

ANNEXE 6 : SEMENCE MAÏS

Le bilan prévisionnel est calculé grâce à la formule suivante :

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

où :

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

CAU : coefficient apparent d'utilisation de l'engrais

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

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

Ri : reliquat azoté à l'ouverture du bilan

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

Mhp : minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr : minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi : minéralisation des résidus de culture intermédiaire

Nirr : azote apporté par l'eau d'irrigation

Xpro : équivalent engrais minéral d'un produit organique

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

1. CAU

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

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

2. Calcul des besoins de la culture (Pf)

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

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

Avec :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Source : Arvalis

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

Classification des sols	Type de sols (cf. tableau annexe 21)	Rf (kg/ha)
A1	Limons sablo limoneux sains	35
A2	Limons argileux profonds et sains	50
B	Limons humides	35
B1	Limons drainés	35
C1	Argiles ou limons argileux profonds	50
C2	Argilo-calcaire profonds	50
D	Argiles humides	50
E1	Graviers profonds	30
E2	Sables profonds	35
F	Graviers ou sables superficiels	20
G	Argilo-calcaire superficiels	25
H1	Alluvions organiques sains	50
H2	Marais humides	50

Source : Arvalis

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

REMARQUES : pour l'établissement du plan de fumure :

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

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

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

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

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

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

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

$$R_i = \boxed{}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Mh (MS) =

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

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

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

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

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

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

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

Minéralisation nette due à un retournement de prairies = Mhp =

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

Tableaux des valeurs retenues pour estimer le terme Mr

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

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

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

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

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

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

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

* : date d'ouverture du bilan dans certains cas pour les cultures d'été (maïs, pomme de terre)

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

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

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire = MrCI =

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

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

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

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

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

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

Avec V : quantité d'eau apportée en mm annuellement

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Rappel de l'équation retenue :

$$X = [(P_f + R_f - (R_i^* + M_h(MS) + M_{hp} + M_r + M_{rCi} + \text{Nirr})) / \text{CAU}] - X_{\text{pro}}$$