



# 2018

## REFERENTIEL N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O

MODALITES DE RAISONNEMENT DES DOSES  
PREVISIONNELLES EN N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O POUR LES  
BOUES ET COMPOSTS DE BOUES URBAINES

## CAHIER CULTURE PRAIRIES



## Remerciements - Contributeurs

---

La réalisation de ce référentiel a été soutenue financièrement par les Agences de l'Eau Rhône Méditerranée Corse et Adour Garonne, les Chambres d'agriculture de l'Aude, du Gard, de l'Hérault, de Lozère et des Pyrénées-Orientales et les Conseils Départementaux de l'Aude, du Gard, de l'Hérault, de Lozère et des Pyrénées-Orientales.

### Liste des membres du réseau des MESE d'Occitanie ayant participé à la rédaction de ce cahier :

Stéphanie RUBIO	MESE de l'Aude
Claire GAFFIER	MESE du Gard
Laure-Hélène PONS	MESE du Gard
Marie CASTAGNET	MESE de l'Hérault
Laure GOMITA	MESE de la Lozère
Mélanie MASSEBEUF	MESE de la Lozère
Margot DALLA-NORA	MESE des Pyrénées-Orientales
Laurence SIRJEAN	MESE des Pyrénées-Orientales

### Remerciements à :

Jean-Luc PULL	Chambre d'agriculture de l'Aude
Gérald MARTY	Chambre d'agriculture du Gard
Thierry PIANETTI	Chambre d'agriculture du Gard
Laurence ROUQUETTE	Chambre d'agriculture de l'Hérault
Lucien PAGES	Chambre Régionale d'agriculture d'Occitanie

## Edito

### La Mission d'Expertise et de Suivi des Épandages, Qu'est-ce que c'est ?

Il s'agit d'une mission d'assistance technique au service de l'État, des Agences de l'Eau, des maîtres d'ouvrage des stations d'épuration et des exploitants agricoles, visant à favoriser l'organisation de filières de valorisation agronomique des boues conformes à la réglementation et qui préservent les intérêts de l'agriculture et de l'environnement. Avec l'appui des Agences de l'Eau, **la MESE joue le rôle d'organisme de suivi indépendant des producteurs de boues.**

Elle a pour principal objectif d'encadrer les pratiques d'épandages afin de contribuer à la **préservation de la qualité des sols, des cultures, des produits et de l'environnement.** Les trois fonctions essentielles de la MESE sont d'assurer :

- **L'expertise agronomique et la conformité des règles d'épandages** des dossiers tout au long de la filière d'épandage dans le cadre des Études Préalables d'épandage (EPE), des Bilans Agronomiques (BA), des Programmes Prévisionnels d'Épandages (PPE).
- **Un rôle de conseil, d'information et de communication** auprès des collectivités, des agriculteurs, des prestataires à l'épandage sur le thème de la valorisation agricole et du retour de la matière organique au sol.
- **La pérennité de la filière de recyclage des boues en agriculture** en améliorant la qualité des boues recyclées, la traçabilité et la fiabilité des épandages.

### Et le Réseau des MESE d'Oc. ?

Le travail en réseau des MESE renforce, d'une part, la qualité et l'homogénéité de l'expertise départementale et, d'autre part, l'interprétation technique des textes tout en apportant **des réponses à travers des références, des méthodes et des outils communs d'aide à l'expertise.** Il constitue par ailleurs une force de proposition au niveau national (SILLAGE, Laboratoires, COMIFER, etc.).



# Sommaire

<b>REFERENCES GENERALES .....</b>	<b>3</b>
1. CALENDRIER D'OCCUPATION ET PERIODES D'APPORT PRECONISEES PAR LE RESEAU DES MESE D'OC. ....	3
2. RENDEMENTS PREVISIONNELS (OU OBJECTIFS DE RENDEMENT) .....	5
a. <i>Hors zone vulnérable*</i> .....	5
b. <i>En zone vulnérable</i> .....	11
<b>DOSE D'AZOTE A APPORTER.....</b>	<b>12</b>
1. FORMULE GENERALE .....	12
2. « BESOINS » .....	13
3. FOURNITURES.....	13
4. COEFFICIENT APPARENT D'UTILISATION DE L'ENGRAIS MINERAL (CAU) .....	15
5. EXEMPLE DE CALCUL POUR N.....	16
<b>DOSES DE P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ET K<sub>2</sub>O A APPORTER .....</b>	<b>17</b>
1. FORMULE DE CALCUL .....	17
2. EXPORTATIONS ① .....	18
3. COEFFICIENT MULTIPLICATIF DES EXPORTATIONS ② .....	19
a. <i>Valeurs des teneurs-seuils Timp. et Trenf.</i> .....	19
b. <i>Analyses de terre des parcelles de référence</i> .....	21
c. <i>Tableaux des coefficients multiplicatifs</i> .....	21
4. SUPPLEMENT LIE A L'EXPORTATION DES PAILLES DE LA CULTURE N-1 ③.....	26
a. <i>Comparaison des teneurs du sol en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O (issues de l'analyse de terre) à Timp.</i> .....	26
b. <i>Rendement de pailles de la culture N-1</i> .....	26
c. <i>Teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O des résidus de pailles de la culture N-1</i> .....	27
5. PLAFOND DE DOSE A NE PAS DEPASSER.....	27
6. EXEMPLE DE CALCUL POUR P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ET K <sub>2</sub> O.....	28
<b>QUANTITE DE BOUES OU COMPOSTS DE BOUES A APPORTER .....</b>	<b>29</b>
<b>FERTILISATION COMPLEMENTAIRE POUR L'ANNEE N.....</b>	<b>30</b>
<b>EXEMPLES .....</b>	<b>31</b>
1. RAPPELS.....	31
a. <i>Rappels des différents cas de figure des types d'apports en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O</i> .....	31
b. <i>Rappel des données de l'exemple</i> .....	31
2. DOSES PREVISIONNELLES A APPORTER PAR LES BOUES .....	32
3. QUANTITES DE PRODUIT ORGANIQUE A APPORTER EN FONCTION DE CHAQUE ELEMENT .....	32
4. QUANTITES FINALES RETENUES EN FONCTION DE L'ELEMENT LIMITANT .....	33
5. DOSES FINALEMENT APORTEES .....	33
6. FERTILISATION COMPLEMENTAIRE POUR L'ANNEE N .....	33
7. CONCLUSION.....	33
<b>SCHEMA DE SYNTHESE DU RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION DES PRAIRIES .....</b>	<b>34</b>
<b>LISTE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>36</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>37</b>

## Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Calendrier d'occupation et périodes d'apport préconisées par le réseau des MESE d'Oc.	3
Tableau 2 : Rendements prévisionnels ou objectifs de rendements.....	5
Tableau 3 : Calcul du rendement prévisionnel en zone vulnérable .....	11
Tableau 4 : Rendements prévisionnels pour les prairies en zone vulnérable.....	11
Tableau 5 : Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel pour les prairies ou teneur en azote de l'herbe selon le mode d'exploitation .....	13
Tableau 6 : Fourniture d'azote par le sol ( <i>en kg N/ha</i> ).....	14
Tableau 7 : Taux de trèfle estimé par observation visuelle.....	14
Tableau 8 : Apport d'azote par fixation symbiotique des légumineuses en fonction du niveau de présence des légumineuses, du type de légumineuses et du rendement prévisionnel (Fs) <i>en kg N/ha</i> .....	15
Tableau 9 : Coefficients apparents d'utilisation annuel de l'engrais .....	15
Tableau 10 : Exemple de calcul de dose d'azote à apporter avant semis ou sur culture en place pour les prairies sans légumineuses .....	16
Tableau 11 : Exemple de calcul de dose d'azote à apporter avant semis ou sur culture en place pour les prairies avec un niveau faible de légumineuses.....	16
Tableau 12 : Cas de figure des types d'apports en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O .....	17
Tableau 13 : Teneur en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O par unité de rendement .....	18
Tableau 14 : Exigence des prairies en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O et teneurs-seuils en ces éléments pour les sols du Sud-Ouest et pris par extension pour les sols du territoire Languedoc-Roussillon .....	20
Tableau 15 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour K <sub>2</sub> O appliqués à la récolte principale (cultures fourragères) .....	22
Tableau 16 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Joret-Hébert appliqués à la récolte principale (cultures fourragères).....	23
Tableau 17 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Dyer appliqués à la récolte principale (cultures fourragères) .....	24
Tableau 18 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Olsen appliqués à la récolte principale (cultures fourragères).....	25
Tableau 19 : Rendements des résidus de culture précédant les prairies .....	26
Tableau 20 : Teneur en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O des résidus de pailles par unité de rendement .....	27
Tableau 21 : Hypothèses de calcul sur une prairie temporaire .....	28
Tableau 22 : Exemple de calcul de doses de phosphore et de potasse efficaces (cas B) .....	28

## Introduction

---

Depuis 1995 les Missions d'Expertise et de Suivi des Épandages (MESE) d'Occitanie interviennent dans l'expertise et l'accompagnement de la filière épandage des boues et composts de boues urbaines. Face aux évolutions réglementaires et agronomiques, il est apparu nécessaire de créer un référentiel régional relatif au raisonnement des apports en azote, phosphore et potasse de ces déchets et présentant les différents paramètres afférents (notamment les coefficients d'équivalence engrais N et P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Le contexte réglementaire de la révision de l'application de la Directive Nitrates au niveau de l'Etat français, le zonage augmenté en raison du critère eutrophisation pour lequel azote et phosphore sont responsables, et enfin la présence de plans d'épandage dans ces zones vulnérables rendent nécessaire la régionalisation des références de raisonnement pour ces deux éléments.

Le raisonnement de la dose faisant partie intégrante du rôle des MESE dans le cadre de leur mission d'expertise agronomique, le réseau des MESE d'Oc. a rédigé ce document principalement à destination des bureaux d'études en ciblant les boues et composts de boues urbaines.

Le référentiel N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O se compose de neuf cahiers correspondant à neuf types de cultures ayant été identifiées comme recevant à ce jour des boues ou composts de boues urbaines non normés.

Concernant les composts de boues, le raisonnement d'apport d'humus n'est pas traité dans ce référentiel, ce dernier étant axé sur le raisonnement de l'apport des éléments fertilisants N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O. Pour le raisonnement d'apport d'humus des composts de boues, se référer au Guide des produits organiques utilisables en Languedoc-Roussillon (CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE LANGUEDOC-ROUSSILLON, 2011).

Les termes du glossaire sont mentionnés avec un astérisque noir \* dans le document et sont définis avec les sigles dans un document à part intitulé « Glossaire et Sigles ». L'astérisque n'apparaît dans le texte que lors de la 1<sup>ère</sup> occurrence.

Ce « Glossaire et Sigles » est disponible en ligne sur le site de la Chambre régionale d'agriculture Occitanie. Il est utilisable pour l'ensemble des documents élaborés par le réseau des MESE d'Oc.

## Préalables

---

1. Le réseau des MESE d'Oc. préconise de ne pas épandre de boues ou composts de boues sur prairies (avant semis ou sur culture en place) composées de plus de 50% de légumineuses.

Par ailleurs, le réseau des MESE d'Oc. recommande d'apporter les boues ou composts de boues en priorité sur prairies temporaires et en dernier recours sur les prairies permanentes.

Sur des prairies permanentes, le réseau des MESE d'Oc préconise un délai minimum de retour sur parcelle de 3 ans.

2. Le réseau des MESE d'Oc. retient l'hypothèse suivante : la **parcelle de référence** dans les différents dossiers réglementaires (études préalables d'épandage (EPE\*), programmes prévisionnels d'épandage (PPE\*), bilans agronomiques (BA\*), synthèses annuelles du registre d'épandage) a toute sa signification, c'est-à-dire « **référence** » pour calculer, via ses analyses de sol, les quantités prévisionnelles de boues et composts de boues à apporter pour le groupe de parcelles auquel elle est rattachée.

En conséquence, cette parcelle sert aussi de référence pour le calcul de la fertilisation complémentaire qui sera conseillée ; notamment par la prise en compte des éléments P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, voire MgO, déterminés dans ses analyses de sol.

3. Dans l'attente de nouvelles références et par simplification, le réseau des MESE d'Oc. préconise de ne pas tenir compte des **Keq N et Keq P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 2<sup>ème</sup> année** dans le calcul de la fertilisation complémentaire.

4. De même, le réseau des MESE d'Oc. fait l'hypothèse que les **teneurs du sol en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O** n'ont pas évolué, lorsque l'analyse de sol d'une parcelle de référence date de plusieurs années avant l'apport de boues ou de composts de boues. Ainsi les analyses datant de 2015 prises dans les exemples choisis, n'ont pas vu leurs teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O évoluer.

5. L'application stricte du raisonnement agronomique de la dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (sur prairies notamment) peut amener à considérablement réduire la quantité de boues ou composts de boues à apporter. Le réseau des MESE d'Oc. a fait des **propositions pragmatiques de façon à concilier raisonnement agronomique et pérennité de la filière d'épandage**. Cependant, il souligne le besoin d'informations techniques supplémentaires et d'évaluation des conséquences sur la filière (faisabilité technique du matériel d'épandage, parcellaire disponible, stock et devenir du phosphore dans les sols, concurrence avec d'autres effluents, etc.) afin de consolider ou de réactualiser les préconisations que le réseau émet.

6. Le contenu de ce document, créé entre 2015 et 2018, pourra évoluer en fonction des références du COMIFER et du Groupe Régional d'Expertise « Nitrates » d'Occitanie, dont la mobilisation est annoncée pour fin 2018.

## Références générales

### 1. Calendrier d'occupation et périodes d'apport préconisées par le réseau des MESE d'Oc.

Tableau 1 : Calendrier d'occupation et périodes d'apport préconisées par le réseau des MESE d'Oc.

Cultures	Produits ou déchets organiques utilisés	Type I ou II selon le C/N*	Semis ou plantation (cultures pérennes)	Récolte	Périodes d'apport validées par le réseau des MESE d'Oc. en fonction des doses N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O et des besoins des cultures	Périodes d'épandage déconseillées hors zones vulnérables (CPBA)	Périodes d'épandage interdites en zones vulnérables		
Prairies permanentes	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)	Pas de semis sur PP	Pâturage de mars à octobre 1 <sup>ère</sup> coupe : à début juin Enrubannage : mai à juin Foin : début juin à août Regain 2 <sup>nde</sup> coupe : août à octobre	<p><b>Si apport sur PP</b> : fin février à mi-mai et/ou à l'automne (septembre à mi-novembre)</p> <p><b>Boues non hygiénisées</b> : délai de 6 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères</p> <p><b>Boues hygiénisées</b> : délai de 3 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères</p> <p><b>Boues hygiénisées</b> : délai de 3 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères</p> <p><b>Compost boues sans faim d'azote</b> : Si apport sur culture en place : fin février à mi-mai et/ou à l'automne</p> <p><b>Compost boues avec faim d'azote</b> : Si apport sur culture en place : fin février à mi-mai et/ou à l'automne</p>	Prairies > 6 mois : 15 novembre au 15 janvier	Prairies > 6 mois : 15 novembre au 15 janvier		
	Boues urbaines de lits plantés de roseaux	Type II (C/N < 8)						Prairies > 6 mois : 15 novembre au 15 janvier	Prairies > 6 mois : 15 novembre au 15 janvier
	Composts de boues urbaines	Type I (C/N > 8)							



Cultures	Produits ou déchets organiques utilisés	Type I ou II selon le C/N*	Semis ou plantation (cultures pérennes)	Récolte	Périodes d'apport validées par le réseau des MESE d'Oc. en fonction des doses N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O et des besoins des cultures	Périodes d'épandage déconseillées hors zones vulnérables (CPBA)	Périodes d'épandage interdites en zones vulnérables
Prairies temporaires	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)		1 <sup>ère</sup> coupe : Ensilage : mi-avril à début juin Enrubannage : mai à juin Foin : début juin à juillet Coupes suivantes et pâturage : juillet à novembre	<p><b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre apport et semis</p> <p><b>Si apport sur PT en place</b> : mi-janvier (fonction portance de sol, gel, enneigement) à mi-mai et/ou à l'automne (septembre à mi-novembre)</p> <p><b>Boues non hygiénisées</b> : délai de 6 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères</p> <p><b>Boues hygiénisées</b> : délai de 3 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères</p>	<p>Prairies &lt; 6 mois et implantées à l'automne : 1<sup>er</sup> octobre au 15 janvier</p> <p>Prairies &lt; 6 mois et implantées au printemps : 1<sup>er</sup> juillet au 31 janvier</p> <p>Prairies &gt; 6 mois : 15 novembre au 15 janvier</p>	<p>Prairies &lt; 6 mois et implantées à l'automne : 1<sup>er</sup> octobre au 15 janvier</p> <p>Prairies &lt; 6 mois et implantées au printemps : 1<sup>er</sup> juillet au 15 janvier</p> <p>Prairies &gt; 6 mois et non pâturées : 15 novembre au 15 janvier</p>
	Boues urbaines de lits plantés de roseaux	Type II (C/N < 8)	Septembre à octobre et mars à mai		<p><b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre apport et semis</p> <p><b>Si apport sur PT en place</b> : mi-janvier (fonction portance de sol, gel, enneigement) à mi-mai et/ou à l'automne (septembre à mi-novembre)</p> <p><b>Boues non hygiénisées</b> : délai de 6 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères</p> <p><b>Boues hygiénisées</b> : délai de 3 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères</p>	<p>Prairies &lt; 6 mois et implantées à l'automne : aucune période</p> <p>Prairies &lt; 6 mois et implantées au printemps : 1<sup>er</sup> juillet au 31 août</p> <p>Prairies &gt; 6 mois et non pâturées : aucune période</p>	<p>Prairies &lt; 6 mois et implantées à l'automne : 15 novembre au 15 janvier</p> <p>Prairies &lt; 6 mois et implantées au printemps : 1<sup>er</sup> juillet au 15 janvier</p> <p>Prairies &gt; 6 mois : 15 décembre au 15 janvier</p>
	Composés de boues urbaines	Type I (C/N > 8)			<p><b>Boues hygiénisées</b> : délai de 3 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères</p> <p><b>Compost boues sans faim d'azote</b> : Si apport avant semis : pas plus d'1 mois entre apport et semis : mi-août à fin octobre pour PT automne et mars à avril pour PT Printemps Si apport sur culture en place : mi-janvier (fonction portance de sol, gel, enneigement) à mi-mai et/ou à l'automne (septembre à mi-nov)</p> <p><b>Compost boues avec faim d'azote</b> : si apport avant semis : pas plus de 2 mois entre apport et semis : mi-juillet à mi-octobre Si apport sur culture en place : fin février à début mai</p>	<p><b>Boues hygiénisées</b> : délai de 3 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères</p> <p><b>Compost boues sans faim d'azote</b> : Si apport avant semis : pas plus d'1 mois entre apport et semis : mi-août à fin octobre pour PT automne et mars à avril pour PT Printemps Si apport sur culture en place : mi-janvier (fonction portance de sol, gel, enneigement) à mi-mai et/ou à l'automne (septembre à mi-nov)</p> <p><b>Compost boues avec faim d'azote</b> : si apport avant semis : pas plus de 2 mois entre apport et semis : mi-juillet à mi-octobre Si apport sur culture en place : fin février à début mai</p>	<p>Prairies &lt; 6 mois et implantées à l'automne : aucune période</p> <p>Prairies &lt; 6 mois et implantées au printemps : 1<sup>er</sup> juillet au 31 août</p> <p>Prairies &gt; 6 mois et non pâturées : aucune période</p>

Source : Données issues des référents techniques des chambres d'agriculture concernées.

## 2. Rendements prévisionnels (ou objectifs de rendement)

### a. Hors zone vulnérable\*

Le rendement prévisionnel\* (ou objectif de rendement) fourni par l'agriculteur au bureau d'études en fonction de sa connaissance de la parcelle (conditions pédoclimatiques, mode d'exploitation de la prairie) doit être proche des valeurs-guides fournies dans le **Tableau 2**.

En cas de dépassement de ces valeurs-guides, justifier les rendements fournis dans les EPE, extensions de périmètre, PPE et BA.

Tableau 2 : Rendements prévisionnels ou objectifs de rendements

Département	Petite région	Type de prairie	Mode d'exploitation : nombre de fauches nombre tours de pâturage	Rendement total sur l'année t IMS/ha	Type de sol
11	Piège	RGI/Trèfles	Enrubannage + 1 F	8	sol limoneux argileux
11	Piège	Prairie temporaire	2 F + 1 P	6	sol limoneux argileux
11	Piège	PP	1 P	5	sol limoneux argileux
11	Piège	100 % Luzerne irriguée	3 à 4 F	13	sol limoneux argileux
11	Piège	100 % Luzerne en sec	3 F	8	sol limoneux argileux
11	Montagne Noire	RGI/Trèfles	Enrubannage + 1 F	6	sol peu profond acide
11	Montagne Noire	Prairie temporaire	1 F + 1 P	5	sol peu profond acide
11	Montagne Noire	PP	2 F + 1 P	4,5	sol peu profond acide
11	Montagne Noire	100 % Luzerne en sec	3 F	8	sol peu profond acide
11	Montagne Noire	Luzerne/dactyle	3 F	8	sol peu profond acide
11	Pyrénées/Corbières	RGI/Trèfles	Enrubannage	5	-
11	Pyrénées/Corbières	Mélange graminées/légumineuses	1F + pâture	5	-
11	Pyrénées/Corbières	PP	1 F + 1 P	4	-
11	Pyrénées/Corbières	PP	1 P	3	-
11	Pyrénées/Corbières	100% luzerne	2 F	5	-
11	Pyrénées/Corbières	Luzerne/dactyle	3 F	6	-
11	Pyrénées/Corbières	Estives ou parcours	1 P	1,5	-
30	Causses	Estives ou parcours	P	1,5	Sol calcaire et séchant
30	Causses	PP	1 F + 1 P	6	Sol calcaire et séchant
30	Causses	Graminées pures	1 F + 1 P	6	Sol calcaire et séchant
30	Causses	Mélange graminées/légumineuses	1 F + 1 P	6,5	Sol calcaire et séchant

Département	Petite région	Type de prairie	Mode d'exploitation : nombre de fauchages nombre tours de pâturage	Rendement total sur l'année t MS/ha	Type de sol
30	Causses	100% luzerne	2 F + 1 P	7	Sol calcaire et séchant
30	Cévennes gardoises	PP	2 F + 1 P	4,5	Sol schisteux à granitique
30	Cévennes gardoises	PP	2 F + 1 P	5,5	Sol schisteux à granitique
30	Plaine et Gard Rhodanien	PP	1 F + 1 P	5	Marne argilo-calcaire, hydromorphe et séchante
30	Plaine et Gard Rhodanien	PP	2 F + 1 P	7	Marne argilo-calcaire, hydromorphe et séchante
30	Plaine et Gard Rhodanien	Graminées pures	1 F + 1 P	7	Marne argilo-calcaire, hydromorphe et séchante
30	Plaine et Gard Rhodanien	100% luzerne	2 F	6	Marne argilo-calcaire, hydromorphe et séchante
30	Plaine et Gard Rhodanien	100% luzerne	2 F + 1 P	7	Marne argilo-calcaire, hydromorphe et séchante
30	Plaine et Gard Rhodanien	100% luzerne	3 F	8	Marne argilo-calcaire, hydromorphe et séchante
30	Plaine et Gard Rhodanien	100% luzerne	3 F + 1 P	9	Marne argilo-calcaire, hydromorphe et séchante
30	Plaine et Gard Rhodanien	Prairie temporaire (mélange graminées/luzerne)	ensilage de fauche	9	Marne argilo-calcaire, hydromorphe et séchante
30	Rhône et Camargue	Graminées pures	1 F + 1 P	10	Sol limoneux, profond, avec nappe d'accompagnement
30	Rhône et Camargue	100% luzerne	2 F	6	Sol limoneux, profond, avec nappe d'accompagnement
30	Rhône et Camargue	100% luzerne	3 F	6	Sol limoneux, profond, avec nappe d'accompagnement
30	Rhône et Camargue	100% luzerne	2 F + 1 P	7	Sol limoneux, profond, avec nappe d'accompagnement
30	Rhône et Camargue	100% luzerne	3 F + 1 P	10	Sol limoneux, profond, avec nappe d'accompagnement
30	Rhône et Camargue	100% luzerne	5 F	15	Sol limoneux, profond, avec nappe d'accompagnement

Département	Petite région	Type de prairie	Mode d'exploitation : nombre de fauchages nombre tours de pâturage	Rendement total sur l'année t MS/ha	Type de sol
30	Costières	PP	2 F + 1 P	7	Grès roulés sur marnes argilo-calcaires
30	Costières	PP	1 F + 1 P	5	Grès roulés sur marnes argilo-calcaires
30	Costières	Graminées pures	1 F + 1 P	7	Grès roulés sur marnes argilo-calcaires
30	Costières	100% luzerne	2 F + 1 P	7	Grès roulés sur marnes argilo-calcaires
30	Costières	100% luzerne	2 F	6	Grès roulés sur marnes argilo-calcaires
34	Montagne (non irriguée)	Prairies temporaires (légumineuses, mélange légumineuses / graminées)	1-3F + 1 P (regain)	5-10	-
34	Montagne (non irriguée)	Prairies temporaires (graminées)	1F + 1P	6-8	-
34	Montagne (non irriguée)	PP	1F + 1 P 1P	2-5	-
34	Montagne (non irriguée)	Prairie naturelle non mécanisable (pacages de montagne - pâtures)	1P	2-4	-
34	Plaine (non irriguée)	Prairies temporaires (graminées)	1F + 1P	4-5	-
34	Plaine (irriguée)	Prairies temporaires (mélange légumineuses / graminées)	5F	12-15	-
48	Margeride	Mélange graminées/légumineuses	2 F + 1 P	7	Sol granitique
48	Margeride	Mélange graminées/légumineuses	1 F + 1 P	6	Sol granitique ou sol hydromorphe et séchant
48	Margeride	Graminées pures	2 F + 1 P	7	Sol granitique ou sol hydromorphe et séchant
48	Margeride	Graminées pures	1 F + 1 P	6	Sol granitique ou sol hydromorphe et séchant
48	Margeride	Graminées pures	P	4,5	Sol granitique ou sol hydromorphe et séchant
48	Margeride	PP	2 F + 1 P	6,5	Sol granitique ou sol hydromorphe et séchant
48	Margeride	PP	1 F + 1 P	5,5	Sol granitique ou sol hydromorphe et séchant
48	Margeride	PP	P	4,5	Sol granitique ou sol hydromorphe et séchant

Département	Petite région	Type de prairie	Mode d'exploitation : nombre de fauches nombre tours de pâturage	Rendement total sur l'année t MS/ha	Type de sol
48	Aubrac	PP	2 F + 1 P	7	Sol volcanique ou sol hydromorphe et séchant
48	Aubrac	PP	1 F + 1 P	6	Sol volcanique ou sol hydromorphe et séchant
48	Aubrac	PP	P	4	Sol volcanique ou sol hydromorphe et séchant
48	Aubrac	Estives	P	3	Sol volcanique ou sol hydromorphe et séchant
48	Vallée du Lot	100% luzerne	2 F + 1 P	7,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Vallée du Lot	100% luzerne	1 F + 1 P	6,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Vallée du Lot	Mélange graminées/légumineuses	2 F + 1 P	7,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Vallée du Lot	Mélange graminées/légumineuses	1 F + 1 P	6,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Vallée du Lot	Mélange graminées/légumineuses	P	6	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Vallée du Lot	Graminées pures	2 F + 1 P	8	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Vallée du Lot	Graminées pures	1 F + 1 P	6,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Vallée du Lot	Graminées pures	P	5,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Vallée du Lot	PP	2 F + 1 P	8	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Vallée du Lot	PP	1 F + 1 P	6,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Vallée du Lot	PP	P	5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Causses	100% luzerne	2 F + 1 P	7	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Causses	100% luzerne	1 F + 1 P	6,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Causses	Mélange graminées/légumineuses	2 F + 1 P	7	Sol argilo-calcaire, limon argileux

Département	Petite région	Type de prairie	Mode d'exploitation : nombre de fauchages nombre tours de pâturage	Rendement total sur l'année t MS/ha	Type de sol
48	Causse	Mélange graminées/légumineuses	1 F + 1 P	6,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Causse	Mélange graminées/légumineuses	P	5,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Causse	Graminées pures	2 F + 1 P	6,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Causse	Graminées pures	1 F + 1 P	6	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Causse	Graminées pures	P	5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Causse	PP	2 F + 1 P	6	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Causse	PP	1 F + 1 P	5,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Causse	PP	P	4	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Cévennes	Mélange graminées/légumineuses	1 F + 1 P	6	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Cévennes	Mélange graminées/légumineuses	P	5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Cévennes	Graminées pures	1 F + 1 P	6	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Cévennes	Graminées pures	P	4,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Cévennes	PP	1 F + 1 P	4,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
48	Cévennes	PP	P	3,5	Sol argilo-calcaire, limon argileux
66	Plaine du Roussillon	100 % Luzerne en sec	2 F	3,6	Sol limoneux
66	Plaine du Roussillon	100% Luzerne en sec	4 F	6,3	Sol limoneux
66	Plaine du Roussillon	PP	1 F + 1 P	3	Sol limoneux
66	Plaine du Roussillon	PP	2 F + 1 P	5 à 7	Sol limoneux
66	Aspres	Luzerne/dactyle	2 F + 1 P	5 à 6	Sol de schistes
66	Aspres	Luzerne/dactyle	1 F + 1 P	3	Sol de schistes

Département	Petite région	Type de prairie	Mode d'exploitation : nombre de fauches nombre tours de pâturage	Rendement total sur l'année t MS/ha	Type de sol
66	Aspres	Céréales pâturées ovins (100% avoine)	3 P	1 à 1,5	Alluvions caillouteuses sur granite
66	Bas Vallespir	Ray grass d'Italie	2 F + P	6 à 8	Sol argileux
66	Bas Vallespir	Ray grass d'Italie	F + 2 P	6 à 8	Sol argileux
66	Vallespir	Mélange graminées/légumineuses	2 F + P	6 à 7	Sol peu profond, en pente, sablo-limoneux
66	Capcir	PP	1 F + 1 P	5 à 7	Sol sablo-limoneux sur granite
66	Cerdagne	PP irriguée	2 F + 1 P	6 à 8,5	Sol limoneux
66	Cerdagne	Luzerne / Dactyle irrigués	2 F + 1 P	8 à 10	Sol limoneux
66	Cerdagne	Luzerne / Dactyle en sec	2 F	4 à 5	Sol limoneux
66	Conflent	Mélange graminées/légumineuses	2 F + 1 P	3,5 à 4	Sol sablo-limoneux
66	Haut Conflent	PP irriguée	2 F + 1 P	6 à 7	Sol léger, peu profond, sur socle schisteux
66	Fenouillèdes	PP	1 F + 1 P	4	Marnes noires
66	Fenouillèdes	PP	2 F + 1 P	4,5 à 5	Marnes noires

Source : Données issues des référents techniques des chambres d'agriculture concernées.

## b. En zone vulnérable

Rendement prévisionnel à fournir selon deux possibilités :

### ► Cas A : L'agriculteur cultive l'espèce depuis plus de 5 ans

Le rendement prévisionnel correspond à la moyenne des rendements des 5 dernières années selon la définition réglementaire.

Le **Tableau 3** peut être utilisé par les bureaux d'études qui le transmettront à l'agriculteur pour renseignement. L'agriculteur peut de son côté disposer d'un document de saisie qui lui est propre et répondant au même objectif.

**Tableau 3 : Calcul du rendement prévisionnel en zone vulnérable**

Calcul du rendement prévisionnel					
1. Je saisis mes rendements réalisés pour les 5 dernières années 2. J'exclue la valeur la plus basse et la plus haute 3. Je fais la moyenne des 3 valeurs restantes					
	Année N-5	Année N-4	Année N-3	Année N-2	Année N-1
Mode d'exploitation (ensilage, enrubannage, foin, pâturage...)					
Rendement (q/ha)					
Moyenne des 3 valeurs restantes de rendement en q/ha :					

### ► Cas B : l'agriculteur cultive l'espèce pour la 1ère fois

Absence de l'historique des rendements réalisés sur les cinq dernières années. Le rendement prévisionnel est alors un rendement de référence\* issu du **Tableau 4**.

*Exemple de situation : nouveau producteur qui n'a pas de référence sur la culture concernée ou agriculteur qui n'a jamais produit la culture concernée en zone vulnérable.*

**Tableau 4 : Rendements prévisionnels pour les prairies en zone vulnérable**

Type de prairie	Rendement prévisionnel ou objectif de rendement t MS/ha
Landes : pâturage	< 2
Prairies naturelles <sup>1</sup> , pâturage extensif	2 - 4
Prairies naturelles : une fauche +pâturage extensif	3 - 5
Prairie artificielle (dactyle, fétuque, ray-grass anglais RGA) : fauche et/ou pâture	4 - 6
Prairie artificielle plus intensive (ray-grass, brome) : ensilage puis fauche	6 - 10
Prairie artificielle plus intensive (méteil, sorgho fourrager) : ensilage	6 - 10
Luzerne en sec	3 - 5 (pas de fertilisation azotée)
Luzerne irriguée	5 - 10 (pas de fertilisation azotée)

Source : Annexe 4 de l'arrêté préfectoral régional du Languedoc-Roussillon du 5 septembre 2012 n°120285 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée en agriculture pour la région Languedoc-Roussillon.

<sup>1</sup>Le terme de « permanentes » sera préféré à celui de « naturelles ».



## Dose d'azote à apporter

La méthode de calcul de la dose est issue du bilan azoté\* proposé par le COMIFER : le raisonnement de la fertilisation est basé sur l'équilibre entre les besoins de la plante et les apports qui peuvent être fournis par le sol au cours de la campagne culturale.

Cf. **Annexe 1** et **Annexe 2**.

Le GREN décrit la méthode du référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée en zone vulnérable.

### Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

#### ► En et hors zones vulnérables

Utiliser ce référentiel pour calculer la dose d'azote, aussi bien en et hors zone vulnérable.

#### ► Fractionnement des apports

Si la dose d'azote calculée est supérieure à **65 kg N/ha**, il est préconisé un fractionnement des apports. Il est conseillé d'apporter 2/3 de la dose pour la 1<sup>ère</sup> coupe et 1/3 de la dose pour la 2<sup>ème</sup> coupe.

## 1. Formule générale

**Dose totale à apporter = (« BESOINS » - FOURNITURES) / CAU**

« BESOINS »

= **Pf** (t MS/ha)

= **Rendement prévisionnel** (t MS/ha)

× **Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel b\*** (t MS/ha)

FOURNITURES

= **Minéralisation nette de l'humus du sol Mh\*** (kg N/ha)

+ **Restitutions azotées au pâturage de l'année Nrest\*** (kg N/ha)

+ **Fournitures liées à la présence de légumineuses Fs\*** (kg N/ha)

CAU

= **Coefficient Apparent d'Utilisation de l'engrais minéral** (sans unité)

**Période d'ouverture du bilan azoté retenue** : avant le premier apport d'azote (fin hiver) sur prairie en place.

*Source : Arrêté préfectoral régional du Languedoc-Roussillon du 5 septembre 2012 n°120285 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée en agriculture pour la région Languedoc-Roussillon.*

## 2. « Besoins »

**Pf = Rendement prévisionnel x Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel (b)**

► Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel (b)

Les teneurs de référence pour l'azote absorbé tiennent compte du mode d'exploitation dominant de la prairie, du niveau de production prévu, et d'un optimum entre objectifs de production et qualité de l'herbe par rapport aux besoins des animaux (**Tableau 5**).

**Tableau 5 : Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel pour les prairies ou teneur en azote de l'herbe selon le mode d'exploitation**

Mode d'exploitation des prairies	Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel kg N/t MS
Pâturage à rotation rapide (retour toutes les 3 semaines) ou continu	30
Pâturage à rotation lente (retour toutes les 5 semaines)	25
Ensilage	25
Foin précoce et foin de repousses	20
Foin tardif de 1 <sup>er</sup> cycle	15

Source : INRA (2007) in COMIFER (2013).

## 3. Fournitures

Minéralisation nette de l'humus du sol (Mh) et restitutions au pâturage (Nrest)

La fourniture d'azote par le sol (**Tableau 6**) intègre :

- Mh<sup>2</sup> : c'est une estimation prévisionnelle de la quantité d'azote minéral provenant de la minéralisation de l'humus du sol (au printemps), qui sera disponible pour la prairie pendant sa croissance (en kg N/ha)
- Nrest : contribution directe des restitutions au pâturage de l'année (en kg N/ha)

Les restitutions au pâturage sont intégrées aux fournitures du sol (via l'entretien fort/faible).

<sup>2</sup> Appelé aussi N0 : Fourniture d'azote minéral par le sol (témoin fauché non fertilisé sans légumineuses) (COMIFER, 2013)

Tableau 6 : Fourniture d'azote par le sol (en kg N/ha)

Type de sol	Sols pauvres de type Landes	Sols peu profond et/ou se réchauffant tardivement et/ou hydromorphe	Situation intermédiaire	Sol profond et/ou se réchauffant bien et/ou peu hydromorphe	Sols profonds riches en matière organique
<b>Entretien faible :</b> <i>pas ou peu d'épandages ou faible fertilisation minérale ou pâture extensive</i>	20	30	60	70	130
<b>Situation intermédiaire</b>	-	40	65	80	140
<b>Entretien fort :</b> <i>épandages organiques réguliers et fertilisation minérale élevée ou pâture intensive</i>	-	50	70	90	150

Source : GREN.

#### Fournitures liées à la présence de légumineuses (Fs)

**F<sub>s</sub>** = quantité d'azote fixée par les légumineuses présentes (fixation symbiotique) et absorbée par la prairie (en kg N/ha)

Le calcul de F<sub>s</sub> se fait en deux temps :

- **Tableau 7** : méthode de détermination du pourcentage de trèfles blancs ou autres légumineuses dans la prairie.
- **Tableau 8** : détermination de F<sub>s</sub> en fonction du niveau de présence des légumineuses, du type de légumineuses et du rendement prévisionnel.

Tableau 7 : Taux de trèfle estimé par observation visuelle

Niveau de présence des légumineuses	Éléments d'observations visuelles	Taux de trèfle blanc en mai-juin (ou autre légumineuse) %
<b>Faible</b>	La graminée domine largement le trèfle blanc (ou autres légumineuses)	10 - 20
<b>Moyen</b>	La graminée est dominante mais on voit bien le trèfle blanc (ou autres légumineuses)	20 - 35
<b>Elevé</b>	On voit presque partout du trèfle blanc (ou autres légumineuses)	35 - 50
<b>Excessif</b>	On ne voit quasiment que du trèfle blanc (ou autres légumineuses) <b>=&gt; absence de fertilisation azotée à prévoir dans ce cas</b> (source arrêté GREN du 5 septembre 2012 n°120285).	> 50

Source : Institut de l'Elevage (brochure Trèfle blanc 2005) in COMIFER (2013).

**Tableau 8 : Apport d'azote par fixation symbiotique des légumineuses en fonction du niveau de présence des légumineuses, du type de légumineuses et du rendement prévisionnel (Fs) en kg N/ha**

Potentiel de production de la prairie ou rendement prévisionnel t MS/ha	Niveau de présence de légumineuses (Tableau 7)					
	Faible (10 à 20 %)		Moyen (20 à 35 %)		Elevé (35 à 50 %)	
	Trèfle blanc	Autres légumineuses	Trèfle blanc	Autres légumineuses	Trèfle blanc	Autres légumineuses
< 2	Généralement, absence de légumineuses					
4	24 kg N/ha	19	43	33	67	52
6	36	28	65	50	101	78
8	48	37	86	67	134	104
10	60	47	108	84	168	130
12	75	60	135	105	245	190

Source : Arrêté préfectoral régional du Languedoc-Roussillon du 5 septembre 2012 n°120285 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée en agriculture pour la région Languedoc-Roussillon.

#### Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

Le **Tableau 8** est un tableau de proportionnalité. Les valeurs pour des rendements intermédiaires peuvent être calculées par un simple produit en croix.

## 4. Coefficient Apparent d'Utilisation de l'engrais minéral (CAU)

**CAU** : Coefficient Apparent d'Utilisation de l'engrais minéral (*sans unité*)

Pour des raisons liées aux stades d'apports sur la culture, l'azote apporté par les engrais azotés est utilisé à des proportions diverses. Cela conduit à diviser les « besoins » de la culture auxquels sont retranchées les fournitures d'azote par le sol, par le CAU en fonction du stade des apports (= dose totale comprenant théoriquement les apports d'engrais minéraux et les apports organiques).

**Tableau 9 : Coefficients apparents d'utilisation annuel de l'engrais**

	Bonne conditions de croissance, période poussante	Conditions moins favorables, conditions plus limitantes
CAU	0,7	0,6

Source : COMIFER (2013).

#### Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

Pour la Lozère prendre CAU = 0,6  
 Pour l'Aude, le Gard, l'Hérault et les Pyrénées-Orientales prendre CAU = 0,7

## 5. Exemple de calcul pour N

**Tableau 10 : Exemple de calcul de dose d'azote à apporter avant semis ou sur culture en place pour les prairies sans légumineuses**

	Données pour l'exemple	
<b>Rdt</b> Rendement prévisionnel <i>t MS/ha</i>	Prairie temporaire	<b>6</b>
<b>b</b> Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel <i>kg N/t MS</i>	Foin précoce	<b>20</b>
<b>Mh + Nrest</b> Minéralisation nette de l'humus du sol + Contribution directe des restitutions au pâturage de l'année <i>kg N/ha</i>	Sol peu profond Fertilisation élevée	<b>50</b>
<b>Fs</b> Quantité d'azote fixé par les légumineuses <i>kg N/ha</i>	0 % de légumineuse	<b>0</b>
<b>CAU</b> Coefficient Apparent d'Utilisation de l'engrais minéral	Département 11	<b>0,7</b>
<b>Dose totale prévisionnelle à apporter sur le cycle total de la culture</b> [(Rdt x b) - Mh - Nrest - Fs] / 0,7 <i>kg N/ha</i>		$= ((6 \times 20) - 40) / 0,7$ <b>= 100</b>
<b>D1 - Dose prévisionnelle pour l'apport de boues et composts de boues</b> <i>kg N efficace/ha</i>		<b>D1 = 100</b>

**Tableau 11 : Exemple de calcul de dose d'azote à apporter avant semis ou sur culture en place pour les prairies avec un niveau faible de légumineuses**

	Données pour l'exemple	
<b>Rdt</b> Rendement prévisionnel <i>t MS/ha</i>	Prairie artificielle : fauche	<b>6</b>
<b>b</b> Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel <i>kg N/t MS</i>	Foin précoce	<b>20</b>
<b>Mh + Nrest</b> Minéralisation nette de l'humus du sol + Contribution directe des restitutions au pâturage de l'année <i>kg N/ha</i>	Sol peu profond Fertilisation élevée	<b>50</b>
<b>Fs</b> Quantité d'azote fixé par les légumineuses <i>kg N/ha</i>	Niveau de présence 10-20 % de légumineuse Dominante trèfle violet	<b>28</b>
<b>CAU</b> Coefficient Apparent d'Utilisation de l'engrais minéral	Département 11	<b>0,7</b>
<b>Dose totale prévisionnelle</b> [(Rdt x b) - Mh - Nrest - Fs] / 0,7 <i>kg N/ha</i>		$= ((6 \times 20) - 50 - 28) /$ $0,7$ <b>= 60</b>
<b>D1</b> <b>Dose prévisionnelle pour l'apport de boues et composts de boues</b> <i>kg N efficace/ha</i>		<b>D1 = 60</b>

# Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O à apporter

## 1. Formule de calcul

Selon la méthode du COMIFER (2009) :

**Doses P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O/ha) =**

**Exportations (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O/ha) x Coefficient multiplicatif des exportations + Supplément**

① = rendement prévisionnel (q/ha) ④  
**x** teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O par unité de rendement (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O/q) ⑤

Si récolte des résidus de la culture N-1 (pailles, fanes, etc. exportées) :  
 Le supplément sert à compenser la non restitution au sol des éléments P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O du fait de l'exportation des pailles de la culture N-1.  
 ③ dépend de la **teneur du sol** analysée avant semis de la culture N.

**Si teneur du sol en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O < Timp.\* :**

③ **Supplément** = masse de résidus récoltés de la culture N-1 (t MB/ha) x teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O des résidus (kg/t)  
 avec masse de résidus récoltés de la culture N-1 = rendement de pailles N-1 (t MB/ha)

**Si teneur du sol en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O > Timp.\* :**

③ **Supplément** = 0

### Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

Le réseau distingue 3 cas de figure en fonction de la fréquence d'apports de boues ou composts de boues et du respect des préconisations d'apport en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O (**Tableau 12**)

Privilégier toutefois les 2 premiers cas (A et B) qui consistent à apporter les boues ou composts de boues en tenant compte uniquement des besoins de la culture en tête de rotation (culture de l'année N), afin d'éviter des excès en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O lors d'un apport unique.

Le recours au cas C doit rester exceptionnel et doit être justifié.

**Tableau 12 : Cas de figure des types d'apports en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O**

<b>Cas A</b>	Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O pour l'année N.
<b>Cas B</b>	Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O pour l'année N.
<b>Cas C</b>	Dans l'attente de références et par simplification, possibilité d'un cas alternatif : apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O pour les années N et N+1. L'azote est apporté pour l'année N uniquement.  <i>Hypothèse de simplification : la culture et le rendement de l'année N+1 sont identiques à ceux de l'année N (le coefficient multiplicatif ne change pas entre les années N et N+1 : il n'y a pas de nouvelles analyses de sol et le nombre d'impasses reste identique).</i>

## 2. Exportations ①

**Exportations ①** = rendement prévisionnel ④ x teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O par unité de rendement ⑤  
 (t MS/ha) (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O/t MS)

### ④ : Rendement prévisionnel

Cf. Tableau 2.

### ⑤ : Teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O par unité de rendement

Tableau 13 : Teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O par unité de rendement

Légumineuses ou graminées	Espèces	Mode d'exploitation	Unité	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Graminées	Brome	ensilage	kg/t MS	7,3	35,5
Graminées	Dactyle	ensilage	kg/t MS	7,3	35,5
Graminées		foin	kg/t MS	6,2	30,8
Graminées	Dactyle et luzerne	foin	kg/t MS	6,2	30,8
Graminées	Fétuque élevée	ensilage	kg/t MS	7,3	35,5
		foin	kg/t MS	6,2	30,8
Graminées	Prairie naturelle	pâturage	kg/t MS	7,4	36,2
Graminées		ensilage	kg/t MS	7,6	36,7
Graminées		foin	kg/t MS	6,5	32
Graminées / légumineuses	Prairie temporaire	foin	kg/t MS	6,2	30,8
Graminées	Ray grass anglais	pâturage	kg/t MS	9,2	43,4
		ensilage	kg/t MS	7,3	35,5
		foin	kg/t MS	6,2	30,8
Graminées	Ray grass hybride et italien	ensilage	kg/t MS	7,3	35,5
		foin	kg/t MS	6,2	30,8
Légumineuse	Trèfle violet	ensilage	kg/t MS	8,3	-
Légumineuse	Vesce	ensilage	kg/t MS	6,9	22,7
		foin	kg/t MS	2,3	14,4

Source : COMIFER (2007).

### 3. Coefficient multiplicatif des exportations ②

② est défini d'après les 3 critères suivants :

- Exigences\* des cultures en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O (**Tableau 14**) ;
- Teneur du sol : richesse ou non du sol de la parcelle de référence en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O ;
- Passé récent de fertilisation : nombre d'années sans apport depuis la dernière fertilisation = nombre d'impasses.

#### a. Valeurs des teneurs-seuils Timp. et Trenf.

- **Timp. = teneur-seuil impasse** = teneur (pour la culture considérée) au-delà de laquelle on peut faire une impasse de fertilisation, sauf dans le cas des cultures fortement exigeantes.
- **Trenf.\* = teneur-seuil renforcement** = teneur en-dessous de laquelle il faut renforcer la fertilisation au-delà de l'entretien, sauf pour les cultures faiblement exigeantes.

Elles sont définies par classe d'exigence des cultures et régionalement par type de sol (ARVALIS, 1995) et n'ont pas fait l'objet de révision. Pour le territoire Languedoc-Roussillon, les teneurs-seuils en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Joret-Hébert, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Dyer, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Olsen et en K<sub>2</sub>O sont celles correspondant par défaut à la région Sud-Ouest (**Tableau 14**).



**Tableau 14 : Exigence des prairies en P2O5 et K2O et teneurs-seuils en ces éléments pour les sols du Sud-Ouest et pris par extension pour les sols du territoire Languedoc-Roussillon**

Types de prairies	Exigence de la culture en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Teneurs seuils P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Joret-Hébert (pH > 7) mg/kg ou ppm		Teneurs seuils P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Dyer (pH < 7) mg/kg ou ppm		Teneurs seuils P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Olsen (pH indifférent) mg/kg ou ppm		Exigence de la culture en K <sub>2</sub> O	Teneurs seuils K <sub>2</sub> O mg/kg ou ppm	
		Trenf.	Timp.	Trenf.	Timp.	Trenf.	Timp.		Trenf.	Timp.
Prairies permanentes ou naturelles	Moyennement exigeante**	60	100	80	120	30	80	Moyennement exigeante**	80	120
Prairies temporaires	Moyennement exigeante	60	100	80	120	30	80	Moyennement exigeante	80	120
Ray-Grass	Moyennement exigeante	60	100	80	120	30	80	Moyennement exigeante	80	120
Luzerne	Fortement exigeante	60	120	80	160	40	80	Moyennement exigeante	80	120

\*\*Préconisation du réseau des MESE d'Occ., en l'absence de références.

Source : ARVALIS (1995).

### Préconisations du réseau des MESE d'Occ.

Vérifier les valeurs de Trenf et Timp utilisées par les laboratoires sur les bulletins d'analyses de terre.

## b. Analyses de terre des parcelles de référence

### Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

Ne pas attendre le délai réglementaire des 10 ans pour réaliser des analyses de terres sur les parcelles de référence. Idéalement, elles sont analysées au moins tous les 5 ans.

- ▶ **Pour les parcelles de référence :**  
Prendre les valeurs de la dernière analyse (quelle que soit la date de prélèvement).
- ▶ **Pour toutes les autres parcelles** (qui ne sont pas des parcelles de référence) :
  - **En cas d'analyse (de la parcelle) datant de moins de 5 ans :** prendre les valeurs de cette analyse plutôt que celles de la parcelle de référence à laquelle elle est rattachée.
  - **En cas d'absence d'analyse :** se référer aux résultats d'analyse de la parcelle de référence (quelle que soit la date de prélèvement).
  - **En cas d'analyse datant de plus de 5 ans :** se référer aux résultats d'analyse les plus récents, soit de la parcelle concernée, soit de la parcelle de référence.

## c. Tableaux des coefficients multiplicatifs

Les valeurs de ② sont récapitulées en fonction du niveau d'exigence en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O du sorgho, de la teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O du bulletin d'analyse et selon le nombre d'années d'impassse dans les **Tableau 15**, **Tableau 16**, **Tableau 17** et **Tableau 18** (COMIFER, 2009 ; ARVALIS, 1995).

Exemple

**Données utilisées dans l'exemple de calcul en p. 22.**

Tableau 15 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour K<sub>2</sub>O appliqués à la récolte principale (cultures fourragères)

Types de culture		Nombre d'années d'impasses	Teneur du sol : positionner la teneur du bulletin d'analyse (Tba) par rapport aux seuils (en mg K <sub>2</sub> O/kg de terre ou ppm)						
			Tba < Trenf.	Trenf. < Tba < Timp. - 10%	Timp. - 10% < Tba < Timp.	Timp. < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2Timp.	2Timp. < Tba < 3Timp.	Tba > 3Timp.
			Tba < 80	80 < Tba < 108	108 < Tba < 120	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360
Moyennement exigeantes	Prairies naturelles ou permanentes	0 (ou apport tous les ans)	1,6	1,2	1	0		0	
	Prairies temporaires	1 an (ou apport tous les 2 ans)	2,2	1,4	1,2	1	0,5		0
	Ray grass Luzerne	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	2,2	1,6	1,4	1,2	1	0,8	0

Tableau 16 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Joret-Hébert appliqués à la récolte principale (cultures fourragères)

Types de culture		Nombre d'années d'impasses	Teneur du sol : positionner la teneur du bulletin d'analyse (Tba) par rapport aux seuils (en mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /kg de terre ou ppm)							
			Tba < Trenf.	Trenf. < Tba < Timp. -10%	Timp. -10% < Tba < Timp.	Timp. < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2 Timp.	2 Timp. < Tba < 3 Timp.	Tba > 3 Timp.	
			Tba < 60	60 < Tba < 108	108 < Tba < 120	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360	
Fortement exigeantes	Luzerne	0 (ou apport tous les ans)	2,2	1,5	1,2	1	0,8			
		1 an (ou apport tous les 2 ans)	3,3	2	1,5	1,2	1		0	
		2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	3,7	2,7	2	1,5	1,2	0,8	0	
			Tba < 60	60 < Tba < 90	90 < Tba < 100	100 < Tba < 110	110 < Tba < 200	200 < Tba < 300	Tba > 300	
Moyennement exigeantes	Prairies naturelles ou permanentes Prairies temporaires Ray grass	0 (ou apport tous les ans)	1,6	1	1		0			
		1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,8	1,2	1	1	0,8		0	
		2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	2	1,7	1,5	1,2	1	0,6	0	

Tableau 17 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Dyer appliqués à la récolte principale (cultures fourragères)

Types de culture		Nombre d'années d'impasses	Teneur du sol : positionner la teneur du bulletin d'analyse (Tba) par rapport aux seuils (en mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /kg de terre ou ppm)						
			Tba < Trentf.	Trentf. < Tba < Timp. -10%	Timp. - 10% < Tba < Timp.	Timp. < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2 Timp.	2 Timp. < Tba < 3 Timp.	Tba > 3 Timp.
Fortement exigeantes	Luzerne	0 (ou apport tous les ans)	Tba < 80	80 < Tba < 144	144 < Tba < 160	160 < Tba < 176	176 < Tba < 320	320 < Tba < 480	Tba > 480
		1 an (ou apport tous les 2 ans)	2,2	1,5	1,2	1	0,8		0
		2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	3,3	2	1,5	1,2	1		
Moyennement exigeantes	Prairies naturelles ou permanentes Prairies temporaires Ray grass	0 (ou apport tous les ans)	Tba < 80	80 < Tba < 108	108 < Tba < 120	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360
		1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,6	1	1	1	0,8		0
		2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	1,8	1,2	1,5	1,2	1	0,6	0

Tableau 18 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Olsen appliqués à la récolte principale (cultures fourragères)

Types de culture		Nombre d'années d'impasses	Teneur du sol : positionner la teneur du bulletin d'analyse (Tba) par rapport aux seuils (en mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /kg de terre ou ppm)						
			Tba < Trenf.	Trenf. < Tba < Timp. - 10%	Timp. - 10% < Tba < Timp.	Timp. < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2 Timp.	2 Timp. < Tba < 3 Timp.	Tba > 3 Timp.
Fortement exigeantes	Luzerne	0 (ou apport tous les ans)	Tba < 40	40 < Tba < 72	72 < Tba < 80	80 < Tba < 88	88 < Tba < 160	160 < Tba < 240	Tba > 240
		1 an (ou apport tous les 2 ans)	2,2	1,5	1,2	1	0,8		0
		2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	3,3	2	1,5	1,2	1		0
Moyennement exigeantes	Prairies naturelles ou permanentes, Prairies temporaires, Ray grass	0 (ou apport tous les ans)	Tba < 30	30 < Tba < 72	72 < Tba < 80	80 < Tba < 88	8 < Tba < 160	160 < Tba < 240	Tba > 240
		1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,6	1	1	1	0		
		2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	1,8	1,2	1	1	0,8		0
			2	1,7	1,5	1,2	1	0,6	0

## 4. Supplément lié à l'exportation des pailles de la culture N-1 ③

Dans le cas d'un précédent autre que prairie dont les résidus de culture sont enlevés (= récoltés, « exportés »), il faut ajouter une quantité supplémentaire de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O correspondant à l'exportation de ces résidus dans le calcul des doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O à apporter.

③ **supplément** dépend de la **teneur du sol** analysée avant semis de la culture N :

Si teneur du sol en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O < Timp. :

③ **Supplément** = masse de résidus récoltés de la culture N-1 (t MB/ha) x teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O des résidus (kg/t)  
avec masse de résidus récoltés de la culture N-1 = rendement de pailles N-1 (t MB/ha)

Si teneur du sol en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O > Timp. :

③ **Supplément** = 0

### a. Comparaison des teneurs du sol en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O (issues de l'analyse de terre) à Timp.

Cf. Tableau 14.

### b. Rendement de pailles de la culture N-1

Tableau 19 : Rendements des résidus de culture précédant les prairies

Départements concernés	Précédents	Devenir des résidus de cultures N-1	Rendements des résidus de cultures N-1 t MB/ha
11	Blé dur	Exportés	1,5 - 3
	Colza	Enfouis	-
	Orge	Enfouis / Exportés	1,2 - 2,5
30	Céréales : blé dur, blé tendre, orge	Exportés	3 - 5
	Tournesol	Enfouis	-
	Pois chiche		
	Maïs consommation		
	Semences (maïs ou tournesol)		
Riz	Enfouis ou brûlés	-	
34	Colza	Enfouis	-
	Blé dur	Enfouis / Exportés	RU faible (coteaux) : 1,5 – 2,5 RU élevée (plaines) : 3 - 5
	Cultures cynégétiques	Enfouis	-
48	Orge d'hiver	Exportés	3 – 5
	Blé tendre	Exportés	3 - 7
	Triticale	Exportés	3,5 - 6
	Seigle	Exportés	5 - 7
	Maïs ensilé	-	-

Départements concernés	Précédents	Devenir des résidus de cultures N-1	Rendements des résidus de cultures N-1 t MB/ha
	PT	-	-
66	Blé dur	Exportés	1,5 - 3
	Orge d'hiver	Exportés	1,2 – 2,5
	Triticale d'hiver	Exportés	3,5 - 6

Source : Données issues des référents techniques des chambres d'agriculture concernées.

### c. Teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O des résidus de pailles de la culture N-1

Tableau 20 : Teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O des résidus de pailles par unité de rendement

Espèce	Organe	Unité pour exportation	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Avoine hiver/printemps	paille (culture N-1)	kg/t MB	3	12
Blé dur	paille (culture N-1)	kg/t MB	1,7	12,3
Blé tendre	paille (culture N-1)	kg/t MB	1,7	12,3
Méteil grain	paille (culture N-1)	kg/t MB	2 (Préconisation du réseau des MESE d'Occ., en l'absence de références)	12 (Préconisation du réseau des MESE d'Occ., en l'absence de références)
Orge hiver/printemps	paille (culture N-1)	kg/t MB	1	12,9
Seigle	paille (culture N-1)	kg/t MB	3	12
Triticale	paille (culture N-1)	kg/t MB	2	10
Riz (Référence CFR 2015)	paille (culture N-1)	kg/q	0,78	2,25
Colza	paille (culture N-1)	kg/t MB	1,7	14,5

Source : COMIFER (2007).

## 5. Plafond de dose à ne pas dépasser

Pour ces cultures, la dose calculée est plafonnée à 400 kg K<sub>2</sub>O/ha/an.  
Aucun plafond en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> n'est mentionné par le COMIFER (COMIFER, 2009).

### Préconisations du réseau des MESE d'Occ.

Dans le cas d'un coefficient multiplicatif des exportations égal à 0, tolérance d'une dose maximale de 20 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O/ha.



## 6. Exemple de calcul pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O

Tableau 21 : Hypothèses de calcul sur une prairie temporaire

Prise en compte des préconisations d'apports en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O	Couverture des préconisations d'apports de l'année N (année de l'épandage), apport tous les 2 ans (cas B)
Culture fourragère	Prairie temporaire de graminées (dactyle) (N)
Mode d'exploitation	Foin précoce
Précédent	Prairie temporaire (N-1)
Gestion des résidus de la prairie temporaire (N-1)	Pas de résidus de culture pour une prairie
Rendement prévisionnel de la culture fourragère (N)	6 t MS/ha
Passé récent de fertilisation de la parcelle	Apport tous les 2 ans
Date de l'analyse de sol	2015
Résultats de l'analyse de sol (Tba)	
	en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Joret-Hébert : 0,08 g/kg = 80 mg/kg en K <sub>2</sub> O : 0,11 g/kg = 110 mg/kg
Rappel de l'hypothèse prise par le réseau des MESE d'Oc.	Pour la parcelle de référence, les teneurs du sol n'ont pas varié depuis 2015, même si elle a reçu des épandages depuis (ainsi que son groupe de parcelles).

Tableau 22 : Exemple de calcul de doses de phosphore et de potasse efficaces (cas B)

	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
② Coefficient multiplicatif des exportations (voir ronds rouges dans les <b>Tableau 15</b> et <b>Tableau 16</b> , cas d'un apport tous les 2 ans)	1,2	1,2
④ Rendement prévisionnel t MS/ha	6	6
⑤ Teneur en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O par unité de rendement Prairie temporaire graminées pures, fauche kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O/q	6,2	30,8
Doses totales prévisionnelles kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O/ha	= (1,2 x 6 x 6,2) <b>45</b>	= (1,2 x 6 x 30,8) <b>222</b>
Doses prévisionnelles à apporter par les boues ou composts de boues D2 et D3	D2 = <b>45</b> kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> efficace/ha	D3 = <b>222</b> kg K <sub>2</sub> O efficace/ha
Vérification par rapport au plafond kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O/ha	Pas de plafond retenu à ce jour <b>D2 validée</b>	<< 400 kg K <sub>2</sub> O /ha <b>D3 validée</b>

## Quantité de boues ou composts de boues à apporter

**Rappel pour l'apport de composts de boues :** le raisonnement est effectué vis-à-vis des éléments fertilisants et non en fonction de l'apport en humus. En effet, azote et phosphore sont en général les éléments limitants (indépendamment de certains éléments-traces métalliques). Le raisonnement d'apport d'humus n'est donc pas traité ici ; se référer au Guide des Produits organiques utilisables en Languedoc-Roussillon (CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE LANGUEDOC-ROUSSILLON, 2011).

### Formule générale :

**Quantité de boues ou composts de boues (t MB/ha) :**

$$= \frac{\text{dose de l'élément (kg N ou P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O efficace/ha)}}{\text{Teneur en l'élément total (kg N ou P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O total/t MB} \times \text{Keq N ou P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O (\%)}}$$

Avec :

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Dose de l'élément</b> kg N ou P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O efficace /ha	<b>D1 :</b> dose prévisionnelle d'azote à apporter par les boues ou compost de boues kg N efficace/ha	<b>D2 :</b> dose prévisionnelle de phosphore à apporter par les boues ou compost de boues kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> efficace/ha	<b>D3 :</b> dose prévisionnelle de potasse à apporter par les boues ou composts de boues kg K <sub>2</sub> O efficace/ha
<b>Teneur en l'élément total de la boue ou du compost de boues</b> kg N ou P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O total /t MB	<b>Teneur en azote total</b> = azote organique + azote minéral (N-NO <sub>3</sub> + N-NH <sub>4</sub> ). kg N total/t MB Par défaut, on utilise NTK = N organique + N-NH <sub>4</sub> car l'azote minéral est souvent très faiblement dosé.	<b>Teneur en phosphore total</b> kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total/t MB	<b>Teneur en potasse totale</b> kg K <sub>2</sub> O total/t MB
<b>Coefficient d'équivalence engrais N ou P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O minéral efficace*</b> %	<b>Keq N :</b> Coefficient d'équivalence engrais N minéral efficace Keq N 1 <sup>ère</sup> année = valeurs données en <b>Annexe 3</b> . Keq N 2 <sup>ème</sup> année = 0 %	<b>Keq P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> :</b> Coefficient d'équivalence engrais P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> minéral efficace Les Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> de boues ou composts de boue varient en fonction de la fréquence d'apport. <b>Si apport tous les ans (cas A) :</b> Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 1 <sup>ère</sup> année = 100 % Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 2 <sup>ème</sup> année = 0 % <b>Si apport tous les 2 ou 3 ans (cas B et C) :</b> Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 1 <sup>ère</sup> année = valeurs données en <b>Annexe 4</b> . Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 2 <sup>ème</sup> année = 0 %	<b>Keq K<sub>2</sub>O :</b> Coefficient d'équivalence engrais potasse minéral efficace = 100 %

### Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

Dans l'attente de nouvelles références et par simplification, ne pas tenir compte des Keq N et Keq P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 2<sup>ème</sup> année dans le calcul de la fertilisation complémentaire.

## Fertilisation complémentaire pour l'année N

### Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

Fournir un conseil de fertilisation complémentaire suite aux épandages de boues ou composts de boues. Accompagner le calcul d'un commentaire explicite sur la nécessité ou non d'apporter une fertilisation complémentaire pour l'année N, notamment en ce qui concerne les impasses de fertilisation en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Pour des doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O à apporter < à 20 kg/ha, réaliser une impasse.

### Fertilisation complémentaire pour l'année N à apporter par l'agriculteur (kg/ha) :

Dose prévisionnelle à apporter sur le cycle total de la culture - Dose finalement apportée par les boues.

## Exemples

Les exemples de calculs présentés par la suite sont déclinés en fonction des cas de figures A et B et vont suivre la logique suivante :

- Doses en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O à apporter ;
- Quantités de produit organique à apporter en fonction de chaque élément ;
- Quantité limitante de produit organique à apporter ;
- Dose d'éléments fertilisants finalement apportés par les boues ou composts de boues ;
- Fertilisation complémentaire pour l'année N ;
- Conclusion.

### 1. Rappels

#### a. Rappels des différents cas de figure des types d'apports en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O

Le réseau des MESE d'Oc. distingue 3 cas de figure en fonction de la fréquence des apports de boues ou composts de boues et de la couverture des doses en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O :

<b>Cas A</b>	Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O pour l'année N.
<b>Cas B</b>	Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O pour l'année N.
<b>Cas C</b>	Dans l'attente de références et par simplification, possibilité d'un cas alternatif : apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O pour les années N et N+1. L'azote est apporté pour l'année N uniquement.  <i>Hypothèse de simplification : la culture et le rendement de l'année N+1 sont identiques à ceux de l'année N (le coefficient multiplicatif ne change pas entre les années N et N+1 : il n'y a pas de nouvelles analyses de sol et le nombre d'impasses reste identique).</i>

#### Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

Privilégier le cas A ou B. Le cas C doit rester exceptionnel et doit être justifié.

#### b. Rappel des données de l'exemple

Caractéristiques de la culture					
<b>Prairie temporaire de dactyle pour foin précoce (N)</b>					
<b>Pourcentage de légumineuse</b>	0% de légumineuse				
<b>Rendement prévisionnel de la prairie (N)</b>	6 tMS/ha				
<b>Teneurs du sol</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Joret-Hébert</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>		
<i>En mg/kg</i>	-	80	110		
<b>Date de l'analyse de sol</b>	2015				
<b>Rappel de l'hypothèse prise par le réseau des MESE d'Oc.</b>	Pour la parcelle de référence, les teneurs du sol n'ont pas varié depuis 2015, même si elle a reçu des épandages depuis (ainsi que son groupe de parcelles).				
<b>Teneurs des boues</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Matière sèche</b>	
<i>En kg total/t MB</i>	13,6	8,8	0,83	19,9 %	
<i>En kg total/t MS</i>	68,4	44,1	4,1		

Keq 1 <sup>ère</sup> année	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O pour l'année N</b>	0,4	1	1
<b>Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O pour l'année N</b>	0,4	0,7	1
<b>Cas C : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O pour les années N et N+1</b>	0,4	0,7	1

## 2. Doses prévisionnelles à apporter par les boues

En kg efficace/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>Exemple d'une prairie temporaire avec un rendement de 6 tMS</i>	Dose prévisionnelle à apporter sur le cycle total de la culture		Dose à apporter par les boues
<b>Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O pour l'année N</b>	100	100	(1 x 6 x 6,2) = 37 (1 x 6 x 30,8) = 185
<b>Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O pour l'année N</b>	100	100	(1,2 x 6 x 6,2) = 45 (1,2 x 6 x 30,8) = 222

À noter que la différence de dose à apporter en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O entre les cas A et B provient du changement de coefficient multiplicatif des exportations (fonction de la fréquence d'apport).

## 3. Quantités de produit organique à apporter en fonction de chaque élément

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	t MB/ha			t MS/ha		
<b>Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O pour l'année N</b>	100 / (13,6 x 0,4) = 18,4	37 / (8,8 x 1) = 4,2	185 / (0,83 x 1) = 223,0	100 / (68,4 x 0,4) = 3,6	37 / (44,1 x 1) = 0,8	185 / (4,1 x 1) = 45,0
<b>Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O pour l'année N</b>	100 / (13,6 x 0,4) = 18,4	45 / (8,8 x 0,7) = 7,3	222 / (0,83 x 1) = 267,0	100 / (68,4 x 0,4) = 3,6	45 / (44,1 x 0,7) = 1,5	222 / (4,1 x 1) = 54,0

À noter que pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, la différence de quantité à apporter entre les cas A et B provient du changement de Keq 1<sup>ère</sup> année.

## 4. Quantités finales retenues en fonction de l'élément limitant

	t MB/ha	t MS/ha	Élément limitant
Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O pour l'année N	4,2	0,8	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O pour l'année N	7,3	1,5	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

**Nota Bene** : l'élément limitant est l'élément qui doit conduire à limiter les apports. Cela impose un plafonnement de dose de cet élément limitant et entraîne un déficit sur les 2 autres (qui sera à compléter par fertilisation complémentaire).

Cet exemple met en évidence la difficulté à laquelle les gestionnaires d'épandages peuvent être confrontés dans le cas A : une quantité à épandre qui peut être en inadéquation avec les contraintes techniques d'épandage. Cela plaide donc en faveur d'un épandage tous les 2 ans afin d'avoir un coefficient multiplicatif des exportations et un Keq 1<sup>ère</sup> année du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> plus favorables.

## 5. Doses finalement apportées

Les calculs sont faits en utilisant les valeurs exprimées sur la matière brute. Les résultats sont arrondis à l'unité.

En kg efficace/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O pour l'année N	$4,2 \times 13,6 \times 0,4$ = 22,8	$4,2 \times 8,8 \times 1$ = 37,0	$4,2 \times 0,83 \times 1$ = 3,5
Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O pour l'année N	$7,3 \times 13,6 \times 0,4$ = 39,7	$7,3 \times 8,8 \times 0,7$ = 45,0	$7,3 \times 0,83 \times 1$ = 6,1

## 6. Fertilisation complémentaire pour l'année N

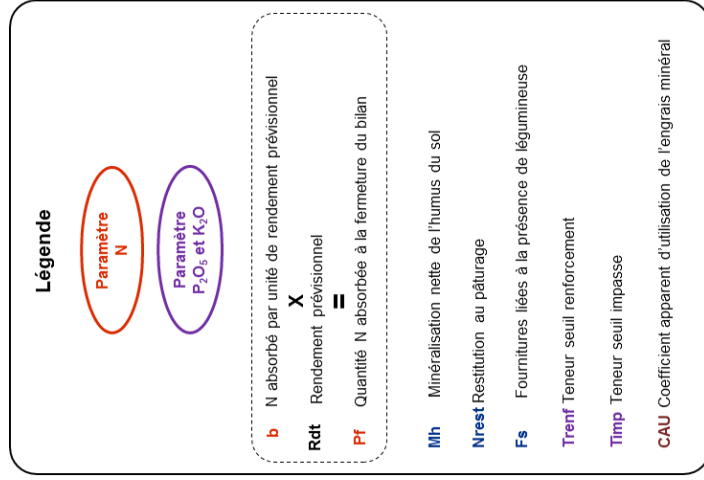
En kg efficace/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O pour l'année N	$100 - 22,8$ = 77	$37 - 37$ = 0	$185 - 3,5$ = 182
Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O pour l'année N	$100 - 39,7$ = 60	$45 - 45$ = 0	$222 - 6,1$ = 216

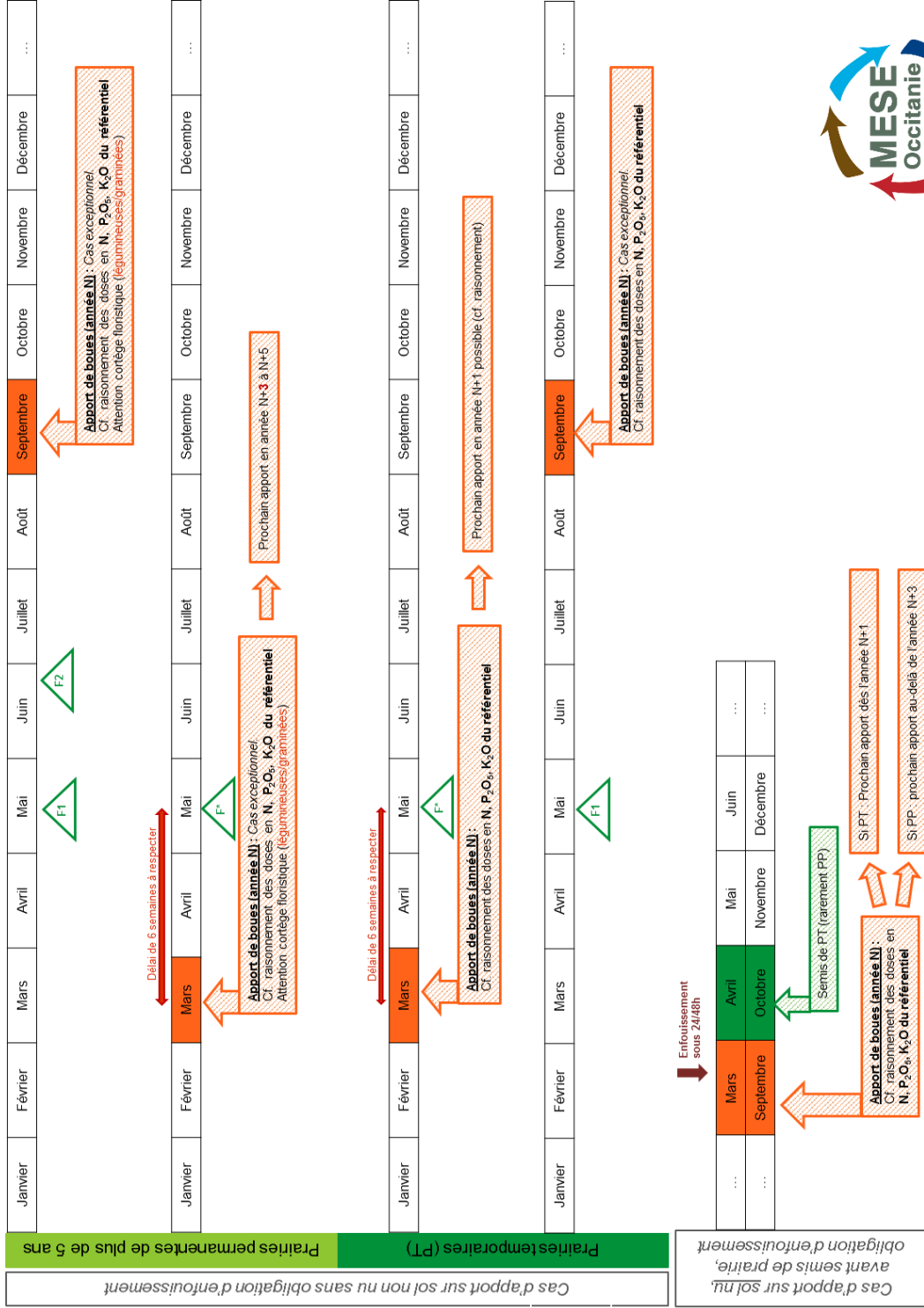
## 7. Conclusion

Cet exemple montre que le cas B est le plus intéressant car il permet d'apporter 40% de la dose requise en N et de couvrir la dose nécessaire en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sans excédent. Dans ce cas, la fertilisation complémentaire en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> devra être nulle en année N (c'est-à-dire, l'année suivant les épandages).

À noter que pour des sols non carencés, le gestionnaire d'épandage devra considérer l'intérêt de préconiser à l'agriculteur une impasse de fertilisation en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en année N+1 (c'est-à-dire l'année où les boues ne sont pas épandues) afin de maximiser le coefficient multiplicatif des exportations et minimiser le Keq 1<sup>ère</sup> année du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

## Schéma de synthèse du raisonnement de la fertilisation des prairies





**Légende**

- F1: 1<sup>re</sup> fauche (année N)
- F2: 2<sup>me</sup> fauche (année N)
- F-: Pas de 2<sup>me</sup> apport possible avant une 2<sup>me</sup> fauche, pour respecter le délai de 6 semaines (donc 1 seule fauche autorisée mi-mai) et pour éviter de dégrader la prairie au passage de répandreur.
- Red double arrow: Délai de 6 semaines à respecter pour boues non hygiénisées entre l'apport et la fauche ou la mise à l'herbe des animaux
- Orange arrow: Apport de boues (N)=Année N
- Black arrow: Ensilage





## Liste bibliographique

### Textes réglementaires issus des Groupes Régionaux d'Expertise Nitrates (GREN)

*Arrêté préfectoral régional de Languedoc-Roussillon du 5 septembre 2012 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée en agriculture pour la région Languedoc-Roussillon.*

*Arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.*

### Ouvrages

CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE LANGUEDOC-ROUSSILLON. (2011). *Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon.*

### Rapports techniques

ARVALIS, Institut du végétal. (1995). *Teneurs-seuils pk par type de sol. Compléments au recueil de fiches "Les doses et les teneurs-seuils par région".*

COMIFER. Groupe azote. (2013). *Calcul de la fertilisation azotée : guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales, cultures annuelles et prairies.*

COMIFER, Groupe P K Mg. (2007). *Teneurs en P, K et Mg des organes végétaux récoltés.*

COMIFER, Groupe P K Mg. (2009). *Grille de calcul de dose.*

## Annexes

<b>ANNEXE 1 : METHODES DE CALCUL DE LA DOSE PREVISIONNELLE D'AZOTE A UTILISER .....</b>	<b>38</b>
<b>ANNEXE 2 : LE BILAN AZOTE ET SES DIFFERENTS POSTES EN CULTURES ANNUELLES ET PRAIRIES .....</b>	<b>40</b>
<b>ANNEXE 3 : COEFFICIENT D'EQUIVALENCE ENGRAIS AZOTE MINERAL EFFICACE (KEQ N) .....</b>	<b>42</b>
<b>ANNEXE 4 : COEFFICIENT D'EQUIVALENCE ENGRAIS P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> MINERAL EFFICACE (KEQ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) .....</b>	<b>45</b>

## Annexe 1 : Méthodes de calcul de la dose prévisionnelle d'azote à utiliser

Cultures ou prairies	Méthode de calcul de la dose prévisionnelle d'azote	Période d'ouverture du bilan azoté	Références
Céréales d'hiver et de printemps	Bilan azoté Sud-Est	En début d'hiver (fin novembre – début décembre) Au plus tard au stade 3 feuilles	Annexe 1 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285
	Bilan azoté Sud-Ouest	Stade épi 1cm de la culture (1 <sup>er</sup> mars par convenance)	Annexe 2 – Arrêté préfectoral régional MP du 31/08/2015 n°20150831-311-278, modifié par l'arrêté du 29/12/2015
Maïs	Bilan azoté	Stade 4 feuilles (dans l'arrêté GREN Languedoc-Roussillon du 5 septembre 2012) Au semis, 1er mai par convenance (dans l'arrêté GREN Midi-Pyrénées du 6 juin 2014)	Annexe 2 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285 Annexe 3 – Arrêté préfectoral régional MP du 31/08/2015 n°20150831-311-278, modifié par l'arrêté du 29/12/2015
	Sorgho fourrager Sorgho grain Sorgho semence	Sorgho grain : dose plafond fonction de : <ul style="list-style-type: none"> <li>du type de sol : superficiel/ profond</li> <li>du type de conduite de la culture : irriguée ou en sec</li> <li>des conditions pluviométriques de l'automne/hiver (octobre à mars)</li> </ul> <b>Le réseau des MESE d'Occ. considère que le raisonnement est le même pour le sorgho semence et qu'il faut utiliser la méthode ex-Midi-Pyrénées pour le sorgho fourrager.</b>	(sorgho grain) Annexe 7 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285  (sorgho fourrager) Annexe 3 – Arrêté préfectoral régional MP du 31/08/2015 n°20150831-311-278, modifié par l'arrêté du 29/12/2015
Riz	Dose plafond et préconisation du Centre Français du Riz	-	Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285 Centre Français du Riz
Colza	Bilan azoté	Décembre-janvier Au plus tard au 31 janvier	Annexe 3 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285
Tournesol	Dose plafond	Au plus tard au semis (mars-avril)	Annexe 6 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285

<b>Prairies</b>	Bilan azoté	Avant le premier apport (fin d'hiver)	Annexe 4 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285  Annexe 5 – Arrêté préfectoral régional MP du 31/08/2015 n°20150831-311-278, modifié par l'arrêté du 29/12/2015
<b>Vigne</b>	Dose plafond fonction de : <ul style="list-style-type: none"> <li>• du type de production</li> <li>• la vigueur</li> <li>• l'entretien annuel des inter-rangs</li> </ul>	Avant le premier apport d'engrais minéraux (généralement mars)	Annexe 9 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285
<b>Arboriculture</b>	Dose plafond fonction de : <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'âge du verger</li> <li>• la vigueur du jeune verger/ oliveraie</li> <li>• du potentiel de rendement pour le verger ou l'oliveraie adulte</li> </ul>	Au plus tard au moment de la reprise de végétation (31 mars)	Annexe 8 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285

## Annexe 2 : Le bilan azoté et ses différents postes en cultures annuelles et prairies

### 1. Les équations du bilan prévisionnel

Le concept de bilan d'azote minéral du sol prévisionnel développé par Hébert en 1969 puis Rémy-Hébert en 1974 s'est progressivement imposé en France comme la méthode de raisonnement de la fertilisation azotée des cultures.

De nombreux travaux lui ont été consacrés en vue d'améliorer sans cesse son paramétrage.

### 2. Le bilan de l'azote minéral dans le sol, résultante des flux d'azote

Sur une période de temps donnée, le bilan de masse du stock d'azote minéral du sol sur la profondeur explorée par les racines de la culture s'écrit :

$$\text{État final} - \text{État initial} = \text{Entrées} - \text{Sorties}$$

$$[1] : R_f - R_i = [M_h + F_s + F_{ns} + M_{hp} + M_r + M_{rCi} + M_{pro1} + M_{pro2} + A + N_{irr} + X + X_{pro}] - [P_f - P_i + I_x + G_s + G_x + L]$$

Avec :

Etats initial et final	
R <sub>f</sub>	Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan
R <sub>i</sub>	Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan
Entrée d'azote dans le système sol-plante	
M <sub>h</sub>	Minéralisation nette de l'humus du sol
F <sub>s</sub>	Fixation symbiotique d'azote atmosphérique par la culture
F <sub>ns</sub>	Fixation non symbiotique d'azote atmosphérique
M <sub>hp</sub>	Minéralisation nette due à un retournement de prairie
M <sub>r</sub>	Minéralisation nette de résidus de récolte
M <sub>rCi</sub>	Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire
M <sub>pro1</sub>	Minéralisation nette de l'azote organique d'un PRO n°1 apporté avant l'ouverture du bilan
M <sub>pro2</sub>	Minéralisation nette de l'azote organique d'un PRO n°2 apporté après l'ouverture du bilan
A	Apports atmosphériques (apports météoriques = dépôts secs ou humides)
N <sub>irr</sub>	Azote apporté par l'eau d'irrigation
X	Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse
X <sub>pro</sub>	Azote de la fraction minérale d'un PRO apporté après la date d'ouverture du bilan
Sorties d'azote du système sol-plante	
P <sub>f</sub>	Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan
P <sub>i</sub>	Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan
I <sub>x</sub>	Organisation par voie microbienne aux dépens de l'azote minéral apporté sous forme d'engrais de synthèse ou de fraction minérale du PRO
G <sub>s</sub>	Pertes du sol par voie gazeuse (dénitrification pour l'essentiel)

Gx	Perte par voie gazeuse (volatilisation, dénitrification) aux dépens de l'engrais minéral (X) et de la fraction minérale du PRO apporté après l'ouverture du bilan (X <sub>pro</sub> )
L	Pertes par lixiviation du nitrate pendant l'ouverture du bilan

### 3. Les écritures opérationnelles du bilan

Plusieurs simplifications sont usuellement apportées à l'équation [1] sur une période correspondant à un cycle cultural en situation de prélèvement intense d'azote par la culture :

- On considère que les pertes du sol par voies gazeuses et la fixation non symbiotique sont des phénomènes de faible ampleur et du même ordre de grandeur d'où le postulat :  $G_s = F_{ns}$ .
- La méthode du bilan prévisionnel s'applique dans la quasi-totalité des situations à des cultures non-légumineuses, d'où  $F_s = 0$ .

L'équation [1] devient l'équation [4.]

#### a. Écriture simplifiée de l'équation du bilan azoté (Equation [4] du COMIFER)

$$X = ([Pf + Rf] - [Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr]) / CAU - Xa$$

Avec :

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

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

Rf : Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan (ou reliquat azoté final)

Pi : Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan

Ri : Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (ou reliquat azoté initial)

Mh : Minéralisation nette de l'humus du sol

Mhp : Minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr : Minéralisation nette de résidus de récolte

MrCi : Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire

Nirr : Azote apporté par l'eau d'irrigation

CAU : Coefficient apparent d'utilisation de l'engrais

Xa : Equivalent engrais minéral efficace d'un produit organique

#### b. Prairie en région Occitanie : Écriture simplifiée du bilan

$$X + Xa = [Pf - (Mh + N_{rest} + F_s)] / CAU$$

Avec :

$X + Xa$  = dose totale d'azote efficace à apporter sur le bilan azoté, **mais dans l'attente de références, le réseau des MESE d'Oc. considère que cette dose totale couvre le cycle total de la culture.**

$N_{rest}$  : Contribution directe des restitutions azotées au pâturage de l'année

$F_s$  : Fournitures liées à la présence de légumineuses

Les paramètres Ri et Nirr sont considérés comme négligeables sur prairies.

Les paramètres Pi, Mhp, Mr, MrCi sont nuls sur prairies.

*Source : Calcul de la fertilisation azotée, Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales pour cultures annuelles et prairies – Comifer, groupe Azote (2013).*

## Annexe 3 : Coefficient d'équivalence engrais azote minéral efficace (Keq N)

Sont renseignées les valeurs de Keq cycle (et non celles de Keq bilan). La différence entre ces 2 valeurs est souvent assez minime et par ailleurs les anciennes références concernent le Keq cycle.

Une boue digérée = méthanisée au cours du processus de traitement des boues et non un digestat de boues.

Types de boues		Coefficients d'équivalence engrais azote minéral efficace (Keq N) préconisés par le réseau des MESE d'Occ. : fonction de la culture et de la période d'apport																	
		Colza (culture d'hiver <sup>3</sup> )		Cultures d'hiver : Céréales, Oléagineux		Cultures de printemps : Céréales, Oléagineux (ex : Blé, orge, avoine)			Prairies		Amandier, abricotier, olivier		Viticulture						
Fin été/automne		Fin été/automne		Sortie hiver/printemps		Fin d'été/automne avant CIPAN (ex : maïs)		Été/automne (ex : maïs)		Printemps <sup>4</sup> (ex : sorgho, riz, tournesol)		Automne/hiver		Printemps		Automne/hiver		Printemps	
Boues activées liquides urbaines (C/N = 4,9)		0,37	0,25	0,4	0,35	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35	0,35	0,35	0,35	0,45	0,3	0,35	0,45	0,3	0,45
Boues activées liquides égouttées urbaines (C/N = 4,9)		0,1	0,1	0,35	0,15	0,15	0,45	0,15	0,45	0,25	0,4	0,25	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Boues activées filtre presse non chaulées (C/N = 5,9)		0,45	0,25	0,25	0,35	0,35	0,45	0,35	0,45	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,35	0,4	0,4	0,35	0,4
Boues activées filtre presse chaulées (C/N = 5,9)		0,45	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Boues activées pâteuses filtre à bandes (C/N = 5,2)		0,4	0,2	0,3	0,35	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Boues activées lits de séchage (C/N = 5,4)		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

<sup>3</sup> par abus de langage appelé aussi culture d'automne

<sup>4</sup> si pendillards (boues liquides) : on ajoute + 10 %

Types de boues		Coefficients d'équivalence engrais azote minéral efficace (Keq N) préconisés par le réseau des MESE d'Oc. : fonction de la culture et de la période d'apport													
		Colza (culture d'hiver <sup>3</sup> )		Cultures d'hiver : Céréales, Oléagineux		Cultures de printemps : Céréales, Oléagineux (ex : Blé, orge, avoine)				Prairies		Amandier, abricotier, olivier		Viticulture	
		Fin été/ automne	Sortie hiver/ printemps	Fin d'été/ automne avant CIPAN (ex : maïs)	Été/ automne (ex : maïs)	Printemps <sup>4</sup> (ex : sorgho, riz, tournesol)	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps	
Boues activées liti à rhizophytes (C/N = 5,9) par manque de référence, le réseau des MESE d'Oc. positionne ici les boues issues des LSPR et FPR	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
	0,35	0,35	0,15	0,15	0,35	0,3	0,35	0,3	0,35	0,3	0,35	0,3	0,3	0,3	
	0,35	0,2	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,3	0,35	0,3	0,3	0,3	
	0,3	0,15	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
	0,3	0,15	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Autres boues	0,3	0,15	0,3	0,3	0,3	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
	0,3	0,15	0,15	0,15	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
	0,3	0,15	0,15	0,15	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
	0,3	0,2	0,25	0,25	0,3	0,25	0,3	0,3	0,3	0,25	0,3	0,25	0,25	0,25	
	0,3	0,2	0,25	0,25	0,3	0,25	0,3	0,3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	



Types de boues		Coefficients d'équivalence engrais azote minéral efficace (Keq N) préconisés par le réseau des MESE d'Occ. : fonction de la culture et de la période d'apport														
		Colza (culture d'hiver <sup>3</sup> )		Cultures d'hiver : Céréales, Oléagineux		Cultures de printemps : Céréales, Oléagineux (ex : Blé, orge, avoine)			Prairies		Amandier, abricotier, olivier		Viticulture			
		Fin été/automne	Fin été/automne	Sortie hiver/printemps	Fin d'été/automne avant CIPAN (ex : maïs)	Été/automne (ex : maïs)	Printemps <sup>4</sup> (ex : sorgho, riz, tournesol)	Automne/hiver	Printemps	Automne/hiver	Printemps	Automne/hiver	Printemps	Automne/hiver		
	Boues physico-chimiques déshydratées (C/N = 5,5 à 17)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	Boues physico-chimiques déshydratées chaulées (C/N = 10 à 13)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	Boues digérées anaérobies déshydratées (C/N = 5,9)	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Boues de Perpignan : Boues activées épaissies digérées déshydratées non chaulées (C/N = 5,5)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Boues digérées anaérobies déshydratées chaulées (C/N = 6,0)	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	Boues digérées anaérobies séchées (C/N = 6,1)	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Compost de MATTE	Composts de boues avec support carboné	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Compilation des données issues des sources suivantes : COMIFER (2013); SYPREA (2012) ; GREN Aquitaine (2012) ; GREN Champagne-Ardenne (2013) ; GREN Rhône-Alpes (2012), COMIFER + SYPREA) ; GREN Rhône-Alpes (2014, APCA, CA26 et CA38), GREN Poitou Charentes (2012) ; CRA Pays de Loire (2008) ; groupe APCA-mission boues (2007 non publié), CA66 (2016).

## Annexe 4 : Coefficient d'équivalence engrais P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> minéral efficace (Keq P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Types de boues urbaines ou composts de boues urbaines	Siccité* de la boue étudiée	Traitement	Apport tous les 2 à 3 ans				Apport annuel
			Année 1			Année 2	
			Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mini	Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> moyen	Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> retenu par le réseau des MESE d'Oc.		
Boues biologiques	liquides	biologiques	0,72	0,86	0,7	0,28	1
Boues biologiques	pâteuses (20 % MS)	biologiques	0,72	0,86	0,7	0,28	1
Boues biologiques	pâteuses (30 % MS)	biologiques chaulées	0,85		0,85	0,15	1
Boues biologiques	liquides ou pâteuses	biologiques de déphosphatation chaulées ou traitées aux sels de fer/chaux	0,87	0,94	0,9	0,13	1
Boues biologiques		biologiques traitées aux sels de fer ou aux sels de fer/chaux	0,83	0,92	0,8	0,17	1
Boues biologiques	liquides ou pâteuses	biologiques digérées	0,41	0,71	0,4	0,59	1
Boues biologiques	solides ou sèches	biologiques digérées conditionnées thermiquement	0,37	0,56	0,4	0,63	1
Boues biologiques		biologiques digérées traitées aux sels de fer ou aux sels de fer/chaux	0,63	0,76	0,6	0,37	1
Boues physico-chimiques		physico-chimiques traitées aux sels de fer ou aux sels de fer/chaux	0,83	0,93	0,8	0,17	1
Boues physico-chimiques	pâteuses (30 % MS)	physico-chimiques chaulées	0,85		0,85	0,15	1
Boues séchées	sèches	séchées	0,85		0,85	0,15	1
Boues issues des lagunes, lits de séchage plantés de roseaux, filtres plantés de roseaux.	liquides à pâteuses		Préconisations du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références.			0,3	1
Autres types de boues			Préconisations du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références.			0,3	1
Composts de boues		compostées avec déchets verts ou sciures de bois	0,55	0,91	0,73	0,45	1

Source : travaux synthétisés par C. MOREL à la journée des Missions Déchets des Chambres d'Agriculture (2007)

## Notes

---

Dotted lines for writing notes.





A series of horizontal dotted lines providing a template for handwritten entries.

Dotted grid for notes



## VOS CONTACTS

### Chambre d'agriculture de l'Aude

Stéphanie Rubio

04 68 11 79 77

[stephanie.rubio@aude.chambagri.fr](mailto:stephanie.rubio@aude.chambagri.fr)

### Chambre d'agriculture du Gard

Claire Gaffier

04 66 25 46 92

[claire.gaffier@gard.chambagri.fr](mailto:claire.gaffier@gard.chambagri.fr)

### Chambre d'agriculture de l'Hérault

Marie Castagnet

04 67 20 88 35

[castagnet@herault.chambagri.fr](mailto:castagnet@herault.chambagri.fr)

### Chambre d'agriculture de la Lozère

Laure Gomita

04 66 65 62 00

[laure.gomita@lozere.chambagri.fr](mailto:laure.gomita@lozere.chambagri.fr)

### Chambre d'agriculture des Pyrénées-Orientales

Margot Dalla Nora

04 68 35 85 95

[margot.dallanora@pyrenees-orientales.chambagri.fr](mailto:margot.dallanora@pyrenees-orientales.chambagri.fr)

La réalisation de ce document a été soutenue financièrement par :

