les cultures présentées dans cette fiche, la méthode opérationnelle du bilan d'azote minéral du sol prévisionnel n'est pas applicable. La limitation de l'épandage des fertilisants est assurée par la fixation d'une dose plafond d'azote total par hectare.

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 :

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

1 - Dose plafond

Légumes :

Espèces		Dose plafond (en kg N/ha)
Pomme de terre	teneur en matière organique du sol supérieure à 2%	120
	teneur en matière organique du sol inférieure à 2%	150
Melon		140
Légumes en maraîchage		Voir tableau page suivante

Sources : Chambres d'agriculture de Charente et Charente-Maritime - Association Charentes-Poitou Légumière

Espèces		Dose plafond (en kg N/ha)	Recommandation en terme de répartition des apports
Ail		150	Fractionnement à la plantation, sortie hiver et au printemps
Artichaut	année 1	60	30 u 1 mois après la plantation. 30U à la formation des capitules
	années suivantes	120	60 U à l'automne – 30 U au printemps – 30 U à la formation des capitules.
Asperge	année 1	50	30 à 50 U fin juin – début juillet.
	année 2	80	60 à 80 U avril à juillet.
	année 3	120	100 à 120 après récolte.
Aubergine		250	60 U maxi à la plantation – le reste à partir nouaison des fruits.
Betterave		170	Avant semis : 40 à 80 U. Le reste en 2 apports (2 et 3 mois après le semis).
Brocoli à jet		120	1/3 à la plantation – le reste : 1 mois après.
Carotte		120	10 à 20 U au semis si nécessaire – le reste en 2 ou 3 fois en cours de culture.
Céleri rave		170	Fractionnement en 2 à 3 fois entre la plantation et le boulage.
Céleri branche		170	Fractionnement en 2 ou 4 fois entre et après la plantation.
Chou de Bruxelles		160	60 u avant plantation – le reste en couverture (2 fois).
Chou pomme		200	Fractionnement en 3 fois : 1/3 avant plantation – 1/3 1 mois après plantation – 1/3 2 mois après plantation.
Chou fleur		170	Fractionnement en 3 fois : 1/3 avant plantation – 1/3 1 mois après plantation – 1/3 2 mois après plantation.
Concombre		170	50 U avant plantation – reste en fractionnement en cours de culture.
Cornichon		100	30 à 40 U à la plantation – reste en cours de culture
Courgette		160	40 à 50 U avant plantation – Fractionnement en cours de culture.
Échalote		110	20 à 30 U à l'installation – le reste en couverture en 2 fois.
Epinard		120	50 % semis ou plantation – 50 % au stade 2 à 3 feuilles.
Fenouil		130	30 U avant plantation – reste en 2 fois entre la reprise et à mi-développement
Fève		30	Avant semis.
Haricot		50	20 à 30 U au semis – le reste éventuellement en cours de culture.
Laitue Batavia		120	40 à 50 U avant plantation – complément au stade 10/12 feuilles.
Mâche		70	30 à 50 U au semis ou plantation – 20 U 3 semaines à 1 mois avant récolte
Navet		80	20 à 40 unités au semis si nécessaire – le reste en couverture au cours du grossissement.
Oignon		170	30 à 50 U avant semis ou plantation. Le reste en fractionnement en cours de culture mais pas plus de 50 U par apport
Persil		170	30 à 50 U avant semis – 20 à 30 U en cours de culture (si besoins) et 30 à 50 U après chaque coupe
Poireau		220	50 à 60 U avant plantation – le reste en fractionnement en cours de culture (1 à 2 apports).
Poivron		170	50 U avant plantation – le reste en fractionnement en cours de culture à partir de nouaison.
Radis		70	En deux fois : au semis et avant le grossissement des racines.
Tomates		170	50 U avant plantation – fractionnement en cours de culture à partir de nouaison du premier bouquet.

Lorsque plusieurs espèces sont cultivées sur la même surface au cours d'une même année culturale, la quantité totale d'azote pouvant être apportée est calculée en ajoutant les doses plafond de chaque espèce cultivée sur cette surface.

Arbres fruitiers :

Espèces	Dose plafond (en kg N/ha)
Pommiers	100
Autres arbres fruitiers	120

Source : Propositions faites par GREN Pays-de-la-Loire

Plantes aromatiques et médicinales :

Espèces	Dose plafond (en kg N/an)
Pavot - œillette	100
Sauge sarclée	60
Basilic	180
Camomille romaine	60
Cassis	60
Chardon Marie	60
Coriandre	140
Estragon	150
Ginkgo	180
Menthe poivrée	260
Persil	320
Thym	160
Aneth	120
Cerfeuil	200
Ciboulette	300
Fenugrec	40
Mélisse officinale	200
Origan sp	140
Psyllium	60
Romarin	100

Source: ITEIPMAI

Semences fourragères et potagères :

Espèces	Dose plafond (en kg N/an)
Pâturin des près	80
Chou fourrager	125
Ciboule	90

Source: FNAMS

Dose plafond = <input type="text"/> 1

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

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

La quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation est obtenue à partir de l'équation suivante :

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

Avec V : quantité d'eau apporté en mm

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

L'apport azoté ne sera pris en compte que si la quantité d'eau apportée est supérieure à 100 mm.

L'exploitant peut retenir une concentration en nitrates inférieure à 40 mg/l à condition de la justifier par les résultats d'analyse de son eau d'irrigation.

Dans ce cas, une analyse d'eau ou une estimation de la concentration en nitrates par la méthode de la bandelette devra être faite pendant la période d'irrigation.

Une feuille déclarative devra être mise en place par l'exploitant pour servir en cas de contrôle.

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

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

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

$$\text{Xa} = \%N_{\text{pro}} (\text{kgN/t}) * K_{\text{éq}} * Q \text{ effluent épandu (t/ha)}$$

A défaut d'analyses de la teneur en azote des effluents organiques de l'exploitation, les teneurs de référence pour chaque type d'effluent sont définis dans l'annexe 10

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 10.

Xa = %Npro * Kéq * quantité épandue = 3

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

Rappel de l'équation retenue :

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

Soit à partir des postes précédemment établis :

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

Cas particulier des vignes :

Certaines vignes ne reçoivent pas d'azote tous les ans. De ce fait, il est possible de raisonner sur 3 ans mais avec un plafond d'azote minéral à l'année.

- Dose plafond annuelle d'azote apporté sous forme minérale¹: 80 kg N/ha
- Dose plafond sur 3 ans d'azote total efficace (minéral+organique) : 240 kg N/ha

¹ y compris part minérale des engrais organo-minéraux
Annexe 11 : Doses plafond de fertilisation