

Guide régional de fertilisation

Prairies et cultures fourragères

aGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRES D'AGRICULTURE
AUVERGNE





GUIDE REGIONAL FERTILISATION

Prairies et cultures fourragères

En Auvergne, la production autonome de fourrages représente un enjeu majeur pour la rentabilité économique des exploitations d'élevage. La fertilisation constitue un élément important de cette autonomie. Dans les élevages de la région, les pratiques habituelles de fertilisation sont basées sur une utilisation combinée d'apports organiques (fumier, lisier ou compost) et d'engrais minéraux. Cette double utilisation des éléments fertilisants rend particulièrement nécessaire le raisonnement de la fertilisation pratiquée par les éleveurs.

Ce guide présente les différentes étapes et méthodes pour raisonner la fertilisation NPK et les apports d'amendements sur les prairies et les cultures fourragères. Il s'appuie à la fois sur des références connues et validées au niveau régional et national, et sur le dépouillement de nombreuses expérimentations conduites dans les 4 départements de la région.

EDITO

Gilbert Guignand
Président Chambre d'agriculture
Auvergne-Rhône Alpes



En Auvergne, comme dans la majorité des zones de montagne, les surfaces en prairies constituent la première richesse fourragère de nos exploitations d'élevage.

Qu'elles soient permanentes ou temporaires, ce que l'on attend de ces prairies c'est avant tout de produire de l'herbe de qualité et en quantité suffisante pour nourrir nos animaux. C'est à cette condition que l'on pourra préserver l'autonomie alimentaire de nos exploitations, gage de leur rentabilité économique.

De plus, la prairie représente naturellement un lien fort avec le territoire. Valoriser les surfaces en prairies, c'est aussi préserver la qualité et la diversité de nos paysages et, par là-même, l'identité de nos territoires.

Raisonner la fertilisation, c'est assurer une alimentation équilibrée des prairies pour produire des fourrages de qualité, tout en préservant leur diversité et leur pérennité.

Pour nous, éleveurs, l'enjeu est aussi bien technique qu'économique : Ainsi, en valorisant au mieux les engrais de ferme déjà présents sur nos exploitations, nous maîtriserons mieux les charges liées à la conduite de nos surfaces fourragères, que ce soit directement au travers des achats d'engrais ou d'amendements, ou indirectement par les achats de fourrages, d'aliments ou les frais de récolte.

Ce guide est le fruit d'un travail d'équipe conduit depuis plusieurs années par les conseillers fourrages des 4 chambres d'agriculture de la région Auvergne.

Au-delà des spécificités régionales, ce guide se veut, avant tout, être un outil de conseil destiné à tous les agriculteurs soucieux de valoriser au mieux leurs surfaces en prairies ou cultures fourragères afin de continuer à améliorer la rentabilité économique de leurs exploitations et à leurs conseillers.

E

- Le raisonnement de la fertilisation des prairies et des cultures fourragères en 4 étapes

4

R

- Grille de conseils pour la fertilisation N P K Ca et Mg des prairies et valeurs fertilisantes des apports organiques sur prairie

6

I

- Grille de conseils pour la fertilisation N P K Ca et Mg de quelques cultures fourragères et valeurs fertilisantes des apports organiques pour les cultures fourragères

7

A

- Valorisation des engrais de ferme

11

M

- Plantes bio-indicatrices des prairies et cultures fourragères

15

M

- Choix des engrais minéraux

19

O

- L'analyse d'herbe, un outil pour piloter la fertilisation des prairies

23

S

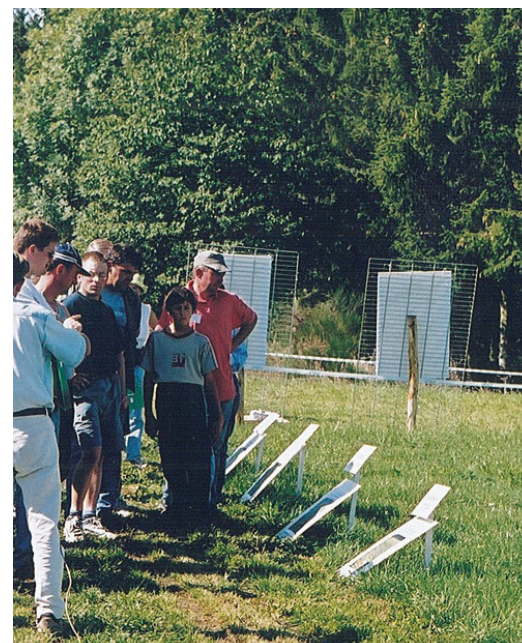
- L'analyse de terre, un outil pour piloter la fertilisation des cultures fourragères et le chaulage des prairies

25

- Le chaulage des prairies et des cultures fourragères

28

RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION DES PRAIRIES ET DES CULTURES FOURRAGÈRES



La fertilisation des prairies et des cultures fourragères se raisonne en 4 étapes

- Détermination des besoins des différentes cultures en fonction de leur mode d'utilisation, de leur niveau de rendement et du niveau de fourniture du sol,
- Calcul des éléments fertilisants fournis par les apports organiques,
- Calcul des éléments fertilisants restant à apporter par les engrais minéraux,
- Diagnostic et contrôle des résultats du conseil de fertilisation (cas des prairies).

1^{ère} étape : **Détermination des besoins des prairies**

1 - Azote

Les besoins en azote sont calculés pour chaque type de prairie ou de culture à partir de la méthode du bilan (source GREN). Pour les fournitures du sol, on distingue à chaque fois deux niveaux d'entretien organique (apports réguliers ou occasionnels).

- **Dans le cas des prairies (Tableau n° 1 – page 6)**, les besoins en azote sont calculés en fonction du mode d'utilisation (pâturage seule, fauche précoce ou tardive...) et du niveau de production annuelle de la prairie. Le calcul tient aussi compte des restitutions au pâturage. Pour toutes les situations, le calcul intègre une contribution de 15N/ha/an par les légumineuses (ce qui correspond à la majorité des prairies permanentes ou des prairies temporaires à dominante graminées). Dans le cas particulier des prairies riches en légumineuses, qu'elles soient permanentes ou temporaires à dominante de légumineuses, il est proposé de diviser la dose annuelle d'azote à apporter par 2. Enfin, pour favoriser les légumineuses, il faudra limiter les apports azotés (maximum 40 unités N/apport).

- **Dans le cas des cultures fourragères (Tableau n° 3 – page 8)**, les besoins en azote sont calculés en fonction du niveau de rendement pour chaque culture. Pour les fournitures du sol, on distingue d'une part une situation avec entretien organique régulier ou présence régulière de prairie dans la rotation, et d'autre part une situation sans entretien organique et sans prairie.

2 - Phosphore et Potassium

Pour les prairies comme pour les cultures fourragères, le calcul des besoins en P2O5 et K2O est basé sur la méthode du COMIFER. Les besoins sont calculés pour une situation de sol moyennement pourvu (ne nécessitant ni redressement, ni impasse). Dans le cas des prairies, le calcul prend en compte les restitutions en P et K au pâturage.

3 - Calcium et Magnésium

Le calcul des besoins en CaO (exprimé en Valeur Neutralisante ou VN) et MgO est basé sur la couverture des besoins d'entretien des différents types de culture pour une situation de sol moyennement pourvu (sans redressement ni impasse nécessaire). Le calcul des besoins en CaO intègre l'effet acidifiant des engrais azotés.



2^{ème} étape : Calcul des éléments fertilisants fournis par les apports organiques sur prairie ou sur culture fourragère

Une fois les besoins des différentes cultures connus, il faut évaluer les apports d'éléments fertilisants qui peuvent être couverts par les apports organiques.

Pour l'azote, la part rapidement disponible (aussi appelée azote efficace) est estimée entre 10 et 15 % pour les composts, entre 20 et 30 % pour les fumiers, entre 30 et 40 % pour les lisiers de bovin et jusqu'à 60 % pour les lisiers de porc ou les fumiers de volaille. Elle varie en fonction de l'époque d'apport (printemps, automne) et la culture pour laquelle cet épandage est réalisé (non enfoui sur prairie ou enfoui avant culture fourragère). Pour calculer le besoin résiduel en azote à couvrir par les engrais minéraux, on retiendra la valeur d'azote efficace correspondant au produit, à la culture et à l'époque d'apport prévue.

- **Le tableau n°2 (page 7)** présente les valeurs d'azote efficace retenues pour des apports de surface réalisés sur prairie.
- **Le tableau n°4 (page 9)** présente les valeurs d'azote efficace pour des apports enfouis avant culture, en distinguant le cas des céréales et des cultures de printemps.

Pour le phosphore et le potassium, quelle que soit la culture, la totalité des éléments contenus dans les engrais de ferme ont la même efficacité que celle des engrais minéraux. Le potassium est libéré rapidement alors que le phosphore est libéré plus graduellement.

3^{ème} étape : Calcul des éléments fertilisants restant à apporter par les engrais minéraux

Le calcul des éléments fertilisants à apporter par les engrais minéraux se fait en déduisant les valeurs fertilisantes des apports organiques des besoins annuels des différentes cultures.

Pour les engrais azotés, il est conseillé de fractionner les apports dès lors que la quantité à apporter dépasse 60 unités/ha (40 unités/ha dans le cas des pâtures). En règle générale, on peut apporter 2/3 de la dose pour la 1^{ère} coupe et 1/3 de la dose en 2^{ème} coupe.

Voir aussi chapitre sur « La Valorisation des engrais de ferme ».

4^{ème} étape : Diagnostic et contrôle des résultats du conseil de fertilisation dans le cas des prairies

Cette étape se base sur l'analyse végétale d'un prélèvement d'herbe réalisé au stade montaison-épiaison. L'analyse des teneurs en N, P et K de l'échantillon ainsi prélevé permet de connaître son état de nutrition et de vérifier et valider *a posteriori* le conseil de fertilisation apporté sur cette prairie. A ce jour, cette démarche n'est disponible que pour les prairies.

TABLEAU N° 1

Grille de conseils pour la fertilisation NPK et Ca Mg des prairies (1)

Utilisation de la prairie	Production annuelle de la prairie	Besoins annuels (en unités/ha/an) (2)					
		Azote N (3)		P2O5	K2O	MgO	CaO (4)
		si apports organiques réguliers (tous les ans ou 1 an sur 2)	Si apports organiques occasionnels (1 an sur 3 ou plus)				
Pâturage seule	faible (3 à 4 tMS/ha/an)		20	10	20	30	100
	moyenne (4 à 5 tMS/ha/an)	30	50	10	25	40	130
	élevée (5 à 6 tMS/ha/an)	60	80	15	30	50	160
	très élevée (6 à 7 tMS/ha/an)	100	120	15	35	60	190
Fauche tardive (5) + Pâturage	moyenne (4 à 5 tMS/ha/an)	10	30	30	70	30	120
	élevée (5 à 6 tMS/ha/an)	30	50	35	80	35	150
	très élevée (6 à 7 tMS/ha/an)	60	70	40	90	40	180
Fauche tardive (5) + Regain + Pâturage	moyenne (4 à 5 tMS/ha/an)	20	40	30	80	30	120
	élevée (5 à 6 tMS/ha/an)	40	60	35	90	35	150
	très élevée (6 à 7 tMS/ha/an)	60	80	40	100	35	180
Fauche précoce (6) + Pâturage	moyenne (5 à 6 tMS/ha/an)	60	80	35	100	30	160
	élevée (6 à 7 tMS/ha/an)	80	100	40	110	35	190
	très élevée (7 à 8 tMS/ha/an)	100	120	45	120	40	230
Fauche précoce (6) + Regain + Pâturage	moyenne (6 à 7 tMS/ha/an)	80	120	40	130	30	180
	élevée (7 à 8 tMS/ha/an)	100	140	50	145	40	210
	très élevée (8 à 10 tMS/ha/an)	120	160	60	160	50	240

- (1) Cette grille conseil est adaptée pour toutes les prairies permanentes ou temporaires à dominante graminées, qu'elles soient situées en zone vulnérable ou non. Dans le cas de prairies riches en légumineuses, la dose d'azote à apporter sera divisée par 2.
- (2) Le calcul des besoins annuels tient compte des restitutions au pâturage.
- (3) Pour les besoins en azote, il ne s'agit pas de l'azote total, mais de l'azote minéral qui doit être apporté par les engrais minéraux ou par l'azote rapidement disponible (ou azote efficace) fourni par les apports organiques (voir tableau n°2).
- (4) Pour le calcium, les besoins sont exprimés en « équivalents CaO ».
- (5) Fauche « tardive » réalisée au stade début floraison à floraison des graminées sous forme de foin.
- (6) Fauche « précoce » réalisée au stade début épiaison à épiaison des graminées sous forme d'ensilage, d'enrubannage ou de foin ventilé.

TABLEAU N° 2

Valeurs fertilisantes des apports organiques sur prairies

Produits	Composition moyenne en unité par tonne ou par m ³				
	Azote N			P2O5	K2O
	N total	N efficace apport automne	N efficace apport printemps		
Fumier de bovin	5.5	0.8	0.6	2.6	7.2
Lisier bovin pur	4.0	1.6	1.6	2.0	5.0
Lisier bovin dilué (eaux vertes et eaux blanches)	2.7	1.1	1.1	1.1	3.3
Lisier bovin très dilué (eaux vertes, eaux blanches et eaux brunes)	1.6	0.6	0.6	0.8	2.4
Purin de bovin pur	3.0	1.8	1.8	0.9	5.7
Purin bovin dilué (eaux vertes, eaux blanches et eaux brunes)	0.4	0.2	0.2	0.2	1.5
Fumier d'ovin	6.7	1.0	0.7	3.5	10.0
Fumier de caprin	6.1	0.9	0.6	5.2	7.0
Fumier de cheval	6.2	0.6	0.3	3.0	9.0
Lisier porc à l'engrais	7.3	4.4	4.4	4.8	5.9
Lisier porc mixte	4.3	2.6	2.6	3.8	2.6
Lisier porc naisseur	3.5	2.1	2.1	2.7	2.3
Compost fumier bovin	8.0	0.8	0.4	4.5	10.0
Compost fumier ovin ou caprin	11.5	1.1	0.6	7.0	19.5
Fumier volaille standard sortie bâtiment	29.3	14.7	14.7	25.0	20.0
Fumier volaille label sortie bâtiment	20.0	10.0	10.0	18.0	15.0
Fumier volaille standard après stockage	22.3	11.2	11.2	25.0	20.0
Fumier volaille label après stockage	15.0	7.5	7.5	18.0	15.0

Source : GREN Auvergne

EXEMPLE : Un apport de 25 tonnes/ha de fumier de bovin sur prairie à l'automne correspond à un apport de 20 N (25t x 0.8 unités/t) + 65 P2O5 (25t x 2.6 unités/t) + 180 K2O (25t x 7.2 unités/t)



TABLEAU N° 3

Grille de conseils pour la fertilisation NPK et CaMg des cultures fourragères

Cultures fourragères	Objectif de rendement	Besoins annuels (en unités/ha/an)					
		Azote N (1)		P2O5	K2O	MgO	CaO (2)
		si apports organiques réguliers (tous les 2-3 ans) ou présence prairie dans la rotation	Si pas d'apport organique, sans prairie dans la rotation				
Maïs ensilage	10 T MS/ha	70	80	40	120	40	140
	12 T MS/ha	90	100	50	140	40	180
	14 T MS/ha	110	120	60	170	50	220
	16 T MS/ha	130	140	70	190	50	260
	18 T MS/ha	150	160	80	200 (4)	50	300
Sorgho fourrager	8 T MS/ha	40	50	50	100	30	120
	10 T MS/ha	60	70	60	130	40	170
	12 T MS/ha	90	100	70	160	50	220
	14 T MS/ha	120	130	80	180	60	270
Triticale (3) (paille ramassée)	40 Qx/ha	60	70	30	20	30	150
	50 Qx/ha	85	95	30	30	30	200
	60 Qx/ha	110	120	40	30	35	250
	70 Qx/ha	135	145	50	40	40	300
Céréales immatures	6 T MS/ha	50	60	30	80	30	130
	8 T MS/ha	90	100	40	100	30	180
	10 T MS/ha	120	130	50	130	40	230
	12 T MS/ha	150	160	60	160	40	280
Luzerne	8 T MS/ha	0	0	50	200 (4)	50	240
	10 TMS/ha			60	200 (4)	50	270
	12 T MS/ha			70	200 (4)	60	300
Trèfle violet	6 T MS/ha	0	0	50	160	40	200
	8 TMS/ha			70	200 (4)	40	230
	10 T MS/ha			80	200 (4)	50	260
Céréales/ Protéagineux	6 T MS/ha	0	10	30	80	30	120
	8 T MS/ha	25	35	40	100	40	160
	10 T MS/ha	50	60	50	130	40	200
	12 T MS/ha	75	85	60	160	40	240

- (1) Pour les besoins en azote, il ne s'agit pas de l'azote total, mais de l'azote minéral apporté par les engrais ou de l'azote rapidement disponible (ou azote efficace) fourni par les apports organiques. Cette grille ne s'applique pas pour les cultures situées en zone vulnérable. Dans ce cas, la dose d'azote doit être recalculée pour chaque parcelle en s'appuyant sur la méthode du bilan et une analyse de reliquat.
- (2) Pour le calcium, les besoins sont exprimés en « équivalents CaO ».
- (3) Les exportations P2O5 et K2O dues au ramassage des pailles devront être ajoutées à la dose conseillée pour la culture suivante (respectivement 2 et 10 kg/tonne de paille)
- (4) D'après le Comifer 2009, les apports de K2O doivent être plafonnés à 200 unités/ha pour les cultures fourragères

Si le précédent est un maïs grain, un sorgho, ou un Ray-Grass en dérobée, augmenter la dose d'azote conseillée de 10 unités N. S'il y a eu une luzerne ou un trèfle dans les 2 dernières années, diminuer la dose de 20 à 40 unités N/ha.

L'effet retournement de prairie dans les 2 années qui précèdent la culture est l'effet le plus important sur la fourniture du sol : on peut diminuer de 0 à 140 unités suivant l'âge de la prairie et son mode d'exploitation.

TABLEAU N° 4

Valeurs fertilisantes des apports organiques sur cultures fourragères

Produits	Composition moyenne en unité par tonne ou par m ³					
	Azote N				P2O5	K2O
	N total	Céréales	Culture de printemps			
		N efficace apport automne	N efficace apport automne	N efficace apport printemps		
Fumier de bovin	5.5	0.8	1.1	1.7	2.6	7.2
Lisier bovin pur	4.0	0.4	1.2	2.0	2.0	5.0
Lisier bovin dilué (eaux vertes et eaux blanches)	2.7	0.3	0.8	1.4	1.1	3.3
Lisier bovin très dilué (eaux vertes, eaux blanches et eaux brunes)	1.6	0.2	0.5	0.8	0.8	2.4
Purin de bovin pur	3.0	0.3	0.9	1.5	0.9	5.7
Purin bovin dilué (eaux vertes, eaux blanches et eaux brunes)	0.4	0	0.1	0.2	0.2	1.5
Fumier d'ovin	6.7	1.0	1.3	2.0	3.5	10.0
Fumier de caprin	6.1	0.9	1.2	1.8	5.2	7.0
Fumier de cheval	6.2	0.9	1.2	1.9	3.0	9.0
Lisier porc à l'engrais	7.3	0.7	2.2	5.1	4.8	5.9
Lisier porc mixte	4.3	0.4	1.3	3.0	3.8	2.6
Lisier porc naisseur	3.5	0.4	1.1	2.5	2.7	2.3
Compost fumier bovin	8.0	0.0	0.4	1.6	4.5	10.0
Compost fumier ovin ou caprin	11.5	0.6	0.6	2.3	7.0	19.5
Fumier volaille standard sortie bâtiment	29.3	5.9	8.8	16.1	25.0	20.0
Fumier volaille label sortie bâtiment	20.0	4.0	6.0	11.0	18.0	15.0
Fumier volaille standard après stockage	22.3	4.5	6.7	12.3	25.0	20.0
Fumier volaille label après stockage	15.0	3.0	4.5	8.3	18.0	15.0

Source : GREN Auvergne

EXEMPLE : Un apport de 25 tonnes/ha de fumier de bovin au printemps avant une culture de printemps (ex maïs ensilage) correspond à un apport de 42.5 N (25t x 1.7 unités/t) + 65 P2O5 (25t x 2.6 unités/t) + 180 K2O (25t x 7.2 unités/t)



FICHE DE CALCUL POUR LE CONSEIL de fertilisation NPK des prairies et cultures fourragères

1 - Caractéristiques de la parcelle

Nom de la parcelle :		Campagne :	
N° d'ilot :		Surface :	
Culture prévue (prairie ou culture fourragère) :			
Mode d'utilisation prévue (pour les prairies) :			
OBJECTIF de RENDEMENT =			
Entretien organique (régulier ou occasionnel) :			
Prairie riche en légumineuses : OUI - NON			

2 - Calcul des besoins de la culture et des apports organiques prévus sur la parcelle

	N efficace	P2O5	K2O
(A) BESOINS ANNUELS DE LA CULTURE (unités/ha) (cf tableau n°1 ou n°3) :	(*)		
Calcul des apports organiques prévus (cf tableaux n°2 ou n°4) :	N efficace	P2O5	K2O
Effluent 1 =			
Dose/ha =			
Effluent 2 =			
Dose/ha =			
(B) TOTAL APPORTS ORGANIQUES (unités/ha) =			
(A-B) MANQUE à apporter (unités/ha) =			

(*) pour une prairie riche en légumineuses, diviser par deux le besoin en azote issu du tableau n°1

3 – Calcul des apports minéraux et bilan apports-besoins

	N efficace	P2O5	K2O
Engrais 1 =			
Dose/ha =			
Engrais 2 =			
Dose/ha =			
(C) TOTAL APPORTS MINÉRAUX (unités/ha) =			
(D) TOTAL APPORTS ORGA. + MIN. (unités/ha) =			
(D-A) BILAN total Apports - Besoins (unités/ha) =			

COMMENTAIRES

VALORISATION DES ENGRAIS DE FERME SUR PRAIRIE ET CULTURE FOURRAGÈRE

Par leurs valeurs fertilisantes, les engrais de ferme (fumiers, lisiers ou composts) sont capables de couvrir une bonne partie des besoins en fertilisants dans les fermes d'élevage. Il convient de les répartir au mieux entre cultures, prairies temporaires et prairies permanentes pour faire des économies substantielles sur les achats d'engrais minéraux. Ne pas les gaspiller par des apports trop concentrés sur les mêmes surfaces contribue à maintenir le potentiel agronomique et fourrager de l'exploitation.



Les engrais de ferme sont d'autant plus riches que la complémentation des animaux est élevée. En plus d'être une source importante en phosphore et potassium, ce sont des amendements qui favorisent la vie microbienne du sol et apportent azote, soufre, magnésium, calcium et oligo-éléments. Bien les connaître est essentiel pour bien les utiliser. Des analyses régulières suivant les saisons et sur plusieurs années permettent de préciser ces valeurs pour un élevage donné. A défaut d'analyse, se référer à des valeurs moyennes (composition et teneurs).

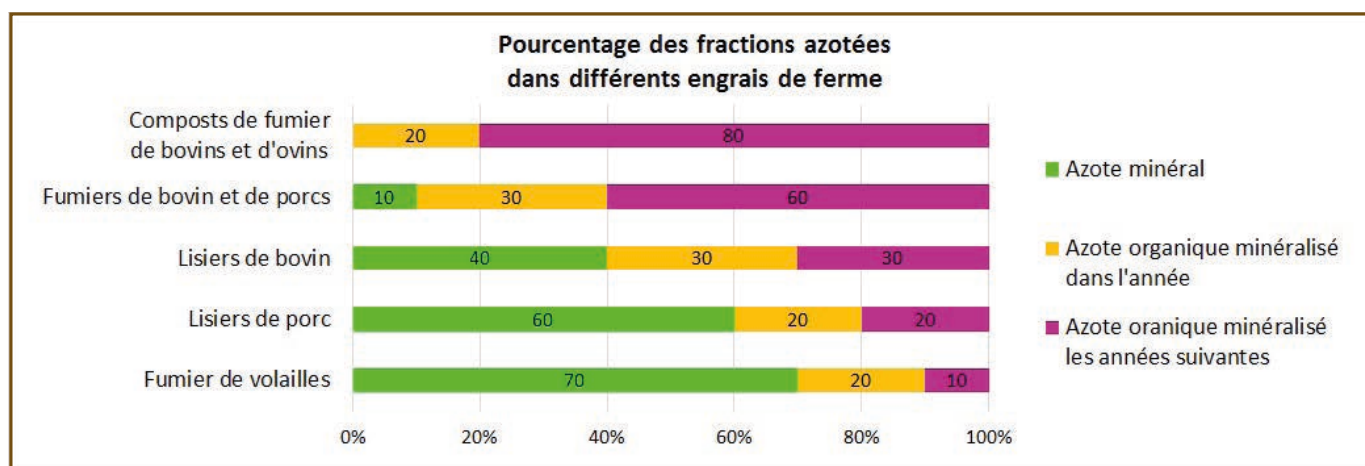


Composition des Fumiers et Lisiers et disponibilité des éléments minéraux

1 - Azote :

Selon le type d'effluent, la part d'azote minéral varie de 0 à 70%. La fraction minéralisable dans l'année est moins variable (de 20% à 30%).

Au total, selon les produits, entre 20 et 90 % de l'azote est utilisable par la culture l'année de l'apport. Par contre, l'arrière effet de l'azote sur les années suivantes est plus faible pour un fumier de volaille (seulement 10%), alors qu'il est beaucoup plus élevé pour un compost de fumier de bovin (80%).



2 - Phosphore et potassium

Le phosphore et le potassium contenus dans les engrais de ferme ont la même efficacité que les engrais minéraux. Le potassium est libéré rapidement et facilement assimilable alors que le phosphore est libéré plus graduellement, selon le produit.

PRODUIT	Phosphore (P2O5) utilisable dans l'année	Potassium (K2O) utilisable dans l'année
FUMIER LISIER bovin-ovin	100 %	100 %
FUMIER LISIER porcs	85 %	100 %
FUMIER volailles	65 %	100 %



3 - Soufre

Les teneurs en soufre (SO₃) des engrais de ferme varient de 1 à 2.5 unités/tonne de fumier de bovin et de 1 à 3 unités/tonne de compost de fumier bovin ou ovin.

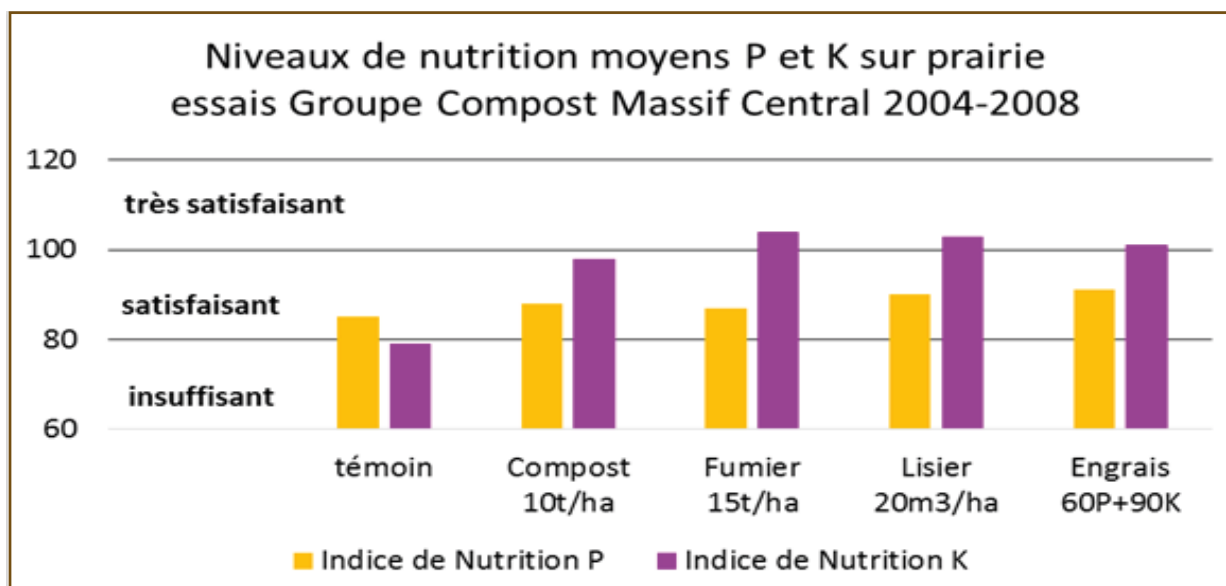
La quantité de soufre corrective est souvent de l'ordre de 40 à 60 kg de SO₃ par hectare et par an. Ces besoins sont normalement couverts en apportant régulièrement des engrais de ferme. Les valeurs fertilisantes sont proches des références nationales.

Ajuster les apports d'engrais de ferme apportés pour couvrir les besoins en PK des cultures

à apporter doit être calculée en fonction de ses besoins en phosphore et potassium. L'objectif est d'abord de couvrir les besoins en P et K de la culture, puis de compléter avec un apport minéral azoté si nécessaire.

Les essais conduits sur prairie par le Groupe Compost Massif Central entre 2004 et 2008 ont montré qu'avec un apport régulier et raisonné de fumier, lisier ou compost, les besoins en PK de ces prairies sont toujours couverts, et ce, aussi bien qu'avec les apports d'engrais minéraux.

Quelle que soit la culture (prairie ou culture fourragère), la dose optimale d'engrais de ferme



Les doses de fumier, lisier et compost conseillées sur prairie

Sur prairie, l'apport de doses trop élevées d'engrais de ferme peut se révéler néfaste à plusieurs niveaux. Outre le gaspillage d'éléments minéraux, cela peut entraîner une dégradation de la flore de la prairie. Cela peut aussi gêner l'appétence de l'herbe au pâturage ou augmenter les résidus dans les fourrages récoltés. Enfin, des apports excessifs en potassium, au-delà des besoins des plantes entraînent une consommation de luxe qui peut être gênante pour les animaux en ration tout herbe, fraîche ou conservée.

Pour limiter ces risques, tout en couvrant les besoins de la majorité des prairies, les doses moyennes conseillées pour les apports sur prairies sont de :

- **10 à 15 t/ha pour les composts de bovins ou ovins**
- **15 à 20 t/ha pour les fumiers de bovins ou ovins**
- **20 à 25 m³/ha pour les lisiers de bovins**

Pour les engrais de ferme issus des ateliers hors-sol (type lisier de porc ou fumier de volaille), ces doses conseillées seront réduites de 30 à 50%.

Ajuster la fréquence des apports en fonction du niveau de besoin des prairies

Certaines prairies ont des besoins plus faibles. C'est le cas des prairies utilisées en fauche tardive, ou en pâture seule. Pour ces dernières, les restitutions au pâturage peuvent couvrir la majeure partie des besoins en éléments minéraux de la prairie. L'apport de doses de fumier ou lisier plus faibles pour ces prairies n'est souvent pas compatible avec l'organisation des chantiers d'épandage. Dans ce cas, la solution, c'est de conserver le même dosage pour toutes les prairies tout en jouant sur la fréquence des apports comme le montre le tableau ci-dessous :

Mode d'utilisation de la prairie	Fréquence des apports d'engrais de ferme
Prairie utilisée en fauche précoce ou avec au moins 2 coupes/an	Tous les ans
Prairie utilisée en fauche tardive avec une coupe/an	Tous les 2 ans
Prairie utilisée en pâturage	Tous les 3 ou 4 ans



Ajuster la complément azotée par les engrais minéraux

Pour calculer la dose d'engrais minéral azoté à apporter en complément des engrais de ferme, il faut utiliser la « Fiche de calcul pour le conseil de fertilisation NPK des prairies », disponible en page 10 du présent document.

A titre indicatif, ce complément azoté peut varier de :

- 0 à 30 unités d'azote/ha pour les pâtures extensives ou des prairies conduites en fauche tardive.
- 30 à 60 unités d'azote/ha pour des pâtures intensives ou des prairies conduites en fauche précoce.
- 60 à 90 unités d'azote/ha pour des prairies temporaires intensives récoltées en ensilage.

Les doses de fumier, lisier et compost conseillées sur les cultures fourragères

Dans le cas des cultures fourragères, le principe qui consiste à raisonner les doses d'engrais de ferme en fonction des besoins en phosphore et potassium des plantes reste le même que pour les prairies.

En se référant à la grille de conseils pour les cultures fourragères (tableau n°3 page 8) on constate que les conseils les plus élevés sont plafonnés à 200 unités/ha pour le potassium, afin de limiter les risques de gaspillage ou de consommation de luxe par les plantes. Ainsi, afin de limiter ces risques de gaspillage, les doses moyennes conseillées pour les apports sur culture fourragère sont de

- **15 à 20 t/ha pour les composts de bovins ou ovins.**
- **25 à 30 t/ha pour les fumiers de bovins ou ovins.**
- **35 à 40 m³/ha pour les lisiers de bovins.**

De même que pour les prairies, pour les engrais de ferme issus des ateliers hors-sol (type lisier de porc ou fumier de volaille), ces doses conseillées seront réduites de 30 à 50%.



Le respect des périodes d'épandage

Outre le respect des différentes réglementations qui régissent les périodes d'épandage des engrais organiques (zone vulnérable, installations classées...), il convient de respecter certains principes pour valoriser au mieux les apports d'engrais de ferme sur prairie ou culture fourragère. Les apports doivent être réalisés au plus près des besoins maximums des cultures, notamment pour les produits riches en azote minéral tels que les lisiers. Il faut éviter tout apport en période de repos végétatif ou sur sol nu, ainsi que les périodes avec risque élevé de lessivage ou de ruissellement. Dans le cas des prairies, il faut aussi respecter un délai minimum entre l'épandage et la récolte ou le pâturage par les animaux.

En règle générale, pour les prairies, les époques d'apport optimales sont :

- L'automne ou l'hiver pour les fumiers en respectant un délai d'au moins trois mois avant la 1^{ère} exploitation.
- Toute l'année pour les apports de compost, et ce, dès 3 semaines après le deuxième retournement du tas de compost.
- Pour les lisiers, ne pas épandre en période de repos végétatif. Les risques de lessivage sont au maximum. Respecter un délai de 8 semaines, (environ 500°C en degrés cumulés), avant la 1^{ère} exploitation au printemps pour bénéficier au mieux de la valeur azotée du lisier.

Pour les cultures fourragères, les apports seront à réaliser au plus près de la période d'implantation de la culture.

PLANTES BIO-INDICATRICES DES PRAIRIES ET CULTURES FOURRAGÈRES

de précieuses alertes pour qui sait les reconnaître !

A partir de l'observation des prairies et cultures fourragères, il est intéressant de se servir des plantes bio-indicatrices pour établir un diagnostic pertinent des causes d'évolution du couvert végétal. Par exemple, le pissenlit envahissant une parcelle traduit un sol souvent très riche en nutriments.

Les plantes ne poussent pas par hasard. Leurs présences ou absences permettent souvent de faire le lien avec les pratiques de fauche ou de pâturage, la fréquence et la quantité de fertilisants apportés, et la fertilité du milieu.



Chardon

Le concept de plantes bio-indicatrices se base sur l'observation des plantes dans leur milieu originel, sans intervention humaine. Les conditions favorables au développement d'une plante sont décrites précisément. Plus ces critères sont spécifiques à la plante observée, plus la plante est « indicatrice » de ce milieu. Par exemple, le pâturin annuel se plaît dans des sols très compactés. S'il est observé au milieu d'une parcelle fauchée, on en déduira le compactage du sol de cette parcelle.

La présence de plantes indicatrices permet de comprendre l'interaction entre les pratiques d'exploitation et ce qu'elles

induisent dans le sol. En modifiant le milieu, la fertilité du sol, l'agriculteur permet à certaines espèces de s'installer au détriment d'autres. Lorsque plusieurs espèces indicatrices d'une condition de milieu sont identifiées dans une parcelle, l'agriculteur peut modifier ses pratiques d'exploitation pour en limiter la propagation. L'observation est bon marché. Elle complète avantageusement les analyses de sols et les diagnostics de nutrition des prairies.

Les indicateurs de fertilité associés aux plantes bio-indicatrices

1 - La richesse du sol en nutriments

Le sol est une réserve de substances nutritives (Ca, P, K, Mg...). Elles proviennent de l'altération de la roche-mère, des décompositions des matières organiques végétales ou animales, de l'atmosphère. Ces éléments sont plus ou moins stockés suivant la teneur du sol en argile, en matière organique et en humus (complexe argilo humique). La valeur CEC (capacité d'échange en cation), indiquée dans l'analyse de sol, renseigne la fertilité permise par le complexe argilo humique.



2 - Le pH du sol

- acide : < à 5.8
- légèrement acide à neutre : compris entre 5.8 et 6.5
- basique : voisin de 7 ou plus.

3 - L'état de la structure du sol

- **Battance** : Elle traduit la sensibilité des sols à la fermeture de la porosité, formant une croûte superficielle qui colmate la surface du sol et réduit l'infiltration des précipitations.
- **Erosion** : Le processus d'érosion des sols correspond au décapage des particules de surface de ce sol par l'eau, le vent. Outre la texture du sol, les pratiques d'exploitation peuvent constituer des éléments accélérateurs du processus.
- **Compactage** : Le sol peut devenir très dur limitant l'exploration racinaire d'une part, mais surtout limitant l'aération du sol, la vie microbienne et tous les processus biologiques de minéralisation qui en découlent.
- **Engorgement** : Le sol est saturé en eau, il devient très compact, prive d'oxygène les racines et la vie microbienne. Le terme « hydromorphisme » désigne cette particularité du sol.

4 - L'état du sol vis-à-vis de l'eau

- **Frais** : Le sol est portant mais il peut être engorgé temporairement
- **Sec** : le sol est toujours portant, séchant l'été, sain l'hiver
- **Humide** : le sol n'est pas portant pendant au moins une partie de l'année dû à un engorgement prolongé
- **Très humide** : le sol est engorgé la majeure partie de l'année.

5 - L'état de la matière organique végétale

- **Accumulation** : La vie microbienne du sol ne parvient pas à décomposer et minéraliser la matière organique de surface. La teneur en carbone du sol par rapport à l'azote est élevée, C/N supérieur à 12. Le feutrage peut être important dans les prairies permanentes. Il manque de l'azote dans le sol.
- **Carence** : les exportations de la parcelle ne sont pas compensées par des restitutions de matières organiques.



Rumex à feuilles obtuses

6 - L'état de la matière organique animale

- **Excès** : La flore et la vie du sol ne parviennent pas à utiliser le volume de nutriments apportés par les déjections animales. Ces éléments nutritifs sont gaspillés, lessivés.
- **Carence** : Le développement de la vie microbienne du sol, ainsi que la décomposition des matières organiques végétales sont limités par le manque de nutriments et notamment d'azote et de soufre contenu dans les fèces des herbivores. L'humus du sol est déstocké.
- **Equilibre** : le rapport C/N est correct. Il permet une minéralisation importante des matières organiques sans déstockage d'humus ni lessivage des nutriments.



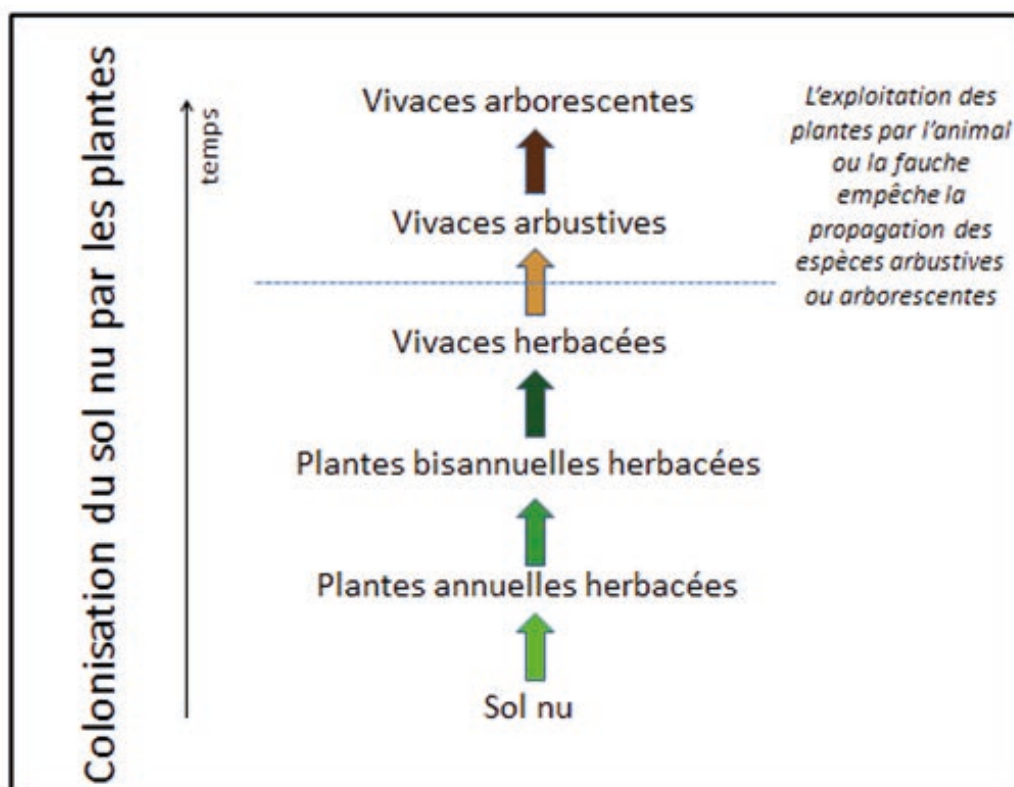
Liondent d'automne

Le diagnostic de la surface se fait au regard d'un inventaire floristique

La réalisation d'un relevé floristique permet d'avoir un inventaire objectif de la fréquence et de l'abondance relative des espèces et notamment de certaines dites « bio-indicatrices ». Le caractère

bio-indicateur n'est recevable que lorsqu'un groupe d'espèces, indicatrices d'un même caractère, est effectivement présent dans le milieu. L'élément clé reste la reconnaissance des espèces. Celle-ci doit être également complétée par la connaissance **du cycle naturel de colonisation des sols par les plantes** (voir graphique ci-dessous)

Présentation des étapes naturelles de colonisation d'une terre agricole par les plantes.



Grande Berce



Quelques plantes diverses très fréquentes et caractéristiques des pratiques d'exploitation

caractérisation de la plante indicatrice			indications sur le milieu:				matière organique		azote lié aux pratiques d'exploitation		
type	nom commun	nom botanique	annuelle (A) vivace (V)	richesse en nutriments	pH du sol	Structure du sol	état hydrique	rapport fertilité / exploitation	végétale (carbone)	animale (azote)	
plantain	plantain majeur	<i>plantago major</i>	V			compactage				équilibre	
	rumex à feuilles obtuses ou crépu	<i>rumex obtusifolius</i> , <i>rumex crispus</i>	V	riche		engorgement	frais			excès	oui
rumex	rumex petite oselle	<i>rumex acetosella</i>	V		acide	érosion				carence	
	rumex grande oselle	<i>rumex acetosa</i>	V	riche	légèrement acide à neutre			équilibre			
pâquerette	pâquerette	<i>bellis perennis</i>	V		légèrement acide à neutre	compactage			accumulation	manque	
	grande marguerite	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	V								
chardon	chardon des champs	<i>cirsium arvens</i>	V	riche	légèrement acide à neutre	compactage	frais	sous exploitation compactage/pâturage	accumulation	excès	oui
	chardon acaule (sans queue)	<i>cirsium acaule</i>	V		basique		sec		carence	carence	
	chardon des marais	<i>cirsium palustris</i>	bisannuelle				très humide		accumulation		
pissenlit	pissenlit	<i>taraxacum officinale</i>	V	riche		compactage				équilibre	
	porcelle enracinée	<i>hypochoeris radicata</i>	V	pauvre	acide		sec	surpâturage, érosion	accumulation		
capselle	capselle bourse à pasteur	<i>capsela bursa-pastoris</i>	A	riche		compactage, battance					
	herbe au chanfre, sisymbre	<i>sisymbrium officinale</i>	A		légèrement acide à neutre	piétinement		surpâturage			
bouton d'or	renoncule rampante	<i>ranonculus repens</i>	V			compactage	frais à humide	hydromorphisme		excès	oui
	renoncule acre	<i>ranonculus acris</i>	V			compactage	frais	équilibre si non dominante			
fraisier	potentille rampante	<i>potentilla reptans</i>	V			compactage	frais à humide	hydromorphisme	accumulation		
mouron	mouron blanc	<i>stelleria media</i>	A	riche				équilibre			
lamier	lamier pourpre	<i>lamium purpureum</i>	A					érosion, esp. nitrophile		équilibre	
véronique	véronique de perse	<i>veronica persica</i>	A	riche		compactage		nitrophile		équilibre	excès
	véronique petit chêne	<i>veronica chamaedris</i>	V						accumulation		carence
ortie	ortie dioïque	<i>urtica dioica</i>	V								
gaillet	gaillet croisette (jaune)	<i>crudiata laevipes</i>	V					sous exploitation	accumulation	excès	
épinard	chénopode blanc	<i>chenopodium album</i>	A					sous exploitation	accumulation	carence	
géranium	géranium découpé, à feuille ronde, mou	<i>géranium dissectum, rotundifolium, molle</i>	A	riche				nitrophile		excès	oui
	géranium des bois,	<i>géranium sylvaticum</i>	V	riche					accumulation	équilibre	excès
carotte	carotte sauvage	<i>Daucus carotta</i>	bisannuelle	riche		compactage		plante thermophile		équilibre	
	grande berce, cerfeuil doré	<i>Heracleum sphondylium, m. chaerophyllum</i>	V	riche	neutre à lég. acide		frais	sous exploitation	accumulation	excès	

CHOIX DES ENGRAIS MINÉRAUX

Dans les exploitations d'élevage, l'utilisation d'engrais minéraux vient soit compléter la fertilisation organique, soit la remplacer dans des zones où cette dernière n'est pas envisageable (éloignement, réglementation, etc...).

Le choix des engrais minéraux doit se faire en prenant en compte des aspects agronomiques (besoin des plantes, fourniture du sol, forme et disponibilité des éléments nutritifs...), bien sûr, mais aussi économiques.



Engrais simples, engrais complets, prix d'équivalence

Cette fiche présente essentiellement **les engrais simples**, c'est à dire qui ont une teneur déclarée en un seul élément nutritif majeur.

Il existe également des **engrais composés**, qui contiennent plusieurs de ces éléments nutritifs. Les critères de choix de ces engrais aussi appelés **engrais complets** sont, pour chaque élément, les mêmes que celui de l'engrais simple correspondant.

D'un point de vue agronomique, il faut vérifier que la formule proposée correspond bien aux besoins de la culture. Ainsi, pour des prairies, on choisira des formules dont **l'équilibre NPK** est de type « 1,5 - 1 - 2 ».

D'un point de vue économique, pour comparer les engrais entre eux, on utilise le **prix d'équivalence des engrais**, basé sur le prix des engrais simples de référence :

- l'Ammonitrate 33,5 pour l'azote
- Le Superphosphate 45 pour le phosphore
- Le Chlorure de Potassium 60 pour le potassium

La méthode consiste à comparer la valeur des engrais composés d'après leur teneur en éléments nutritifs majeurs.

Exemple :

Prix de l'Ammonitrate (33.5% N)

381 €/t → valeur de l'unité N :
 $381/335 = 1.14$ €

Prix du Superphosphate (45% P)

325 €/t → valeur de l'unité P : 325/450
 $= 0.72$ €

Prix du Chlorure de Potassium (60% K)

370€/t → valeur de l'unité K : 370/600
 $= 0.62$ €

- Ainsi, pour un engrais type 14 10 20, le prix d'équivalence sera :
 $14 \times 1.14 + 10 \times 0.72 + 20 \times 0.62 = 39.08$
€ pour 100 kg ou 390.8 € par tonne.
- Pour une spécialité commerciale titrant 20 N, ce prix sera :
 $20 \times 1.14 = 22.8$ € pour 100 kg ou 228 € par tonne.

Le prix d'équivalence est à comparer au prix de vente de 100 kg de produit commercialisé pour en estimer l'intérêt économique.

Azote (N)

1 - Rôle dans la plante.

L'azote entre dans la composition des protéines, et de la chlorophylle. C'est aussi un élément essentiel de la constitution des cellules. Il est le principal facteur de croissance des plantes. Il joue également un rôle sur la qualité puisqu'il influe sur le taux de matières azotées des végétaux.

L'essentiel des besoins en azote minéral est concentré sur les deux premiers cycles de production des graminées fourragères.

L'azote peut également avoir un effet positif sur la vie microbienne, et par conséquent sur la minéralisation de la matière organique du sol par son action sur le rapport C/N.



2 - Les formes d'azote

Dans les engrais, l'azote se présente sous 3 formes.

- **Azote nitrique** : le nitrate (NO_3) est directement assimilable par les plantes. Mobile, il arrive rapidement au niveau des racines, mais se lessive aussi très rapidement.
- **Azote ammoniacal** : les ions ammonium (NH_4^+) doivent être transformés en nitrate par la flore bactérienne du sol pour être assimilable. Cette nitrification dépend de la température du sol.
- **Azote uréique** : de forme plus complexe ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), il doit être hydrolysé en ammonium par les enzymes du sol, puis transformé en nitrate par les bactéries pour être assimilable. Apporté en surface, il est sensible à la volatilisation (10 à 20%).

Les plantes s'alimentent en général à partir de l'azote minéral du sol (nitrates et, dans une très

moindre mesure, ammonium). Les légumineuses ont la capacité de capter l'azote de l'air grâce à leur symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium*. Les prairies riches en légumineuses ont donc la particularité d'exploiter plusieurs formes d'azote.

Pour des apports sur prairies au printemps, privilégiez des engrais contenant de l'azote assimilable rapidement sous forme nitrique et ammoniacale.

La forme uréique sera réservée à des apports à des périodes plus chaudes : cultures de printemps, 2èmes coupes et suivantes, apports pour foins tardifs (...).

En été et en automne, la minéralisation de la matière organique du sol couvre les besoins sans apport d'engrais supplémentaire.

Jours nécessaires à la transformation de la moitié d'un engrais en azote nitrique en fonction de la température moyenne (T).

Nature de l'engrais	T journalière < 4°C	5°C < T < 8°C	9°C < T < 12°C	13°C < T < 17°C
Sulfate ou Phosphate d'ammoniaque	Pas de transformation possible	21 jours	17 jours	10 jours
Urée		27 jours	22 jours	14 jours

Phosphore (P2O5)



1 - Rôle dans la plante

Composant central de l'ATP et des acides nucléiques constituant de la plante, le phosphore a un rôle physiologique essentiel. Il influe en effet sur la multiplication cellulaire et sur les transferts d'énergie dans la plante.

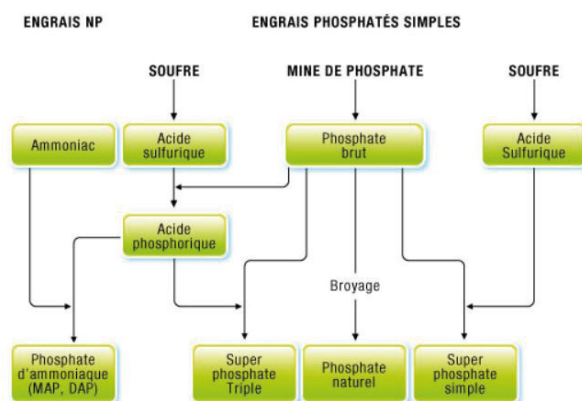
2 - Le phosphore, le sol et la plante

Grâce à leurs racines, les plantes prélèvent le phosphore sous forme d'ions dissous dans la solution du sol. Ces ions étant peu mobiles, la prospection racinaire doit être optimale et la vie microbienne favorisée (mycorhizes) pour que la plante puisse s'alimenter régulièrement.

3 - Origine des engrais phosphatés

La matière première est toujours le phosphate brut, extrait de gisement. Il peut être simplement broyé ou bien soumis à des attaques acides qui rendent le phosphore plus soluble.

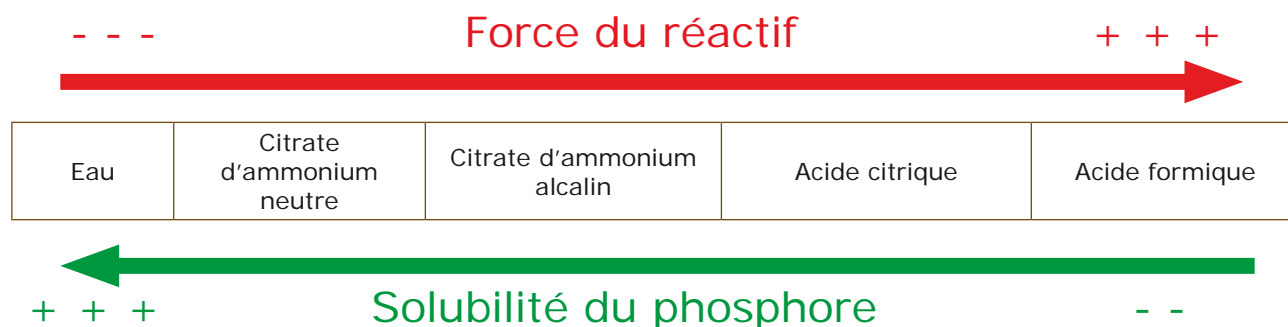
Fabrication des principaux engrais phosphatés



© UNIFA

Source UNIFA « engrais minéraux : origine et production »

Pour le choix des engrais, on s'intéressera à la solubilité mentionnée sur l'étiquette : plus le réactif mentionné est fort, moins le phosphore est soluble :



Privilégiez les formes les plus solubles. Pour les phosphates naturels, la finesse de broyage améliorera la vitesse d'action même si celle-ci restera toujours lente.

Favorisez la prospection racinaire en évitant les tassements du sol.

Potassium (K2O)

1 - Rôle dans la plante

Le potassium a un rôle essentiel dans les mécanismes de régulation des échanges gazeux et de l'intensité de la photosynthèse. Il assure aussi le maintien du port des plantes.

2 - Le potassium, le sol, et la plante

La plante absorbe le potassium de la solution du sol sous forme d'ions K^+ . Cette solution se recharge ensuite grâce aux ions absorbés à la surface des particules d'argile. La mobilité des ions K^+ est relativement faible, il faudra donc favoriser l'exploration racinaire pour augmenter les prélèvements par les plantes.

3 - Origine des engrais potassiques

La matière première vient des mines de sels de potasses. Selon le traitement appliqué au minerai, on va trouver deux grandes formes d'engrais potassiques :

- Les Chlorures de Potassium (KCl) : le potassium est associé à du chlore
- Les Sulfates de Potassium (K_2SO_4) : Le potassium est associé à du soufre

Il existe également des formes de sels de potassium avec du magnésium associé.

Pour choisir l'engrais, il faut tenir compte de l'exigence ou de la sensibilité des cultures à la présence de chlore ou de soufre.

Il faudra ensuite regarder la teneur en K_2O de l'engrais considéré. Ainsi le Chlorure de Potasse 60% contient 60 kg de K_2O dans 100 kg de produits.

Que trouve t-on sur une étiquette d'engrais

The diagram shows a fertilizer label for 'FERTITER' with various annotations. The label itself is green and white. Annotations are divided into 'Mentions obligatoires' (Mandatory mentions) and 'Mentions facultatives' (Optional mentions).

Mentions obligatoires:

- Identification du produit et référence à la réglementation: Fertiter, Engrais NF U 42-001
- Dénomination du type d'engrais: Engrais Organo-minéral NPK 4-6-10
- Teneurs déclarées en élément(s) fertilisant(s) - formes et solubilités: 4% d'AZOTE (N) total dont: 1 d'azote organique, des cuirs dissous à l'acide sulfurique à chaud et des tourteaux végétaux, 3 d'azote ammoniacal; 6% d'ANHYDRIDE PHOSPHORIQUE (P_2O_5) dont: 4 soluble dans l'eau, 2 soluble dans le citrate d'ammonium neutre et non dans l'eau; 12% d'OXYDE DE POTASSIUM (K_2O) soluble dans l'eau; 4% d'OXYDE DE MAGNESIUM (MgO) total; 3% d'ANHYDRIDE SULFURIQUE (SO_3) total
- Mention imposée par la réglementation sur les sous produits animaux: Engrais organique et amendements / Faculté aux terres est interdite aux animaux d'élevage pendant vingt et un jours au moins après l'utilisation sur les terres. Engrais pauvre en chlore. Dose d'utilisation : de 1 à 2 tonnes/ha/an. Stocker au sec et à l'abri du soleil.
- Masse: 50 Kg net
- Nom et adresse du responsable de la mise sur le marché: EMB 12345, Société des fertilisants X-Y, Adresse...

Mentions facultatives:

- Marque du produit: Fertiter
- Mentions facultatives soumises à conditions prévues dans la dénomination du type par la norme: Engrais pauvre en chlore
- Indications spécifiques d'emploi, de stockage et de manutention: Dose d'utilisation : de 1 à 2 tonnes/ha/an. Stocker au sec et à l'abri du soleil.
- Marques de garantie: QUALITE Sk
- Mention identifiant l'emplisseur ou celui qui a fait faire l'emplissage ou l'importateur obligatoire lorsque ces derniers ont une adresse différente de celle du responsable de la mise sur le marché.

Source UNIFA

L'ANALYSE D'HERBE OU «DIAGNOSTIC DE NUTRITION»

Un outil pour piloter la fertilisation des prairies

L'analyse d'herbe est un bon outil de diagnostic pour piloter la fertilisation phospho-potassique des prairies. On parle alors de «diagnostic de nutrition des prairies».



En effet, en mesurant les éléments P et K effectivement assimilés par les plantes, l'analyse d'herbe permet de bien rendre compte « à posteriori » de la biodisponibilité du phosphore et du potassium dans le sol et de l'aptitude de la prairie à les prélever.

De son côté, l'analyse de sol permet de mesurer la disponibilité des éléments minéraux pour les plantes. Cependant, les gradients de concentration du phosphore et du potassium sous prairie sont souvent très importants et le mode d'échantillonnage pour réaliser une bonne analyse de sol est difficile à codifier. De ce fait, l'interprétation des analyses de sol sous prairie pour ces deux éléments est souvent difficile.

Un diagnostic de nutrition par analyse d'herbe pour quoi faire ?

L'objectif du diagnostic de nutrition par analyse d'herbe est de vérifier et valider les pratiques de fertilisation des agriculteurs sur leurs prairies. Ainsi, en analysant les teneurs en N, P et K d'un échantillon prélevé sur une prairie pour laquelle un conseil de fertilisation a été appliqué, cela permet de caractériser l'état de nutrition réel de la prairie et par conséquent de vérifier et valider *a posteriori* ce conseil de fertilisation.

Pour quel type de prairies ?

- Pour tous les types de prairies permanentes.
- Pour les prairies temporaires semées au moins depuis 2 ans pour que le système racinaire soit correctement implanté. Attention, dans le cas des associations graminées + légumineuses, si la proportion de légumineuses dépasse 25%, il faut trier les légumineuses. L'analyse est

alors réalisée sur l'échantillon de graminées obtenu après ce tri.

Conditions de prélèvement

- Le prélèvement doit être réalisé en période poussante. Pour cela, privilégiez le prélèvement au printemps, lorsque la croissance de l'herbe n'est pas pénalisée par des conditions thermiques ou hydriques défavorables.
- Quand la production de la prairie dépasse 2 tonnes de MS/ha (herbe à mi-bottes), sans dépasser le stade épiaison des graminées.



Type de diagnostic et mode opératoire

Il existe deux types de diagnostic par analyse d'herbe :

1 - Le diagnostic sans bande azote

Dans ce cas, le diagnostic est réalisé à partir d'un seul prélèvement par parcelle. C'est le moins coûteux et le plus facile à mettre en œuvre. L'objectif est de porter un diagnostic sur les pratiques actuelles de fertilisation pour des parcelles à conduite stable. Concrètement, on coupe 15 à 20 poignées d'herbe à l'aide d'une cisaille à une hauteur de 4 à 5 cm minimum tous les 20 pas sur une diagonale ou en faisant un « W » dans la parcelle. On constitue un échantillon de 500 g qu'on envoie en frais au laboratoire pour analyse des teneurs en N, P et K.

2 – Le diagnostic avec bande azote

Ce type de diagnostic a pour objectif de mieux connaître une parcelle que l'on vient d'acquérir où sur laquelle il y a une modification importante des pratiques de fertilisation. On réalise alors deux prélèvements :

- le premier sur une « bande azote ». Pour cela, on repère une zone sur la parcelle, d'une dimension minimum de 5 m sur 15 m, qui reçoit un apport d'azote supplémentaire de l'ordre de 100 unités N/ha en début de pousse.
- le deuxième est réalisé sur le reste de la parcelle, correspondant à la pratique habituelle de l'agriculteur.

En comparant les résultats obtenus sur les deux échantillons, on peut mieux estimer les réserves du sol et son aptitude à répondre à une demande plus importante.



Quelle fréquence ?

- Tous les 3 ans si on a modifié les pratiques depuis la dernière analyse.
- Tous les 5 ans si les pratiques ne changent pas et si l'analyse précédente a conduit à maintenir ces pratiques.

Le calcul des indices de nutrition

L'interprétation des résultats de l'analyse d'herbe se fait à l'aide du calcul des indices de nutrition. Ce calcul, réalisé par le laboratoire, est basé sur le fait que les teneurs en phosphore et potassium de l'herbe sont étroitement liées à celle en azote de la prairie. Ils sont calculés de la manière suivante :

- $\text{InP} = 100 \text{ P\%} / (0,15 + 0,065 \text{ N\%})$
- $\text{InK} = 100 \text{ K\%} / (1,6 + 0,525 \text{ N\%})$

avec,

- InP : Indice de nutrition phosphatée
- InK : Indice de nutrition potassique
- N % : Teneur en azote (en % de la MS)
- MS : Rendement mesuré (en t.MS/ha)
- P % : Teneur en phosphore (en % MS)
- K % : Teneur en potassium (en % MS)

Interprétation des indices de nutrition

L'indice 100 correspond à une nutrition optimale. Au-delà de 120, elle est excédentaire (des impasses sont possibles). Elle commence à être insuffisante en dessous de 80.

Si l'indice InP ou InK est,	La nutrition est jugée,	Conseil de fertilisation P	Conseil de fertilisation K
Supérieur à 120	excédentaire	Impasse possible 2 à 3 ans	Impasse possible 1 à 2 ans
Compris entre 100 et 120	Très satisfaisante	Impasse possible 1 à 2 ans	Réduire les apports habituels
Compris entre 80 et 100	satisfaisante	Maintenir les apports actuels	Maintenir les apports actuels
Compris entre 60 et 80	Insuffisante	Majorer les apports de 30 unités	Majorer les apports de 60 unités
Inférieur à 60	Très insuffisante	Apporter 60 unités	Apporter 150 unités

L'ANALYSE DE TERRE

Un outil pour piloter la fertilisation des cultures fourragères et le chaulage des prairies

L'analyse de terre est un outil qui permet une surveillance de l'évolution des grands équilibres du sol. Elle est nécessaire pour bien connaître son état de fertilité à un moment donné. Elle est bien adaptée en sol labouré. En prairie permanente son intérêt se limite à la mesure du pH, du calcium et du magnésium. Elle est alors complémentaire de l'analyse d'herbe qui mesure l'absorption réelle du P et du K par les plantes.



Une analyse de terre pour quoi faire ?

L'analyse de terre a plusieurs objectifs:

- Bien connaître la richesse en éléments fertilisants du sol, c'est-à-dire connaître la grandeur du «réservoir» en éléments nutritifs, savoir si ce «réservoir» est vide ou plein et s'assurer du bon équilibre entre ces différents éléments.
- Mieux gérer les apports d'engrais organiques ou minéraux (pour les cultures fourragères) et le chaulage.
- Vérifier l'évolution de son sol.

Pour quel type de parcelles ?

- Les parcelles mises en cultures.
- Les principales parcelles représentatives des prairies, notamment pour avoir une idée du pH et de son évolution.

A quelle époque de l'année ?

L'époque optimale pour réaliser une analyse de terre se situe à l'automne (octobre ou novembre) et le prélèvement doit être réalisé avant tout apport de fertilisant ou amendement.

Quelle fréquence ?

Tous les 3 ans s'il y a eu des modifications de pratiques et tous les 5 ans si les pratiques restent identiques. Les prélèvements doivent être faits toujours à la même période de l'année et au même endroit pour être comparables.

Conditions de prélèvement

- Choisir une zone homogène de la parcelle. Pour une parcelle avec des zones très hétérogènes (passé, type de sol...), faire plusieurs analyses. Repérer la zone pour pouvoir suivre l'évolution.
- Prélever à l'aide d'une tarière sur la profondeur de labour pour les parcelles cultivées et de 0 à 5 cm en prairie permanente.
- Réaliser un échantillon sur la base d'une quinzaine de prises réalisées sur un cercle de 20 m de rayon.
- Attendre 2 mois après tout épandage.

Le contenu de l'analyse de terre

Il existe différents postes que l'on peut analyser de manière indépendante :

1 - La granulométrie

C'est le squelette du sol. Elle permet de connaître la texture du sol, représentée par un triangle qui caractérise le sol du point de vue de ses propriétés physiques. L'analyse granulométrique est valable une fois pour toutes sur une parcelle.

2 - La matière organique

Le laboratoire dose le carbone organique par réaction chimique ou combustion et en déduit la matière organique. L'azote total du sol (N) est également dosé. L'équilibre entre carbone et azote d'un sol est souvent mentionné (rapport C/N). Un rapport C/N entre 8 et 12 caractérise un bon fonctionnement du sol. La matière organique est nécessaire pour assurer une bonne structure du sol, une bonne capacité de rétention de l'eau et des éléments fertilisants et une bonne activité biologique du sol.



3 - La CEC ou Capacité d'Echanges en Cation

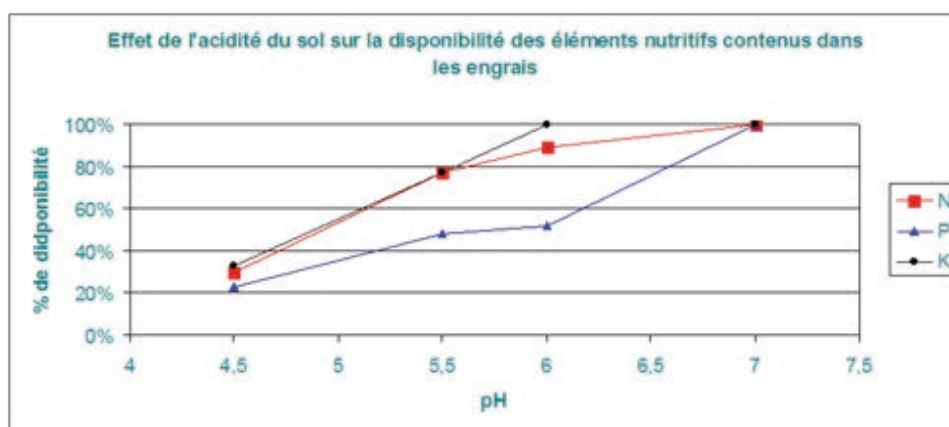
Elle se fait à partir des analyses de la teneur en argile et matière organique du sol. Cette donnée, le plus souvent exprimée en méq/kg de terre fine est stable dans le temps.

- Une CEC inférieure à 100 méq/kg est faible (sol pauvre en argile, pauvre en humus et ou matière organique). Le sol ne peut pas fixer beaucoup d'élément (Ca, Mg, Na, K, H et P par l'intermédiaire du Ca) et les libère facilement. Il faut donc fractionner les apports au cours de l'année, calquer les doses apportées aux stricts besoins de la plante au cours de l'année.
- Une CEC supérieure à 200 méq/kg est élevé. Le sol peut fixer beaucoup plus d'éléments et mieux les retenir. De ce fait, les apports de fertilisants pourront être plus conséquents en risquant moins les pertes par lessivage ou re largage immédiat dans la solution du sol.

4 - L'état calcique

Sur prairies c'est ce que l'on analysera pour ajuster le chaulage. Cela viendra en complément de l'analyse d'herbe qui permet d'ajuster la fertilisation phospho-potassique.

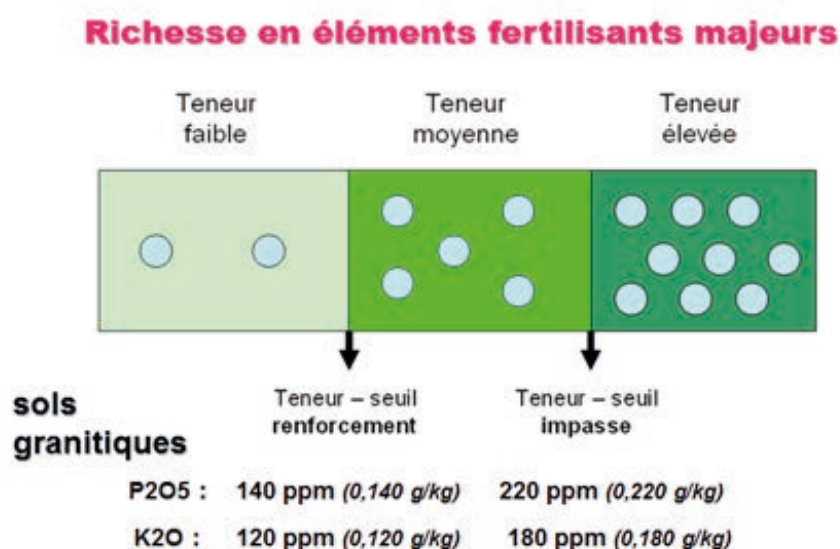
On mesure le pH eau du sol. Pour s'assurer d'une bonne efficacité des engrais on va rechercher un pH eau au moins égal à 6. Le pH KCl permet de mesurer l'acidité potentielle du sol. Si l'écart entre le pH eau et le pH KCl est inférieur à 0.5 unité, alors l'acidité potentielle est faible. En revanche au-delà d'une unité l'acidité potentielle est jugée forte.



5 - Le dosage des éléments fertilisants

- Le phosphore (P₂O₅) est un élément peu mobile. Il agit sur la croissance et le développement racinaire. Seule une petite fraction du phosphore du sol est assimilable par les plantes à un instant « t ». Le dosage du phosphore peut être réalisée par 3 méthodes différentes : Joret Hébert (sol alcalin), Olsen (tout type de sol) et Dyer (sur sol acide). La méthode Olsen traduit le mieux la fraction de phosphore susceptible d'alimenter la plante.
- Le potassium (K₂O), intervient quant à lui dans la croissance des cellules et le fonctionnement de la photosynthèse.
- Le magnésium (MgO) intervient dans le processus de photosynthèse. Une carence en magnésium peut venir d'une réserve faible du sol, ou encore d'un antagonisme avec le calcium suite à un chaulage excessif ou avec le potassium après de fortes fumures potassiques.
- Les oligoéléments (bore, cuivre, zinc, manganèse...) sont nécessaires en très petites quantités, mais pour certaines cultures, une carence peut être à l'origine de maladies.

6 - Exemple d'interprétation des résultats d'analyse de sol pour le phosphore et le potassium dans le cas des sols granitiques :



7 - Exemple d'une analyse de sol et des besoins qu'elle permet d'identifier

Paramètres	Exemple de Résultat	Ce qu'il faut pour déterminer,
Matière organique	13.1 %	La fertilité naturelle potentielle du sol
Rapport C/N	10	
CEC metson	228 méq/kg	
pH eau	5.9	Le besoin en chaulage de la parcelle
pH KCl	5.1	
Calcium / CEC	54 %	Les besoins en engrais
Phosphore Dyer	0.235 g/kg	
Phosphore Olsen	0.08 g/kg	
Potassium	0.315 g/kg	
Calcium	3.460 g/kg	
Magnésium	0.446 g/kg	Les déséquilibres entre les éléments fertilisants
Saturation Potassium/CEC	3 %	
Saturation Calcium/CEC	54 %	
Saturation Magnésium/CEC	10 %	
Saturation totale (S/T)	66	

LE CHAULAGE DES PRAIRIES ET DES CULTURES FOURRAGÈRES

En Auvergne, la grande majorité des sols est acide. L'acidification des sols est un phénomène naturel lié à la pluviométrie et certains processus biologiques naturels.

L'acidité impacte la fertilité des sols car le dynamisme de la vie microbienne en est très fortement dépendant. Moins le pH est élevé, moins la vie microbienne est favorisée, moins la minéralisation des matières organiques est importante et moins les nutriments sont accessibles aux plantes. Ces dernières s'adaptent naturellement à ces niveaux de fertilité. Des pelouses d'estives peu productives en milieu très acide ($\text{pH} < 5,5$), aux cultures fourragères annuelles, la diversité des prairies en Auvergne est liée pour partie à l'acidité des sols. C'est l'élément qui affecte fortement la pérennité et la productivité des espèces fourragères selon le milieu où elles sont implantées.



Les causes de l'acidité

L'acidité d'un sol est liée à la concentration en protons (H^+) dans la solution du sol. Plus celle-ci est élevée plus le pH eau est faible. A partir d'une valeur pH eau < 7 , le sol est considéré comme acide. Les causes de l'acidité sont multiples :

1 - L'activité biologique

L'activité biologique au printemps et en été, et la nitrification de l'azote ammoniacal provenant des engrais azotés ou de la minéralisation de l'humus, sont les principales causes de la baisse du pH.

- La production de CO_2 par l'activité biologique (racines, microorganismes ou autres êtres vivants) réagit avec l'eau pour former de l'acide carbonique (H_2CO_3) qui se dissocie et libère des ions H^+ . Après leur minéralisation, l'azote et le soufre des matières organiques (humus et résidus de cultures, fumiers, composts...) sont en partie oxydés et introduisent des protons H^+ dans le sol.
- Dans le cas de la nitrification de l'azote ammoniacal, le passage de NH_4^+ à NO_3^- produit au final 1 proton H^+ pour chaque atome d'azote oxydé. L'acidification est définitive que si le NO_3^- est entraîné en profondeur.

2 - Les échanges racinaires

Les racines libèrent dans le sol des acides organiques (citrique, oxalique, malique...) en quantité variable selon les espèces et les conditions de milieu. A cela vient s'ajouter l'effet de l'absorption des éléments minéraux sous forme d'ions par les racines : pour maintenir la neutralité électrique dans la plante, chaque charge positive absorbée (K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , NH_4^+) est compensée par la libération d'un H^+ qui acidifie le sol au voisinage des racines et inversement.

3 - Les pratiques acidifiantes

Les systèmes de cultures qui s'appuient sur une fertilisation azotée à base d'engrais ammoniacaux, une exportation fréquente des pailles sans restitution de matières organiques ainsi que la présence de légumineuses dans la rotation contribuent à l'acidification des sols. Celle-ci est d'autant plus importante que les caractéristiques de sol (texture), de climat et l'absence de couverture hivernale sont propices à la descente des nitrates et sulfates en profondeur.

Tous les engrais azotés n'acidifient pas les sols. Les engrais à base d'azote purement nitrique (nitrate de calcium ou de potassium) contribuent à remonter le pH du sol. Seuls les engrais contenant de l'azote organique ou ammoniacal peuvent l'acidifier si une partie du nitrate issu

de l'oxydation de l'ammonium est entraînée en profondeur.

4 - L'eau de pluie

L'eau de pluie est naturellement acide puisque le pH de l'eau pure en équilibre avec le CO₂ atmosphérique est de 5,6.

Les conséquences de l'acidité

L'abaissement du pH dans les sols acides contribue à rendre de plus en plus solubles certains composés minéraux, dont ceux contenant de l'aluminium et du manganèse. Aluminium et manganèse peuvent devenir toxiques lorsque le pH du sol est trop bas.

1 - La toxicité à l'aluminium :

Elle concerne tous les sols. L'aluminium s'y trouve principalement sous forme d'oxydes et d'hydroxydes précipités. Lorsque le pH eau devient égal ou inférieur à 5,5 la dissolution de ces composés provoque la libération de l'aluminium très toxique pour les plantes. La croissance des racines est alors fortement ralentie. Elles s'épaississent, brunissent et se ramifient peu. Ces dernières ne sont plus capables d'assurer l'alimentation minérale et hydrique des plantes.

La tolérance à la toxicité à l'aluminium diffère selon l'espèce : sur prairie, les ray-grass, dactyle et fétuque élevée présentent une tolérance faible.

Parmi les céréales à paille, l'orge s'avère très sensible à la toxicité à l'aluminium alors que le triticale est très peu sensible.

2 - Les oligo-éléments :

Le manganèse par exemple peut devenir toxique dans des sols fortement acides et soumis à des conditions réductrices (excès d'eau).

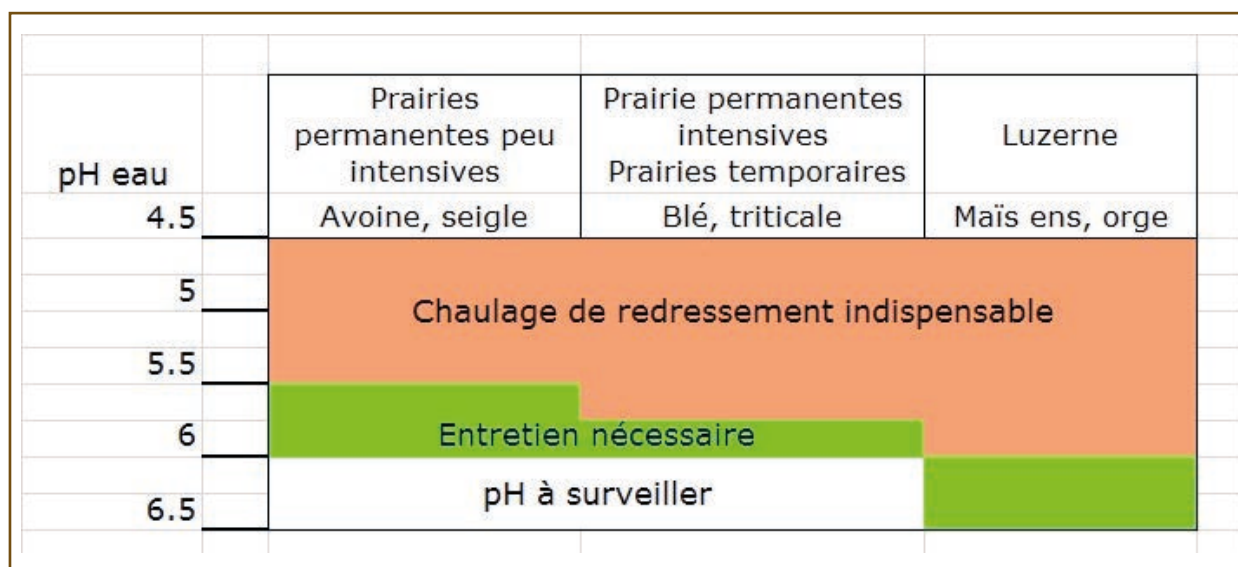
Les stratégies de chaulage

1 - L'analyse de terre :

Plusieurs paramètres analytiques permettent d'évaluer le statut acido-basique du sol : le pHeau (objectif : 5,5 à 6,5 sur la couche 0-5 cm), l'aluminium échangeable (< 50 mg/kg de terre fine) et le taux de saturation de la CEC par les cations échangeables (S/T > 0.8 sur prairie, S/T > 0.9 sur culture).

2 - La stratégie de chaulage va dépendre de l'objectif visé et du niveau d'exigence de la culture :

- **Le chaulage de redressement** a pour objectif de relever le pH au niveau souhaité. Ce redressement doit être limité à 0.5 point de pH à la fois. L'analyse de terre reste le principal outil pour décider des quantités à apporter.



A défaut de disposer d'une analyse de terre, on peut retenir les valeurs suivantes pour calculer les apports de redressement :

Quantités d'équivalent CaO à apporter (en kg/ha) en fonction du type de sol et de la modification de pH recherchée (source : Comité Départemental Fertilisation 63)

Modification de pH recherchée	Sols légers granitiques		Sols volcaniques
	Teneur MO faible	Teneur MO élevée < 2-3 %	Teneur MO élevée > 3-4 %
4.5 à 5.0	400	500	700
5.0 à 5.5	400	850	1300
5.5 à 6.0	600	1200	1800

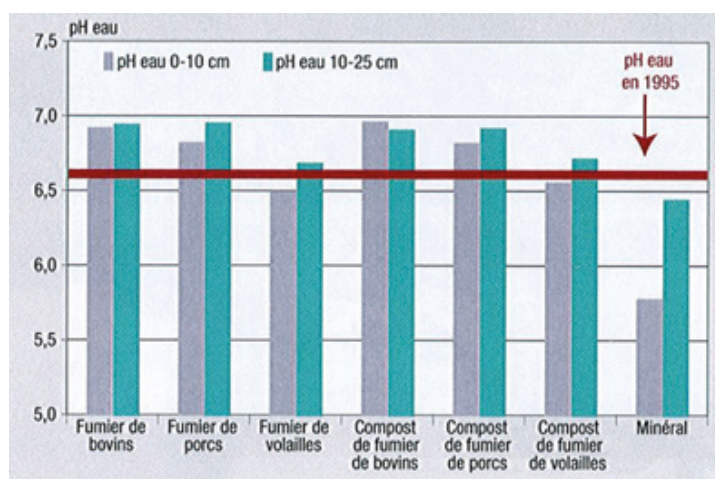
- **Le chaulage d'entretien** a pour objectif de maintenir le pH au niveau souhaité. Pour compenser l'acidification des sols et les besoins d'entretien des cultures, il faut prévoir un apport régulier de :

→ 250 à 300 kg/ha/an d'équivalent CaO sur cultures
 → 150 à 250 kg /ha/an d'équivalent CaO sur prairies

3 - L'effet amendant des engrais de ferme :

Le remplacement total ou partiel des engrais minéraux du commerce par des engrais de ferme n'accroît pas l'acidification des sols cultivés. C'est même le contraire qui est souvent observé, notamment avec des produits comme les fumiers d'ovins, les fientes de volailles et certains composts de fumiers.

Maintien et hausse du pH avec des apports de fumiers bruts ou compostés (source perspectives agricoles n° 387 – Mars 2012)



Différenciation du pH en 2006, dans les horizons 0-10 cm et 10-25 cm, sous prairie de RGA après 10 ans d'apports annuels de fumier de bovins (FB), de porcs (FP), de volailles (FV), de composts de fumiers de bovins (CB), de porcs (CP) et de volailles (CV) – Essai de la Jallière (44) .

Les critères de choix des produits.

1 – La stratégie de chaulage dicte le choix des produits :

De nombreux produits sont disponibles sur le marché. On distingue des produits cuits (chaux vive ou chaux vive magnésienne) et les produits crus (amendements calcaires ou calco-magnésiens). Ces derniers peuvent être plus ou moins fins : pulvérisés, broyés ou concassés. Les produits cuits ont une rapidité d'action supérieure aux produits crus. De même, dans le cas des produits crus, plus les particules du produit sont fines, plus son action est rapide.

Une grande diversité dans les produits d'amendement reflète autant de variabilité dans leurs caractéristiques physiques et chimiques :

- **la valeur neutralisante (VN)** est la quantité d'oxyde de calcium CaO ayant la même capacité de neutralisation que 100 kg du produit considéré. Par exemple, pour une valeur VN = 55, cela signifie que 100 kg de produit apporte 55 kg d'équivalent CaO,
- **la solubilité carbonique (SC)** caractérise la rapidité d'action du produit dans le sol (produits crus). Les produits sont ainsi classés en 3 catégories : lent (SC<20), moyennement rapide (20<SC<50), rapide (SC ≥ 50),
- **la finesse** classe les produits en produits

pulvérulents (granulométrie à 80 % < 0,315 mm), en produits broyés (granulométrie à 80 % < 4 mm) et en produits concassés (granulométrie supérieure).

L'action des amendements minéraux basiques, en particulier les carbonates, dépend de l'acidité du sol qui les fait réagir mais aussi de leur mélange à la terre fine :

- plus le produit sera fin, plus sa réaction avec le sol sera rapide.
- plus le mélange du produit avec la terre sera homogène avec la terre, plus il réagira pour neutraliser l'acidité du sol.

Equivalents-CaO pour quelques produits (source : Chambre d'Agriculture de la région Nord-Pas de Calais)

Types d'amendements	Finesse (mm)	Teneur en CaO (%) ou VN	Quantité pour apporter 1000 kg éqCaO (t/ha)
PRODUITS CRUS			
Marne concassée	0-30	25 à 45	2.5 à 4
Carbonate concassé ou broyé	0-5	49 à 52	2
Carbonate pulvérulent	Moins de 0.315	49 à 52	2
Carbonate de chaux		40 à 45	2.5
PRODUITS CUIITS			
Chaux vive		92	1.1
Ecumes (chaux éteinte)		25 à 45	2.5 à 4

Pour un chaulage de redressement, Il va falloir utiliser des produits à action rapide, comme les chaux et les calcaires pulvérisés, afin de redresser le pH initialement bas.

Pour un chaulage d'entretien, les produits à action plus lente sont plus adaptés. Ils vont dans ce cas libérer chaque année par dissolution la quantité d'éléments CaO nécessaires pour fixer l'acidité du sol.



2 – Le coût des unités neutralisantes

Comme pour les engrais, il est possible de calculer le coût des unités neutralisantes apportées par les amendements :

$$\text{Prix à l'unité neutralisante} = \frac{\text{Prix aux 100 kg}}{\text{Valeur neutralisante}}$$

Exemple

Carbonate VN = 54 à 8,60 €/100 kg
 → Prix à l'unité VN : $8,60/54 = 0.16$ €

Remarque : Pour tous les produits classés comme amendement, outre la composition du produit (teneurs en calcium et magnésium...), l'indication de la Valeur Neutralisante (ou VN) est obligatoire. Elle permet de calculer la quantité nécessaire de produit à apporter. Par exemple, pour apporter 600 kg CaO /ha avec un amendement calcaire cru ayant une VN = 55, il faudra apporter $600 / 0,55$ soit 1100 kg de produit/ha.

Modalités d'apport des amendements

Dans le cas d'un chaulage de redressement, si les apports nécessaires au redressement sont élevés, le fractionnement sera plus dicté par des impératifs économiques qu'agronomiques. Il faudra apporter toute la dose nécessaire sur plusieurs années pour bénéficier des effets attendus.

Dans le cas d'un chaulage d'entretien et pour un fonctionnement régulier de la vie du sol, il est préférable d'éviter de trop grandes variations de pH dans le temps.

- Sur sols filtrants ou à faible CEC : réaliser des apports tous les 2 ans
- Sur sols argileux ou à forte CEC : réaliser des apports tous les 3 à 4 ans

Sur culture, il est conseillé de faire les **apports au moment du travail du sol** afin de mélanger l'amendement avec la terre sur la couche travaillée. Sur prairie, il sera fait en surface quand le sol est suffisamment portant.

Document rédigé par:

N. Morand (CA 03)
N. Deux (CA 03)
C. Chabalière (CA15)
R. Tendille (CA 43)
P. Mounier (CA 43)
P. Tyssandier (CA 43)
G. Dupic (CA 63)
P. Faure (CA 63)
C. Lacour (CA 63)
S. Violleau (CA 63)
J. Zapata (EDE 63)

Conception

Service Communication - juillet 2016
Chambre d'agriculture du Puy-de-Dôme



Financé dans le cadre du programme régional PRDAR Auvergne 2014/2020 «Favoriser l'autonomie alimentaire et énergétique des exploitations», avec le soutien financier du Ministère de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Forêt - CASDAR

Guide régional de fertilisation Prairies et cultures fourragères

Fiche technique Résultats d'essais

Dates d'apport d'azote sur prairie en fauche précoce

En résumé

Entre 2011 et 2013, des essais conduits sur les 4 départements de la région Auvergne ont permis de tester la période optimale pour les apports d'azote au printemps. Ils ont été conduits sur des prairies utilisées en fauche précoce (ensilage ou enrubannage). Ces essais ont montré que, sur prairie à flore précoce (ray-grass, dactyle...), les apports d'azote doivent être réalisés dans les quinze jours qui suivent le repère de somme de température des 200°C cumulés à partir du 1^{er} janvier.

Objectifs des essais

Comparer les différentes dates d'apport d'azote sur prairie destinée à une fauche précoce, en fonction des sommes de températures pour pouvoir proposer des repères utilisables par tous les agriculteurs.

L'azote doit être disponible pour les prairies au plus tard au moment de leur démarrage en végétation. Pour les prairies à flore précoce (à base de ray-grass ou dactyle), le repère de démarrage de végétation se situe à 200°C cumulés à partir du 1^{er} février. Pour être pleinement disponible, l'azote minéral doit donc être apporté au plus tard avant ce repère.

Cependant, l'azote ne doit pas être apporté trop tôt pour limiter les risques de lessivage, et la diminution de son efficacité. Ainsi, sur prairie, un apport réalisé avant le repère des 200°C cumulés à partir du 1^{er} janvier serait prématuré.



La fenêtre pour l'apport d'azote minéral se situe donc entre ces deux dates :

- 200°C cumulés à partir du 1er janvier et,
- 200°C cumulés à partir du 1er février.

Le calcul est fait à partir des données de températures moyennes journalières, après avoir plafonné ces moyennes journalières entre 0 à 18°C.

En année moyenne, l'intervalle moyen entre ces deux repères correspond aux dates suivantes (en fonction de l'altitude) :

Altitude	300 m	500 m	700 m	900 m	1100 m
Date apport N précoce	20/02 au 05/03	01/03 au 15/03	5/03 au 20/03	15/03 au 01/04	01/04 au 15/04

Matériel et méthode

Pour tester la pertinence de ces 2 dates repères, les Chambres d'Agriculture de la région Auvergne ont mis en place plusieurs essais entre 2011 et 2013. Ces essais ont été réalisés à différents niveaux d'altitude et pour différents types de prairie (PT, PP).

Département	Commune ou secteur	Altitude	Type de prairie
03 Allier	St Priest en Murat	300 m	Prairie temporaire
15 Cantal	St Santin de Maurs	380 m	PT à base de RG
15 Cantal	Le Vigean	750 m	Prairie permanente
43 Haute-Loire	Javaugues	540 m	Prairie permanente
43 Haute-Loire	Secteur Livradois-Forez	700 à 900 m	PT à base de RG
63 Puy-de-Dôme	Limons	300 m	PT à base de dactyle
63 Puy-de-Dôme	Nébouzat	900 m	Prairie permanente

3 types de traitements ont été testés :

- un témoin non fertilisé
- un apport 60 N « très précoce » à 200°C base 1^{er} janvier
- un apport 60 N « précoce » à 200°C base 1^{er} février

Les mesures de rendement ont été réalisées au stade ensilage (750 à 800°C base 1^{er} février). Récolte à la mini tondeuse.

Dispositif : placettes de 10m² sans répétition.

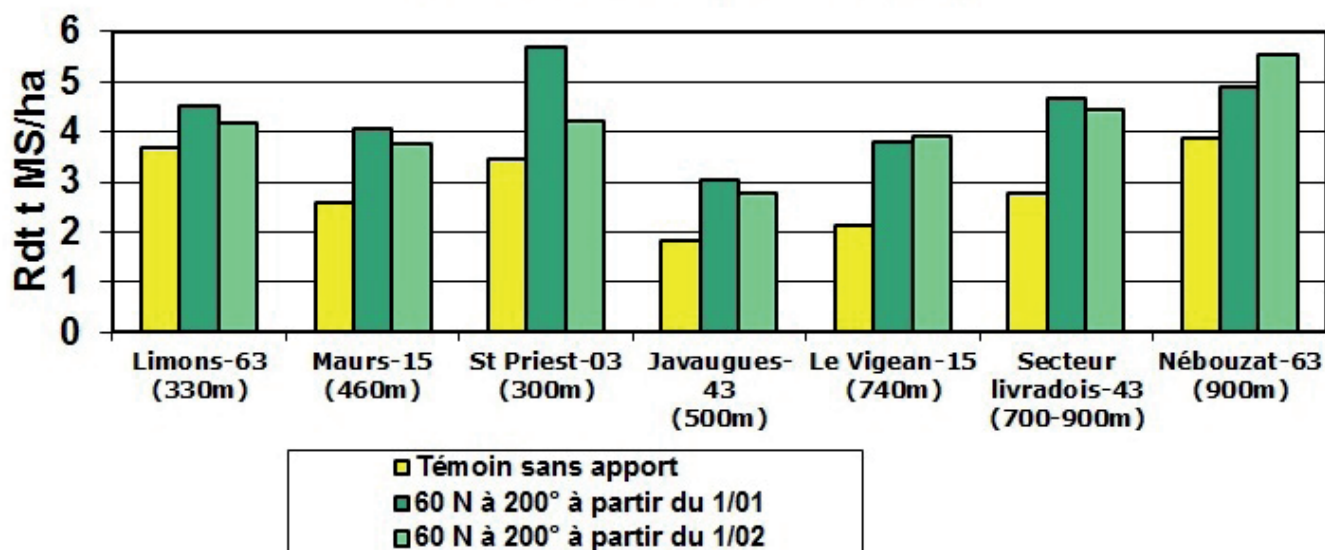
Ces résultats ont été complétés par des analyses de valeur alimentaires en 2012 et 2013.



Résultats

En moyenne sur 3 ans, dans tous les essais, l'apport d'azote minéral a permis d'améliorer significativement le rendement par rapport au témoin non fertilisé.

Rendements au stade ensilage (750° cumulés à partir du 1/02) moyenne 2011/2012/2013 en t MS/ha



En moyenne le gain par rapport au témoin est de :

- + 1.4 t MS/ha pour les apports d'azote « très précoces » (200°C à partir du 1^{er} janvier)
- + 1.2 t MS/ha pour les apports d'azote « précoces » (200°C à partir du 1^{er} février)

Si le rendement moyen le plus élevé est obtenu avec l'apport d'azote « très précoce », toutefois, l'écart avec l'apport « précoce » reste faible et non significatif.

Sur le plan économique, le gain moyen est de 2,8 euros de fourrage produit en plus pour 1 euro d'engrais N apporté (ammonitrate à 400 euros/T et fourrage acheté à 150 euros/T)

En détaillant les résultats année par année, on constate :

- En 2011, un effet très positif des apports « très précoces » par rapport aux apports « précoces »
- En 2012, un effet moins favorable pour les apports « très précoces » dû à un début de printemps particulièrement sec
- En 2013, un résultat équivalent entre les deux dates d'apport

Pour conforter ces résultats, en 2013, un traitement supplémentaire a été testé, avec un apport « tardif » d'azote (à 350°C cumulés à partir du 1^{er} février). Dans tous les essais, le rendement obtenu avec cet apport « tardif » a été inférieur de 12 % (-0.6 t MS/ha) par rapport aux apports précoces.

Conclusion

Ces résultats démontrent que l'apport d'azote minéral peut commencer à partir du repère des 200°C cumulés à partir du 1^{er} janvier. Ensuite, les agriculteurs disposent d'une « fenêtre d'intervention » d'environ 15 jours pour réaliser leurs apports. Le choix de la date sera fonction des conditions climatiques (humidité au moment de l'apport) et des conditions de portance des sols. Dans tous les cas, les apports d'azote doivent être terminés au démarrage de végétation (soit 200°C cumulés à partir du 1^{er} février).

Personnes ressources ayant participé à la conduite et la valorisation de ces essais :

N. Morand (CA 03)
C. Chabalière (CA 15)
R. Tendille (CA 43)
P. Mounier (CA 43)
P. Tyssandier (CA 43)
G. Dupic (CA 63)
P. Faure (CA 63)
C. Lacour (CA 63)
S. Violleau (CA 63)
J. Zapata (EDE 63)
A. Pirot (Arvalis)

Conception

Service Communication - juillet 2016
Chambre d'agriculture du Puy-de-Dôme



Financé dans le cadre du programme régional PRDAR Auvergne 2014/2020 «Favoriser l'autonomie alimentaire et énergétique des exploitations», avec le soutien financier du Ministère de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Forêt - CASDAR

Guide régional de fertilisation Prairies et cultures fourragères

Fiche technique Résultats d'essais

Choix des engrais azotés sur prairie

En résumé

Sur des prairies qui reçoivent régulièrement des apports de fumier ou de lisier, on ne constate pas de différence significative entre les différentes formes d'azote minéral (nitrique, ammoniacale ou uréique avec ou sans soufre) :

- sur le rendement,
- sur les valeurs MAT et UFL,
- sur les teneurs en soufre du fourrage.

Les engrais azotés soufrés présentent le coût du kg d'azote le plus élevé des produits testés ce qui en fait des engrais difficiles à rentabiliser. L'ammonitrate et l'urée restent donc deux sources d'azote très intéressantes techniquement et économiquement en complément des engrais de ferme apportés sur les prairies.

Ces résultats ne font que confirmer les résultats déjà obtenus par les travaux de l'Association Céréales Montagnes sur le rendement, le poids spécifique et le taux en protéines du blé en 2006 à Villedieu (15) dans le cas d'apports d'azote avec de l'ammonitrate, de l'urée et des engrais azotés soufrés.

Objectifs des essais

Comparer les différentes formes d'azote sur prairie (nitrique, ammoniacale, uréique), et mesurer l'intérêt technique et économique d'un apport d'azote soufré en complément des restitutions régulières de fumier ou de lisier.

Matériel et méthode

- Nombre d'essais suivis : 3 en 2013 et 1 en 2014
- Sites et altitude : en 2013 : St-Constant (15), alt. 280 m ; La Chapelle Laurent (15), alt. 980 m ; Chastel-sur-Murat (15), alt. 1238 m. En 2014 : St-Etienne de Maurs (15), alt. 550 m
- Cultures concernées : Prairies permanentes ou temporaires
- Conduite : Fertilisation minérale NPK apportée entre 200 °C base 0 cumulés à partir du 1er janvier et 200 °C base 0 cumulés à partir du 1er février. Apports organiques maîtrisés sur St-Constant et St-Etienne de Maurs (fréquence des apports organiques : tous les 1 à 2 ans sur les prairies supports).

Analyses Fumier Kg/T brut	N Total	N-NH 4	C/N	P2O5	K2O	MgO	SO3	CaO	pH
Bovins allaitants - 2013	5.32	0.11	12	2.07	8.21	1.06	1.61	nc	8.9
Bovins laitiers - 2014	7.61	0.01	11	4.28	6.3	2.77	4.18	5.83	8.9

- Quantité d'azote minéral apportée : 60 N/ha pour tous les types d'engrais azotés, complétés soit par du fumier ou du lisier en hiver ou 60 P – 90 K minéral aux 200°.
- Récolte : uniquement 1ère coupe à 693 °C en moy. – Base 0° - 1er février en 2013 et 780° en 2014 (coupe motofaucheuse - pesées en vert)
- Dispositif : placettes de 10 m² répétées 2 fois

Caractéristiques des engrais testés :

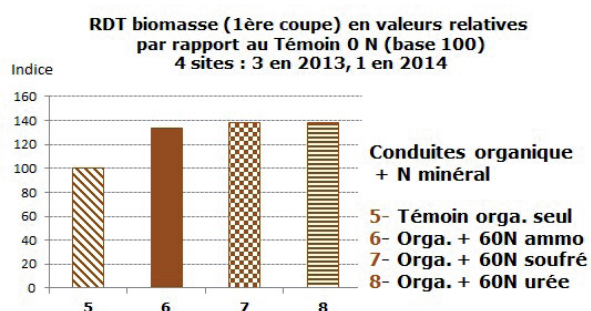
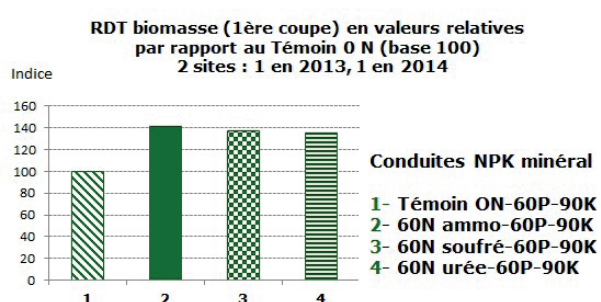
Engrais	Composition kg / 100 kg				Engrais testés sur			
	Forme d'azote			Soufre	St-Constant Alt. 280 m	La Chapelle L. Alt. 980 m	Chastel s/ M. Alt. 1238 m	St-Etienne de Maurs Alt. 550 m
	NO3	NH4	Uréique					
Ammonitrate 33,5 %	16,5	16,5			X	X	X	X
Sulfan 24 % (18S)	12	12		18	X	X	X	X
Urée 46 %			46		X	X	X	X
Sulfammo 23,5 % (42S)		13	10	42		X	X	
Azomag 22 % (33S+3MgO)		10,2	11,8	33				X
Fumier bovin 20 T / ha - apports pesés					X (jan 13)			X (déc 13)
Fumier ovin 15-20 T/ha - source agriculteur							X (oct 12)	
Lisier bovin 25 m3/ha fosse couverte - source agriculteur						X (jan 13)		

() périodes pour l'apport organique

Résultats

En moyenne sur 3 ans, dans tous les essais, l'apport d'azote minéral a permis d'améliorer significativement le rendement par rapport au témoin non fertilisé.

1 - Sur la PRODUCTION DE BIOMASSE :



Pour la conduite NPK minéral,

l'apport de 60 kg N/ha a permis un gain de rendement de + 35 à + 41 % comparé au témoin sans apport d'azote. C'est l'ammonitrate qui donne la meilleure efficacité avec +18,3 kg MS par kg d'azote apporté suivi de l'azote soufré puis de l'urée avec +14,8 kg MS.

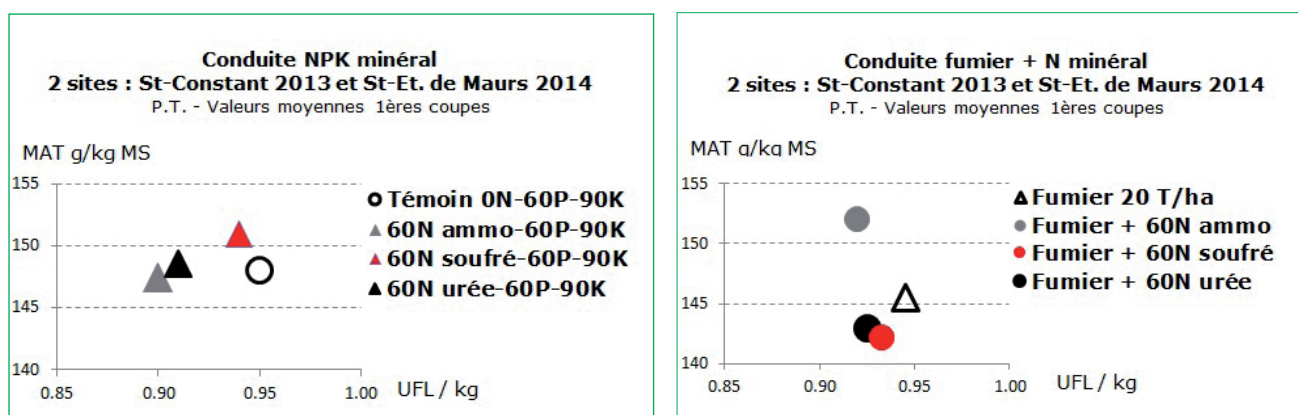
Avec l'apport organique,

l'apport de 60 kg N/ha a permis un gain de rendement de + 33 à + 38 % comparé au témoin sans apport d'azote. L'urée et les produits azotés soufrés présentent la meilleure efficacité avec +25 kg MS par kg d'azote apporté suivi de l'ammonitrate avec +21,7 kg MS.

En complément des apports PK minéral ou des apports organiques, les écarts constatés entre les 3 types de produits utilisés comme sources d'azote (N sans ou avec soufre) ne permettent pas de mettre en évidence une différence significative entre ces différents traitements sur le rendement en biomasse (test de Newman-Keuls au seuil de 5 %).

2 - Sur les VALEURS ALIMENTAIRES (2 sites) :

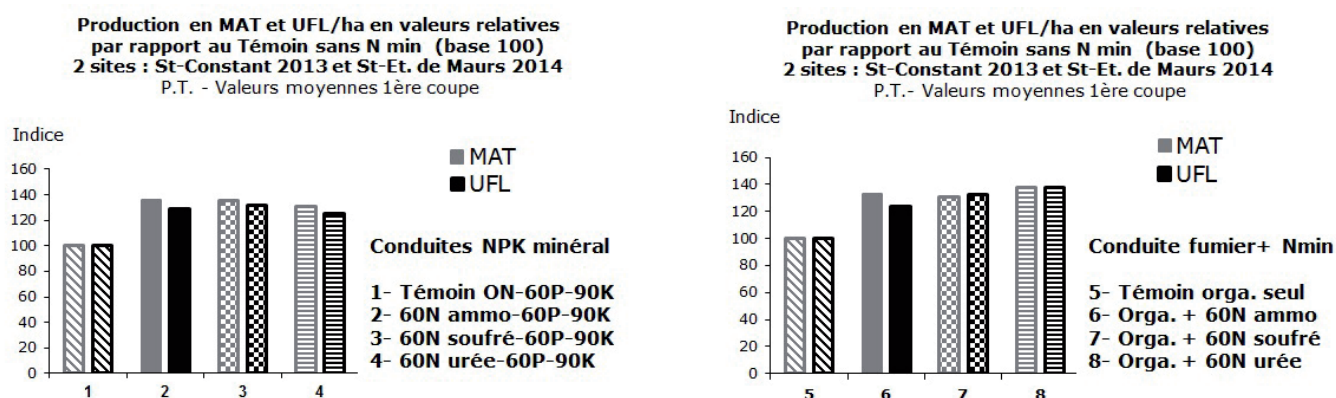
2.1- par kg de matière sèche



Selon les conduites et produits testés, il y a un effet positif par rapport aux valeurs des témoins sans azote minéral sur les valeurs MAT du fourrage récolté avec les produits azotés soufrés en complément du PK minéral (+ 3 g/kg MS) et avec l'ammonitrate en complément du fumier (+6,5 g/kg MS). Sur les valeurs UFL, on ne constate pas d'effet positif par rapport aux témoins sans azote.

Enfin, quelles que soient les conduites testées, les écarts mesurés entre les 3 types de produits utilisés comme sources d'azote ne permettent pas de mettre en évidence de différence significative entre ces différents traitements sur les valeurs MAT (g/kg MS) et UFL (/kg MS) (test de Newman-Keuls au seuil de 5 %).

2.2 - Production de MAT et d'UFL par ha



Pour la conduite NPK minéral, l'apport de 60 kg N/ha a permis un gain de production en MAT de +30 à +36 % comparé au témoin sans apport d'azote.

Ce sont les produits en azote soufré et l'ammonitrate qui donnent la meilleure production avec +2,6 kg MAT par kg d'azote apporté devant l'urée avec +2,2 kg MS.

Pour la production d'UFL, le gain est de +24 à +32 % par rapport témoin 0 azote. La production la plus élevée est obtenue avec les produits soufrés (14,8 UFL / kg N) suivis de l'ammonitrate puis de l'urée avec 11,5 UFL par kg d'azote apporté.

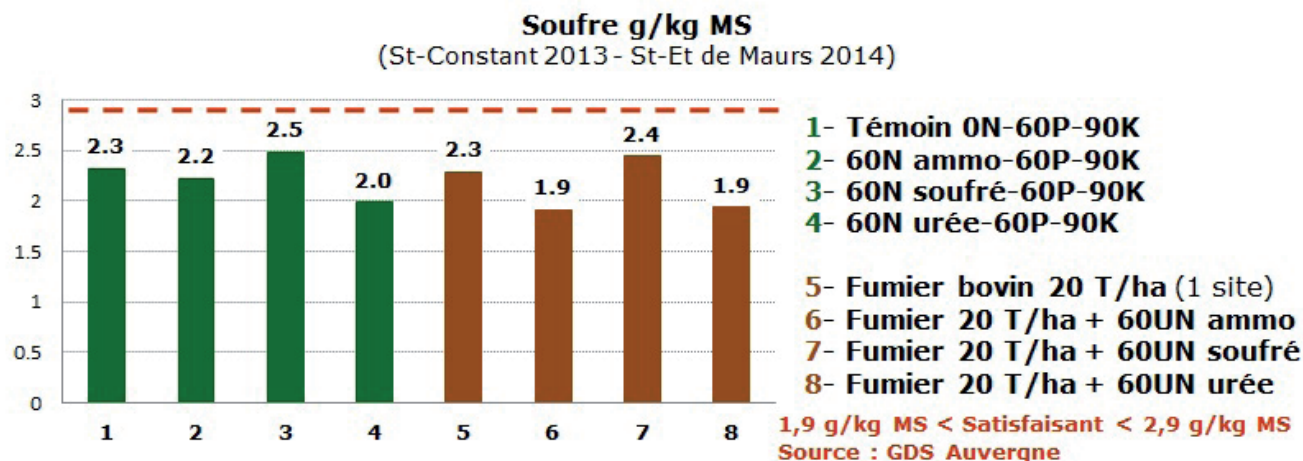
Pour la conduite fumier + N minéral, l'apport de 60 kg N/ha a permis un gain de production en MAT de +31 à +38 % comparé au témoin sans apport d'azote.

C'est l'urée qui donne la meilleure production par kg d'azote apporté avec +2,8 kg MAT suivi de l'ammonitrate et des produits soufrés avec +2,3 kg MS par kg d'azote soufré apporté.

Pour la production d'UFL, le gain est de +23 à +37 % par rapport témoin 0 azote. La production la plus élevée est obtenue avec l'urée (17,7 UFL / kg N) suivi des produits soufrés et de l'ammonitrate avec 11,2 UFL par kg d'azote apporté.

Enfin, quelles que soient les conduites testées, les écarts mesurés entre les 3 types de produits utilisés comme sources d'azote ne permettent pas de mettre en évidence de différence significative entre ces différents traitements sur les productions par hectare de MAT et d'UFL (test de Newman-Keuls au seuil de 5 %).

2.3- Teneurs en soufre du fourrage



Quelles que soient les pratiques de fertilisations testées, les valeurs du fourrage en soufre sont satisfaisantes (comprises entre 1,9 et 2,9 g/kg MS).

Les valeurs les plus élevées sont obtenues avec les produits azotés soufrés. Toutefois, les écarts observés ne permettent de conclure à une différence significative des teneurs en soufre du fourrage produit avec les engrais azotés soufrés d'une part, et le fumier de bovins et les produits azotés simples tels que l'ammonitrate et l'urée d'autre part (test de Newman-Keuls au seuil de 5 %).

Incidences économiques :

	conduite minérale NPK (2 essais)			conduite organique + N min (4 essais)		
	Ecart / témoin 0N TMS/ha	Kg MS / kg N	valeur du fourrage produit par 1 euro d'N	Ecart / témoin 0N TMS/ha	Kg MS / kg N	valeur du fourrage produit par 1 euro d'N
ammo	1,1	18,3	3,23 €	1,3	21,7	3,81 €
urée	0,9	14,8	2,96 €	1,5	25,0	5,00 €
azote soufré	1,0	16,3	2,02 €	1,5	25,0	3,09 €

Bases de calcul (HT) : kg N : ammo 1 € ; urée 0,88 € ; azote soufré 1,43 € - Foin : 0,176 € / kg MS

C'est l'urée qui est le produit le plus intéressant économiquement avec une moyenne de 3,98 euros de fourrage produit pour 1 euro d'azote apporté, suivi de l'ammonitrate (3,52 euros) et de l'azote soufré (2.55 euros).

Personne ressource ayant participé à la conduite et la valorisation de ces essais :

C. Chabalière (CA15)

Conception

Service Communication - juillet 2016
Chambre d'agriculture du Puy-de-Dôme



Financé dans le cadre du programme régional PRDAR Auvergne 2014/2020 «Favoriser l'autonomie alimentaire et énergétique des exploitations», avec le soutien financier du Ministère de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Forêt - CASDAR