

**Tableau 9a** - Valeur de N absorbé par unité de rendement du précédent en kg N par q de grain ou par tonne de MS.

**9b** - Minéralisation nette de l'azote issue des résidus de récolte (en kg N/ha),

**9c** - Coefficients de correction d'un excès d'azote du bilan de la culture précédente

Précédent	Tableau 9a	Tableau 9b	Tableau 9c
	bp (kg N/q ou t)	M <sub>r</sub> (kg N/ha)	Coef RPR
Avoine pailles enlevées	2,5	0	0,27
Avoine pailles restituées	2,5 + 0,3	-10	0,27
Blé tendre pailles enlevées	3 <sup>(1)</sup>	0	0,27
Blé tendre pailles restituées	3 <sup>(1)</sup> + 0,3	-10	0,27
Blé dur pailles enlevées	3,5 <sup>(2)</sup>	0	0,27
Blé dur pailles restitués	3,5 <sup>(2)</sup> + 0,3	-10	0,27
Colza	7	10	0,4
Mais doux épis + spathes	12 <sup>(2)</sup>	0	0,48
Mais doux épis dépouillés	10 <sup>(2)</sup>	0	0,48
Mais fourrage	13 <sup>(2)</sup>	0	0,48
Mais grain	2,2 <sup>(2)</sup>	0	0,48
Mais semence	5,7 <sup>(2)</sup>	0	0,48
Orge pailles enlevées	2,5	0	0,27
Orge pailles restituées	2,5 + 0,3	-10	0,27
Seigle pailles enlevées	2,3	0	0,27
Seigle pailles restitués	2,3 + 0,3	-10	0,27
Sorgho ensilage	13	0	0,48
Sorgho grain	2,8	0	0,48
Tournesol	4	0	0,4
Triticale pailles enlevées	2,6	0	0,27
Triticale pailles restitués	2,6 + 0,3	-10	0,27
Pois	/	10	1
Féverole	/	20	1
Lupin	/	10	1
Soja	/	10	1
Prairie	/	0	1
Culture Intermédiaire	/	0	
Luzerne (retournement fin d'été/ début automne) : année N+1	/	30	
Luzerne (retournement fin d'été/ début automne) : année N+2	/	20	
Luzerne (retournement de printemps)	/	0	
Betterave	/	10	
Carotte	/	0	
Endive	/	0	
Pommes de terre	/	10	

(1) Les valeurs des besoins unitaires par variété sont publiées chaque année en février

(2) Les valeurs des besoins unitaires varient selon le potentiel de rendement (cf tableau 1, 2 et 3). Les valeurs indiquées ici sont des valeurs moyennes

**Tableau 11** Tableaux des valeurs de Ri pour les cultures d'été par type de sol en fonction de la pluviométrie et de l'azote potentiellement lixiviable (APL).

Cultures	APL = Azote Potentiellement Lixiviable (en Kg N/ha)	Cumul Précipitations du 01/10 au 01/05 (mm)								
		250	300	350	400	450	500	600	700	800
Alluvions limoneuses à argilo-limoneuses	0	50	48	46	41	36	32	27	26	26
	20	66	63	59	52	44	37	29	27	26
	40	81	78	72	62	51	41	30	28	27
	60	97	93	85	72	58	46	32	28	27
	80	113	107	98	83	66	50	34	29	28
	100	129	122	111	93	73	55	35	30	29
Alluvions sableuses et caillouteuses	0	25	23	21	19	18	17	17	17	17
	20	35	31	26	22	19	18	17	17	17
	40	45	40	32	25	20	18	17	17	17
	60	56	48	38	28	22	19	17	17	17
	80	66	57	43	31	23	19	17	17	17
	100	77	65	49	34	24	20	17	17	17
Argiles (terreforts, palus)	0	24	23	22	20	19	17	16	16	16
	20	39	37	33	28	24	20	17	16	16
	40	54	50	44	37	29	23	18	16	16
	60	69	64	56	45	34	26	18	16	16
	80	84	77	67	53	39	29	19	16	16
	100	99	91	78	61	44	31	20	17	16
Argilo calcaire moyen à superficiel	0	30	28	26	24	21	18	14	13	13
	20	47	45	41	35	29	23	16	14	13
	40	65	61	55	46	37	28	18	14	13
	60	83	77	69	58	45	33	19	15	13
	80	100	94	83	69	53	38	21	15	13
	100	118	110	97	80	61	44	23	16	13
Argilo calcaire profond	0	36	35	32	29	26	24	21	20	20
	20	51	48	44	38	32	27	22	21	20
	40	67	62	56	46	37	30	23	21	20
	60	82	76	67	55	43	33	24	21	20
	80	98	90	79	64	49	37	25	21	20
	100	113	104	91	73	54	40	25	21	20
Boulbène moyenne à superficielle	0	30	29	28	26	23	20	16	14	14
	20	48	46	43	39	34	28	19	15	14
	40	66	64	59	53	45	36	23	16	14
	60	85	81	75	67	56	44	26	17	14
	80	103	98	91	81	67	52	29	18	15
	100	121	116	107	94	78	60	32	19	15
Mais-Sorgho APL = Azote Potentiellement Lixiviable (en Kg N/ha)	0	50	47	44	39	35	31	28	27	26
	20	65	61	55	48	40	34	28	27	26
	40	80	75	67	56	45	37	29	27	27
	60	95	88	78	64	50	40	30	27	27
	80	110	102	89	73	56	43	31	27	27
	100	125	116	101	81	61	46	31	28	27
Boulbène profonde	0	61	47	33	25	21	19	19	19	19
	20	71	54	37	27	22	20	19	19	19
	40	82	61	41	28	22	20	19	19	19
	60	92	68	44	30	23	20	19	19	19
	80	102	75	48	31	23	20	19	19	19
	100	113	82	51	33	24	21	19	19	19
Sables blancs	0	65	59	49	39	33	29	27	27	27
	20	81	72	58	45	35	30	27	27	27
	40	98	85	68	50	38	31	27	27	27
	60	114	99	77	55	40	33	28	27	27
	80	130	112	86	61	43	34	28	27	27
	100	146	126	96	66	45	35	28	27	27
Sables limoneux	0	71	58	44	35	32	31	30	30	30
	20	86	69	49	37	33	31	30	30	30
	40	102	79	55	40	33	31	30	30	30
	60	117	90	60	42	34	31	30	30	30
	80	132	100	65	44	35	32	30	30	30
	100	148	111	70	46	35	32	30	30	30
Sables noirs	0	15	15	14	14	13	12	10	9	9
	20	31	30	29	27	24	20	14	11	9
	40	48	46	44	40	35	29	19	12	10
	60	65	62	58	53	46	38	23	14	10
	80	81	78	73	66	57	47	27	16	11
	100	98	94	88	79	68	55	32	18	12
Sols de marais	0	61	60	57	53	47	41	35	34	33
	20	76	74	69	62	54	46	37	34	33
	40	90	87	82	72	61	50	38	34	33
	60	105	101	94	82	68	54	39	34	33
	80	119	115	106	92	75	58	40	35	34
	100	134	128	118	102	82	63	41	35	34
Tuyas, terres noires	0	61	60	57	53	47	41	35	34	33
	20	76	74	69	62	54	46	37	34	33
	40	90	87	82	72	61	50	38	34	33
	60	105	101	94	82	68	54	39	34	33
	80	119	115	106	92	75	58	40	35	34
	100	134	128	118	102	82	63	41	35	34

Réalisation ACPM-GIE 12/13 - Impression Diamant Graphic (B1) - ISBN 978-2-8179-0221-0 - ref2210

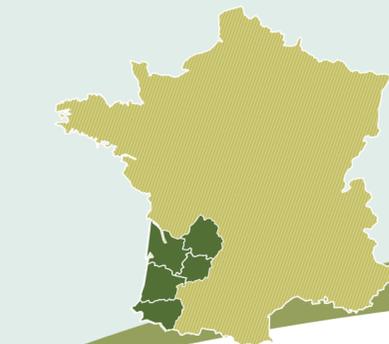


# Gérer la fertilisation azotée

Mais grain, Mais fourrage, Mais semence, Mais doux, Sorgho grain, Sorgho fourrage

Edition 2015

## Région Aquitaine



**ARVALIS**  
Institut du végétal

membre de :  
**ACTA** Institut Technique des Herbivores et des Grandes  
**ITAI** Institut Technique AGRO-INDUSTRIEL

3 rue Joseph et Marie Hackin  
75116 Paris  
Tél. 01 44 31 10 00  
Fax 01 44 31 10 10  
www.arvalisinstitutduvegetal.fr

**ARVALIS**  
Institut du végétal

# Gérer la fertilisation azotée

L'évolution des connaissances conduit à proposer une nouvelle version du guide de calcul de la dose d'azote pour les productions de maïs grain, maïs fourrage, maïs semence, maïs doux, sorgho grain et sorgho fourrage dans le Sud-Ouest. Ce document décrit de façon chronologique la démarche pour la gestion de la fertilisation azotée. Cette démarche permet d'ajuster la dose d'azote en fonction des caractéristiques de la parcelle et des objectifs de production qui lui sont assignés. Cette démarche est cohérente avec les préconisations du COMIFER. Elle fait aussi partie intégrante des méthodes de pilotage de la fertilisation azotée.

## Mode d'emploi de la feuille de calcul

### Étape 1 - Déterminer le besoin en azote de la culture

Les besoins sont propres à l'espèce (maïs, sorgho), au type de production (grain, fourrage, semence ou doux) et dépendent du niveau de production visé. La quantité d'azote que les racines ne peuvent extraire et qui reste dans le sol à la récolte est prise en considération.

### Étape 2 - Estimer les fournitures d'azote

Les fournitures d'azote à prendre en compte dans le bilan sont constituées de l'azote présent dans le sol au moment du semis (bilan d'azote sur la culture précédente, fumiers, lisiers...), des apports organiques, de la minéralisation de l'humus, des résidus de récolte et des résidus de culture intermédiaire.

### Étape 3 - Calcul de la dose d'azote pour l'apport principal

Ce calcul prend en compte l'azote déjà apporté avant le stade 4 feuilles de la culture et le Coefficient Apparent d'Utilisation de l'azote de l'engrais par le maïs. Les valeurs proposées pour les situations agronomiques normales doivent être minorées lorsque le sol est tassé ou lorsque l'enracinement est limité.

**Tableau 10** Coefficients apparents d'utilisation de l'engrais apporté après le stade 4 feuilles

	CAU après 4 feuilles
Mais grain de consommation	0,8
Mais fourrage	0,8
Mais doux	0,7
Sorgho grain	0,8
Sorgho fourrage	0,8
Mais semence	CAU après 4 feuilles
Rdt ≤ 30q/ha	0,7
Rdt >30q/ha	0,8

**Tableau 1** Besoins en azote de la culture pour produire une unité de production

Type	Maïs Grain			Maïs Fourrage			Maïs Doux		Sorgho Grain				Sorgho Fourrage		
Rendements	<100 q/ha	100 à 120 q/ha	>120 q/ha	<14 tS/ha	14 à 18 tS/ha	>18 tS/ha	Épis sans Spathe	Épis avec Spathe	<50 q/ha	50 à 80 q/ha	80 à 100 q/ha	>100 q/ha	0 à 10 tMS/ha	10 à 15 tMS/ha	>15 tMS/ha
b : Besoin d'azote par unité de production	2,3	2,2	2,1	14	13	12	10	12	2,9	2,5	2,3	2,1	16	14	12,5
Unité de production	Quintaux/ha			Tonnes de matière sèche/ha			Tonnes d'épis verts		Quintaux/ha				Tonnes de matière sèche/ha		

**Tableau 2** Cas du Maïs Semence : besoins en azote par hectare des rangs femelles en fonction de l'objectif de rendement

Objectif de rendement des rangs femelles à 15% (q/ha)	[0-10]	[10-15]	[15-20]	[20-25]	[25-30]	[30-35]	[35-40]	[40-45]	[45-50]	[50-55]	[55-60]	[60-70]	[70-...]
Besoin en azote : Pf (Kg N/ha de femelle)	70	85	95	105	115	125	130	135	140	145	150	155	165

**Tableau 3** Maïs Semence : Coefficients d'occupation des sols des rangs femelles

Dispositif de semis	6 x 3	6 x 3	4 x 2 normal	4 x 2 réduit	4 x 3	2 x 1 x 2 x 2 réduit	2 x 2	Inter planting	Semences de base
Coefficient d'occupation par les femelles	0,75	0,77	0,69	0,71	0,67	0,63	0,57	0,67	1

**Tableau 4** 4a - Quantité d'azote non extractible par la culture (poste Rf).

4b - Fourniture du sol en azote par la minéralisation de l'humus après l'ouverture du bilan (Poste Mh).

4c - Contribution d'une culture intermédiaire au reliquat d'azote dans le sol (en kg N/ha)

	% Argile	% CaCO3	% MO	% Cailloux	Minéralisation nette de l'humus (Mh)				Azote dans le sol après une culture intermédiaire	
					Rf (kgN/ha)	Maïs et sorgho (grain et ensilage) SEC	Maïs et sorgho (grain et ensilage) IRRIGUE	Maïs doux et semence IRRIGUE		
1	Alluvions limoneuses à argilo-limoneuses	24	0	2	0	30	45	60	35	30
2	Alluvions sableuses et caillouteuses	18	0	1,7	25	30	30	40	25	30
3	Argiles (terreforts, palus)	53	5	4	0	40	30	40	20	40
4	Argilo calcaire moyen à superficiel	43	6	2,4	0	30	25	35	20	30
5	Argilo calcaire profond	43	10	2,4	0	40	25	30	20	40
6	Boulbène moyenne à superficielle	15	0	1,5	0	15	45	55	30	15
7	Boulbène profonde	15	0	1,5	0	20	45	55	30	20
8	Sables blancs	1	0	1,5	0	10	25	30	15	10
9	Sables limoneux	7	0	2	0	15	55	70	40	15
10	Sables noirs	1	0	5	0	10	45	55	30	10
11	Sols de marais	53	5	4	0	30	30	40	20	30
12	Touyas, terres noires	16	0	5	0	30	35	45	25	30

**Tableau 5** Valeurs A type pour le Sud Ouest

Conditions climatiques l'année précédente	Valeur du A (unités N /ha)*
Fortes minéralisation (climat chaud et humide)	160
Minéralisation moyenne (année normale)	120
Faible minéralisation (climat froid et sec)	70

\* Valeur A fournie chaque année par ARVALIS - Institut du végétal

# Feuille de Calcul (kg N/ha)

## J'évalue le besoin en azote de la culture

L'objectif de rendement est fixé en fonction du niveau de rendement potentiel de la parcelle

$$\text{Objectif de rendement} \times \text{N absorbé par unité de production} = \text{ } \mathbf{1}$$

ou

Cas du maïs semence

$$\text{Besoin en azote par hectare de rangs femelle} / \text{Coefficient d'occupation des sols des rangs femelle} = \text{ } \mathbf{1}$$

## J'estime la quantité d'azote non extractible par la culture

C'est l'azote que les racines ne peuvent extraire et qui reste dans le sol après la récolte (Rf). Elle dépend du type de sol.

## J'estime la quantité d'azote minéral dans le sol disponible au semis pour la culture (un seul cas possible)

### CAS 1 : Si le précédent est une culture autre que prairie et légumineuses (céréales, maïs, sorgho, tabac et oléagineux... ) en l'absence de culture intermédiaire

Dose totale d'azote minéral apportée au précédent

Azote fourni à la culture précédente par la minéralisation (Valeur A\*)

Effet direct des apports organiques sur la culture précédente

Effet du retournement d'une prairie avant le précédent

Contribution d'une culture intermédiaire avant le précédent

Azote consommé par la culture précédente

Apport d'azote organique à l'automne

Azote minéral potentiellement lixiviable (APL)

$$\left[ \left( \text{ } \mathbf{a} - \text{ } \mathbf{b} \right) \times \text{coeff RPR} \right] + \text{ } \mathbf{c} = \text{ } \mathbf{d}$$

*si (a - b) < 0, alors prendre a - b = 0*

J'estime la quantité d'azote minéral présent dans le sol au semis à partir de « d » en fonction du type de sol et de la pluviométrie (Ri)

$$= \text{ } \mathbf{3}$$

### CAS 2 : Si le précédent est un protéagineux

Azote minéral restant dans le sol après un précédent légumineuse

$$\begin{aligned} &\bullet \text{ Pois : } 30 + \left( 0,5 \times \text{ } \right) \\ &\bullet \text{ Féverole, lupin : } 20 + \left( 0,4 \times \text{ } \right) \\ &\bullet \text{ Soja : } 20 + \left( 0,3 \times \text{ } \right) \end{aligned} = \text{ } \mathbf{d}$$

\* Valeur A fournie chaque année par ARVALIS - Institut du végétal. En absence de données, se reporter au tableau 5

Apport d'azote organique à l'automne

$$\text{Quantité de produit organique (t ou m}^3\text{/ha)} \times \text{Teneur en azote (kg N/t ou m}^3\text{)} \times \text{Coefficient d'équivalence Keq Ri} = \text{ } \mathbf{3}$$

J'estime la quantité d'Azote minéral présent dans le sol (Ri) à partir de la quantité d'Azote Potentiellement Lixiviable « d » en fonction du type de sol et de la pluviométrie.

$$= \text{ } \mathbf{3}$$

### CAS 3 : Si le précédent est une prairie

Azote restant dans le sol à la destruction d'une prairie (Ri)

$$= \text{ } \mathbf{3}$$

### CAS 4 : Si une culture intermédiaire précède ma culture

Azote minéral restant dans le sol après une culture intermédiaire (Ri)

$$= \text{ } \mathbf{3}$$

## J'estime les fournitures d'azote utile pour la culture

Effet direct des apports organiques récents

$$\text{Quantité de produit organique (t ou m}^3\text{/ha)} \times \text{Teneur en azote (kg N/t ou m}^3\text{)} \times \text{Coefficient d'équivalence Keq Bilan} \times \text{CAU} = \text{ } \mathbf{4}$$

Azote issu de la minéralisation de l'humus entre le semis et le stade de maturité physiologique (Mh).

Azote issu de la minéralisation des résidus de récolte (Mr)

Effet de la destruction d'une prairie sur la culture de maïs qui suit (Mhp)

Azote minéral restitué à ma culture par une culture intermédiaire (MrCi).  
Si la biomasse est exportée, prendre la valeur 0 kg N/ha

Azote minéral apporté par l'eau d'irrigation (Nirr).  
A calculer si la teneur en nitrate de l'eau d'irrigation est connue. Quantité souvent négligeable pour les eaux superficielles.

$$\text{Quantité d'eau d'irrigation prévue jusqu'à 3 semaines après la floraison (mm/ha)} \times \text{Teneur en nitrate (NO}_3\text{, mg/l)} = \text{ } \mathbf{4}$$

## Je calcule la dose de l'apport principal d'azote (après 4 feuilles)

Azote minéral utile apporté avant le stade 4 feuilles

$$\text{Dose d'azote} \times \text{Coefficient d'utilisation avant 4 feuilles } \mathbf{0,6} = \text{ } \mathbf{5}$$

Quantité d'azote minéral à apporter après 4 feuilles

$$\text{ } \mathbf{1} + \text{ } \mathbf{2} - \text{ } \mathbf{3} - \text{ } \mathbf{4} - \text{ } \mathbf{5} = \text{ } \mathbf{3}$$

Coefficient d'utilisation après 4 feuilles

tableau 10

**Tableau 6** Contribution d'un précédent prairie au reliquat d'azote (en kg N/ha)

	Prairie de 1 à 2 ans	Prairie de 3 à 6 ans	Prairie de plus de 6 ans	Jachère annuelle	Jachère pluriannuelle
Graminées pures	25 + 0,3*A	75 + 0,3*A	100 + 0,3*A	10 + 0,4*A	20 + 0,4*A
Association Graminées-légumineuses	25 + 0,3*A	75 + 0,3*A	100 + 0,3*A	20 + 0,4*A	20 + 0,4*A

\* Valeur A fournie chaque année par ARVALIS - Institut du végétal

**Tableau 7** Minéralisation nette de l'azote due à un retournement de prairie (en kg N/ha)

Rang culture post-destruction	Type de production	Mode d'exploitation	Age de la prairie				
			< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
1 <sup>ère</sup> culture après destruction	Graminées pures	Pâturage intégrale	20	60	100	120	140
		Fauche + pâturage	14	42	70	84	98
2 <sup>ème</sup> culture après destruction	Graminées pures	Pâturage intégrale	0	0	25	35	40
		Fauche + pâturage	0	0	17,5	24,5	28

**Tableau 8** Apport d'azote dû à la minéralisation nette de résidus de cultures intermédiaires

Rang culture post-destruction	Type de production	Mode d'exploitation	Age de la prairie				
			< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
1 <sup>ère</sup> culture après destruction	Graminées pures	Pâturage intégrale	10	30	50	60	70
		Fauche + pâturage	7	21	35	42	49
2 <sup>ème</sup> culture après destruction	Graminées pures	Pâturage intégrale	4	12	20	24	28
		Fauche + pâturage	10	30	50	60	70

**Tableau 8a** Production de la CI (tMS/ha)

	Production de la CI (tMS/ha)	Ouverture du bilan en mars (stade épi 1 cm des céréales à paille)		Ouverture du bilan en avril (semis printemps)	
		Destruction Nov/déc	Destruction > janv	Destruction Nov/déc	Destruction > janv
Crucifères (moutarde, radis...)	<=1	5	10	0	5
	entre 1 et 3	10	15	5	10
	>=3	15	20	10	15
Graminées de type seigle, avoine	<=1	0	5	0	0
	entre 1 et 3	5	10	0	5
	>=3	10	15	5	10
Graminées de type ray-grass	<=1	5	10	0	5
	entre 1 et 3	10	15	5	10
	>=3	15	20	10	15
Légumineuses	<=1	10	20	5	10
	entre 1 et 3	20	30	10	20
	>=3	30	40	20	30
Hydrophyllacées (Phacélie)	<=1	0	5	0	0
	entre 1 et 3	5	10	0	5
	>=3	10	15	5	10
Mélanges graminées-légumineuses	<=1	5	13	3	5
	entre 1 et 3	13	20	5	13
	>=3	20	28	13	20
Mélanges crucifères-légumineuses	<=1	8	15	3	8
	entre 1 et 3	15	23	8	15
	>=3	23	30	15	23