

## Annexe 6: 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].

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

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

Pour le lin, 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 ( $P_i$ )

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 par ordre de priorité:

- 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 parcelle	Parcelle sans matière organique	Parcelle avec matières organiques		
		Fréquence > 5 ans	Fréquence 3 à 5 ans	Fréquence < 3 ans
Sols argilo-calcaires	40	45	50	55
Sols sur craie Nord Vienne	40	45	50	55
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Maritime	40	45	50	55
Terres rouges à chataigniers	50	50	65	75
Limons battants	50	50	65	75
Sols sablo-argileux hydromorphes	50	50	65	75
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée	75	85	85	90
Sols de terrasses de vallée	50	50	65	75
Sols sableux	70	75	80	85
Sols limonoargileux	50	50	65	75
Sols argileux sur granite, schiste ou gneiss	50	50	65	75
Sols limoneux sur granite, schiste ou gneiss	40	40	45	45

Source: Arvalis-Institut du Végétal, Chambres d'agriculture de Poitou-Charentes

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

Source: COMIFER

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

\* Date d'ouverture du bilan dans certains cas pour des cultures d'été (maïs, pomme de terre...)

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	Production de la culture intermédiaire (tMS/ha)	Ouverture du bilan en sortie hiver		Ouverture du bilan en avril*	
		Destruction Nov/Déc	Destruction Janvier et au delà	Destruction Nov/Déc	Destruction Janvier et au delà
Crucifères (moutarde, radis...)	≤ 1	5	10	0	5
	2 (>1 et <3)	10	15	5	10
	≥ 3	15	20	10	15
Graminées de type seigle, avoine...	≤ 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	≥ 3	10	15	5	10
Graminées de type ray grass	≤ 1	5	10	0	5
	2 (>1 et <3)	10	15	5	10
	≥ 3	15	20	10	15
Légumineuses	≤ 1	10	20	5	10
	2 (>1 et <3)	20	30	10	20
	≥ 3	30	40	20	30
Hydrophyllacées (phacélie)	≤ 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	≥ 3	10	15	5	10
Mélanges graminées-légumineuses	≤ 1	5	13	3	5
	2 (>1 et <3)	13	20	5	13
	≥ 3	20	28	13	20
Mélanges crucifères-légumineuses	≤ 1	8	15	3	8
	2 (>1 et <3)	15	23	8	15
	≥ 3	23	30	15	23

\* Date d'ouverture du bilan dans certains cas pour des cultures d'été (maïs, pomme de terre...)

Source: COMIFER

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi) =

7

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

L'irrigation n'étant quasiment jamais pratiquée sur cette culture, les apports d'azote sous cette forme sont négligés

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 12.

Les coefficients d'équivalence sont définis dans l'annexe 12.

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 sols	Réserve Utile (RU)	Sols superficiels RU < 80 mm	Sols moyennement profonds 80 mm < RU < 120 mm	Sols profonds RU > 120 mm
Sols argilo-calcaires		15	15	20
Sols sur craie Nord Vienne		15	15	20
Sols sur craie Sud Charente et Charente-Maritime		15	15	20
Terres rouges à chataigniers		15	20	30
Limons battants		15	20	30
Sols sablo-argileux hydromorphes		15	20	
Terres noires de vallées et marais argileux Marais tourbeux ou fond de vallée			30	40
Sols de terrasses de vallée		15	20	30
Sols sableux		5	10	15
Sols limonoargileux		15	20	30
Sols argileux sur granite, schiste ou gneiss		15	20	30
Sols limoneux sur granite, 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
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) =

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 :

$$X = \boxed{\phantom{00}} \textcircled{1} - \boxed{0} \textcircled{2} - \boxed{\phantom{00}} \textcircled{3} - \boxed{\phantom{00}} \textcircled{4} - \boxed{\phantom{00}} \textcircled{5} \\ - \boxed{\phantom{00}} \textcircled{6} - \boxed{\phantom{00}} \textcircled{7} \boxed{0} \textcircled{8} - \boxed{\phantom{00}} \textcircled{9} + \boxed{\phantom{00}} \textcircled{10}$$

### 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.

$$X = [( \boxed{\phantom{00}} \textcircled{1} - \boxed{\phantom{00}} \textcircled{11} - \boxed{\phantom{00}} \textcircled{6} - \boxed{\phantom{00}} \textcircled{7} \\ - \boxed{0} \textcircled{8} ) / 0,8 ] - \boxed{\phantom{00}} \textcircled{9}$$

Dans le cas d'un bilan calculé entre 0 et 30 kgN/ha, la dose prévisionnelle à apporter peut être de 30 kg N/ha car il est difficile d'épandre une dose plus faible avec précision.  
Dans le cas d'un bilan négatif, aucun engrais ne doit être apporté.

### Volatilisation ammoniacale aux dépens des engrais minéraux

Le calcul de la dose prévisionnelle d'azote, qui se place dans la configuration « potentielle » d'efficacité maximale de l'engrais azoté, **ne doit pas tenir compte de la volatilisation ammoniacale des engrais minéraux**. La prise en compte de cette perte, potentiellement très variable, n'intervient pas *a priori* dans le calcul prévisionnel de l'apport total mais fait l'objet d'une analyse de risque à chaque apport pour :

1. Eviter ou réduire la perte ammoniacale par des pratiques adaptées

D'une manière générale, toutes les pratiques culturales qui tendent à maximiser l'efficacité de l'azote apporté (maximisation du coefficient d'utilisation de l'azote) doivent être privilégiées avant de recourir à une majoration de dose. Une liste de ces pratiques est disponible sur le site du COMIFER (<http://www.comifer.asso.fr/index.php/bilan-azote/ref-complementaires.html>)

2. Utiliser une grille d'évaluation du risque avant chaque apport d'azote.

Lorsqu'un engrais à base uréique et/ou ammoniacale tel que l'urée et la solution azotée est apporté en plein en cours de culture sans possibilité d'enfouissement/incorporation ou infiltration, une grille d'évaluation du risque de perte d'efficacité permet d'ajuster l'apport prévu en appliquant une majoration de 0 à 15% à cet apport. Cette grille, disponible sur le site Internet du COMIFER (<http://www.comifer.asso.fr/index.php/bilan-azote/ref-complementaires.html>) est utilisable avant chaque apport.

Dans les cas d'apport en plein en cours de culture, sans possibilité d'enfouissement/incorporation ou infiltration, d'un engrais à base uréique et/ou ammoniacale tel que l'urée et la solution azotée, cette grille sera considérée comme un « outil de pilotage de la fertilisation » au sens du 3° du III de l'annexe I de l'arrêté du 19 décembre 2011 (et de l'article 10 du présent arrêté) et peut donc être utilisée pour justifier d'un apport supérieur à la dose prévisionnelle calculée (dans la limite de la majoration de dose que la grille indique). L'agriculteur devra alors produire la grille d'évaluation de l'apport ayant fait l'objet d'une majoration et les justificatifs prouvant qu'il s'agissait d'un apport en plein en cours de culture sans possibilité d'enfouissement/incorporation ou infiltration.