



# 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 CÉRÉALES

## 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 :

Gilles BOYER	Chambre d'agriculture de l'Aude
Gilles TERRES	Chambre d'agriculture de l'Aude
Thierry PIANETTI	Chambre d'agriculture du Gard
Alain ALLIES	Chambre d'agriculture de l'Hérault

## 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) .....	8
a. <i>Hors zone vulnérable*</i> .....	8
b. <i>En zone vulnérable</i> .....	9
<b>DOSE D'AZOTE A APPORTER.....</b>	<b>10</b>
1. DOSE D'AZOTE A APPORTER SELON LA METHODE SUD-OUEST.....	10
a. <i>Formule générale</i> .....	10
b. <i>Besoins</i> .....	11
c. <i>Fournitures</i> .....	13
d. <i>Coefficient Apparent d'Utilisation CAU</i> .....	18
e. <i>Exemple de calcul pour N</i> .....	19
2. CALCUL DE LA DOSE D'AZOTE A APPORTER SELON LA METHODE SUD-EST .....	20
a. <i>Formule générale</i> .....	20
b. <i>Besoins</i> .....	20
c. <i>Fournitures (Ri)</i> .....	21
d. <i>Exemple de calcul pour N</i> .....	22
<b>DOSES DE P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ET K<sub>2</sub>O A APPORTER .....</b>	<b>23</b>
1. FORMULE DE CALCUL .....	23
2. EXPORTATIONS ① .....	24
3. COEFFICIENT MULTIPLICATIF DES EXPORTATIONS ②.....	25
a. <i>Valeurs des teneurs-seuils Timp. et Trenf.</i> .....	25
b. <i>Analyses de terre des parcelles de référence</i> .....	28
c. <i>Tableaux des coefficients multiplicatifs</i> .....	28
4. SUPPLEMENT LIE A L'EXPORTATION DES PAILLES DE LA CULTURE N-1 ③.....	33
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> .....	33
b. <i>Rendement de pailles de la culture N-1</i> .....	33
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> .....	34
5. PLAFOND DE DOSE A NE PAS DEPASSER .....	34
6. EXEMPLE DE CALCUL POUR P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ET K <sub>2</sub> O.....	34
<b>QUANTITE DE BOUES OU COMPOSTS DE BOUES A APPORTER .....</b>	<b>36</b>
<b>FERTILISATION COMPLEMENTAIRE POUR L'ANNEE N.....</b>	<b>37</b>
<b>EXEMPLES .....</b>	<b>38</b>
1. RAPPELS.....	38
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> .....	38
b. <i>Rappel des données de l'exemple</i> .....	38
2. DOSES PREVISIONNELLES A APPORTER PAR LES BOUES .....	39
3. QUANTITES DE PRODUIT ORGANIQUE A APPORTER EN FONCTION DE CHAQUE ELEMENT .....	39
4. QUANTITES FINALES RETENUES EN FONCTION DE L'ELEMENT LIMITANT .....	39
5. DOSES FINALEMENT APORTEES .....	40
6. FERTILISATION COMPLEMENTAIRE POUR L'ANNEE N .....	40
7. CONCLUSION.....	40
<b>SCHEMA DE SYNTHESE DU RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION DES CEREALES (11, 48).....</b>	<b>41</b>
<b>SCHEMA DE SYNTHESE DU RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION DES CEREALES (30, 34, 66) .....</b>	<b>42</b>
<b>LISTE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>43</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>44</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.....	8
Tableau 3 : Calcul du rendement prévisionnel en zone vulnérable .....	9
Tableau 4 : Rendements de référence en zone vulnérable .....	9
Tableau 5 : Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel pour les céréales (hors maïs, sorgho et riz).....	11
Tableau 6 : Besoins unitaire en azote des variétés de blé tendre (b).....	12
Tableau 7 : Besoins unitaires en azote des variétés de blé dur (b).....	12
Tableau 8 : Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan (Rf) pour les céréales (hors maïs, sorgho et riz).....	13
Tableau 9 : Estimation de l'azote déjà absorbé (Pi).....	14
Tableau 10 : Minéralisation nette de l'humus du sol (Mh).....	15
Tableau 11 : Minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp) pour les céréales (hors maïs, sorgho et riz) ( <i>en kg N/ha</i> ).....	16
Tableau 12 : Minéralisation nette de résidus de récolte (Mr).....	16
Tableau 13 : Minéralisation nette de résidus de cultures intermédiaires (MrCi).....	17
Tableau 14 : Coefficient Apparent d'Utilisation de l'engrais minéral CAU.....	18
Tableau 15 : Exemple de calcul de dose à apporter avant semis de triticales .....	19
Tableau 16 : Azote à apporter par unité de rendement prévisionnel pour les céréales (hors maïs, sorgho et riz).....	21
Tableau 17 : Exemple de calcul de dose à apporter avant semis de blé dur .....	22
Tableau 18 : Cas de figure des types d'apports en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O .....	23
Tableau 19 : Teneur en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O par unité de rendement .....	24
Tableau 20 : Exigence des céréales (hors maïs, sorgho et riz) 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 .....	26
Tableau 21 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour K <sub>2</sub> O appliqués à la récolte principale (céréales hors maïs, sorgho et riz).....	29
Tableau 22 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Joret-Hébert appliqués à la récolte principale (céréales hors maïs, sorgho et riz) .....	30
Tableau 23 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Dyer appliqués à la récolte principale (céréales hors maïs, sorgho et riz).....	31
Tableau 24 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Olsen appliqués à la récolte principale (céréales hors maïs, sorgho et riz) .....	32
Tableau 25 : Rendements des résidus de culture précédant les céréales à paille.....	33
Tableau 26 : Hypothèses de calcul sur triticales.....	34
Tableau 27 : Exemple de calcul de doses de phosphore et de potasse efficaces (cas B).....	35
Tableau 28 : Calcul de l'APL .....	49
Tableau 29 : Valeur de A, azote fourni à la culture précédente par la minéralisation.....	50
Tableau 30 : Minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp) ( <i>en kg N/ha</i> ).....	50
Tableau 31 : Minéralisation nette de résidus de cultures intermédiaires (MrCi).....	51
Tableau 32 : Azote absorbé par unité de rendement par le précédent.....	51
Tableau 33 : Estimation de Ri+Pi à partir de l'APL et du cumul de pluie hivernale .....	52
Tableau 34 : APL dans le cas d'un précédent légumineuses .....	55
Tableau 35 : APL dans le cas d'un précédent prairie ou jachère.....	56
Tableau 36 : Exemples de calcul du Ri + Pi.....	57

## 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'État 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. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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 <u>déconseillées</u> hors zones vulnérables (CPBA)	Périodes d'épandage interdites en zones vulnérables
<b>Blé tendre</b>	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)	Mi-octobre à mi-novembre en situation de plaine Mi-septembre à mi-octobre en situation d'altitude	Mi-juin à mi-août en situation de plaine Juillet à septembre en situation d'altitude	<b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols	1 <sup>er</sup> novembre au 15 janvier	1 <sup>er</sup> octobre au 15 janvier
	Boues urbaines de lits plantés de roseaux	Type II (C/N < 8)			<b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols <b>Compost boues sans faim d'azote</b> : <b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre apport et semis <b>Compost boues avec faim d'azote</b> : <b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre apport et semis	aucune	15 novembre au 15 janvier
	Composés de boues urbaines	Type I (C/N > 8)					
<b>Blé dur</b>	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)	Mi-octobre à mi-novembre	Mi-juin à mi-août	<b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols	1 <sup>er</sup> novembre au 15 janvier	1 <sup>er</sup> octobre au 15 janvier
	Boues urbaines de lits plantés de roseaux	Type II (C/N < 8)			<b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols <b>Compost boues sans faim d'azote</b> : <b>Si apport avant semis</b> : pas plus	aucune	15 novembre au 15 janvier
	Composés 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'Occ. 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
<b>Triticale</b>	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)	Mi-octobre à mi-novembre en situation de plaine Mi-septembre à mi-octobre en situation d'altitude	Mi-juin à mi-août en situation de plaine Juillet à septembre en situation d'altitude	<b>Compost boues avec faim</b> d'1 mois entre apport et semis <b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols	1 <sup>er</sup> novembre au 15 janvier	1 <sup>er</sup> octobre au 15 janvier
	Boues urbaines de lits plantés de roseaux	Type II (C/N < 8)			<b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols		
	Composés de boues urbaines	Type I (C/N > 8)			<b>Compost boues sans faim</b> <b>d'azote</b> : <b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 1 mois entre apport et semis <b>Compost boues avec faim</b> <b>d'azote</b> : <b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre apport et semis	aucune	15 novembre au 15 janvier
	Boues urbaines sèches (> 90 % MS) (Pla - 66)	Type II (C/N < 8)	Mi-octobre à mi-novembre	Mi-juin à mi-août	<b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 1 mois entre apport et semis	1 <sup>er</sup> novembre au 15 janvier	1 <sup>er</sup> octobre au 15 janvier
<b>Seigle</b>	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)	Mi-octobre à mi-novembre en situation de plaine Mi-septembre à mi-octobre en situation d'altitude	Mi-juin à mi-août en situation de plaine Juillet à septembre en situation d'altitude	<b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols	1 <sup>er</sup> novembre au 15 janvier	1 <sup>er</sup> octobre au 15 janvier
	Boues urbaines de lits plantés de roseaux	Type II (C/N < 8)			<b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols		

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'Occ. 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		
<b>Avoine d'hiver</b>	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)	Fin septembre à fin octobre	Juillet	<b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols	1 <sup>er</sup> novembre au 15 janvier	1 <sup>er</sup> octobre au 15 janvier		
	Boues urbaines de lits plantés de roseaux	Type II (C/N < 8)			<b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols				
	Composts de boues urbaines	Type I (C/N > 8)			<b>Compost boues sans faim d'azote</b> : <b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre apport et semis <b>Compost boues avec faim d'azote</b> : <b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre apport et semis			aucune	15 novembre au 15 janvier
	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)			<b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre l'apport et le semis				
<b>Avoine de printemps</b>	Boues urbaines de lits plantés de roseaux	Type II (C/N < 8)	Fin février à mi-mars en situation de plaine Mars à avril en situation d'altitude	Juillet à août en situation de plaine Août à septembre en situation d'altitude	<b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre l'apport et le semis	1 <sup>er</sup> juillet au 15 janvier	<b>Si précédée d'une CIPAN</b> : du 1 <sup>er</sup> juillet à 15 jours avant l'implantation de la CIPAN et de 20 jours avant la destruction de la CIPAN jusqu'au 31 janvier <b>Si non précédée d'une CIPAN</b> : du 1 <sup>er</sup> juillet au 31 janvier		
	Composts de boues urbaines	Type I (C/N > 8)			<b>Compost boues sans faim d'azote</b> : <b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre apport et semis <b>Compost boues avec faim d'azote</b> : <b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre apport et semis			1 <sup>er</sup> juillet au 31 août	
	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)			<b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre l'apport et le semis				
	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)			<b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre l'apport et le semis				
<b>Orge d'hiver</b>	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses,	Type II (C/N < 8)	Fin septembre à mi-octobre	Juin à juillet	<b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols	1 <sup>er</sup> novembre au 15 janvier	1 <sup>er</sup> octobre au 15 janvier		
	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses,	Type II (C/N < 8)			<b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols				

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'Occ. 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
	solides et issues de lagunes)						
	Boues urbaines de lits plantés de roseaux	Type II (C/N < 8)			<b>Si apport avant semis :</b> pas plus de 2 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place :</b> sortie d'hiver dès portance des sols <b>Compost boues sans faim d'azote :</b> <b>Si apport avant semis :</b> pas plus d'1 mois entre apport et semis		
	Composés de boues urbaines	Type I (C/N > 8)			<b>Compost boues avec faim d'azote :</b> <b>Si apport avant semis :</b> pas plus de 2 mois entre apport et semis	aucune	15 novembre au 15 janvier
<b>Orge de printemps</b>	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)			<b>Si apport avant semis :</b> pas plus d'1 mois entre l'apport et le semis	1 <sup>er</sup> juillet au 15 janvier	<b>Si précédée d'une CIPAN :</b> du 1 <sup>er</sup> juillet à 15 jours avant l'implantation de la CIPAN et de 20 jours avant la destruction de la CIPAN jusqu'au 31 janvier <b>Si non précédée d'une CIPAN :</b> du 1 <sup>er</sup> juillet au 31 janvier
	Boues urbaines de lits plantés de roseaux	Type II (C/N < 8)	Mars à avril	Juillet à août en situation de plaine Août à septembre en situation d'altitude	<b>Si apport avant semis :</b> pas plus de 2 mois entre l'apport et le semis		
	Composés de boues urbaines	Type I (C/N > 8)			<b>Compost boues sans faim d'azote :</b> <b>Si apport avant semis :</b> pas plus d'1 mois entre apport et semis <b>Compost boues avec faim d'azote :</b> <b>Si apport avant semis :</b> pas plus de 2 mois entre apport et semis	1 <sup>er</sup> juillet au 31 août	
<b>Culture cynégétique</b>	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)	Mi-septembre à mi-novembre	-	<b>Si apport avant semis :</b> si on considère que les espèces semées sont des mélanges de graminées/légumineuses, pas plus d'1 mois entre apport et semis (septembre à octobre)	1 <sup>er</sup> novembre au 15 janvier	1 <sup>er</sup> octobre au 15 janvier

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'Occ. 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
<b>Méteil grain</b>	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)	Mi-octobre à mi-novembre en situation de plaine Mi-septembre à mi-octobre en situation d'altitude	Jun à septembre	<b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols	1 <sup>er</sup> novembre au 15 janvier	1 <sup>er</sup> octobre au 15 janvier
	Boues urbaines de lits plantés de roseaux	Type II (C/N < 8)			<b>Si apport avant semis</b> : pas plus de 2 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols		
<b>Méteil ensilé</b>	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N < 8)	Mi-octobre à mi-novembre en situation de plaine Mi-septembre à mi-octobre en situation d'altitude	Mi-avril à début juin	<b>Si apport avant semis</b> : pas plus d'1 mois entre apport et semis <b>Si apport sur culture en place</b> : sortie d'hiver dès portance des sols  Boues non hygiénisées : délai de 6 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte Boues hygiénisées : délai de 3 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte	1 <sup>er</sup> novembre au 15 janvier	1 <sup>er</sup> octobre au 15 janvier
	Boues urbaines de lits plantés de roseaux	Type II (C/N < 8)					

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

**Nota Bene** : Au sens de la PAC\*, on parle de culture d'hiver\* si elle est semée avant le 1<sup>er</sup> janvier (exemple de cultures d'hiver : colza en septembre, blé en octobre-novembre et pois en décembre). Semée après le 1<sup>er</sup> janvier, on parle de culture de printemps\*.

## 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, culture) 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

Cultures	AUDE			GARD				HERAULT	LOZERE						PYRENEES-ORIENTALES				Unité	
	Est Audois	Centre	Ouest Audois	Camargue	Vallée du Rhône - Vistre	Uzège - Sommières	Nord du Gard		Margéride	Vallée du Lot	Causses	Cèvennes	Salanque	Perpignan	Bassin d'Elne	Cerdagne				
<b>Avoine</b>		50	45	35 - 50	35 - 50	35 - 50	35 - 50	25 - 40	25 - 55	30-65	30-65	20-45		30-35						q/ha
<b>Blé dur</b>	35	35 - 50	45 - 50	45 - 75	35 - 65	35 - 65	35 - 65	25 - 50 max 80 si RU élevée; 100 si irrigué						30 - 45	35 - 65					q/ha
<b>Blé tendre</b>	45	45 - 55	55 - 60	40 - 70	35 - 60	35 - 60	35 - 60	35 - 55 max 90 si RU élevée 110 si irrigué	30-65	30-75	30-75	25-60	10 - 30	30 - 50	20					q/ha
<b>Méteil ensilé</b>	5		6 - 10						4-11	5-12	4-10			4					4** 7,5***	tMS/h a
<b>Méteil moissonné</b>									20-50	25-70	20-50									q/ha
<b>Orge</b>	45	55 - 70	55 - 60	40 - 60	40 - 60	40 - 60	40 - 60	30 - 70	25-60	30-65	20-60	25-65		30	15 - 35					q/ha
<b>Seigle</b>		50 - 60	50 - 60						30-65	30-70	20-60	25-65								q/ha
<b>Triticale</b>			50	40 - 60	40 - 60	40 - 60	40 - 60		30-70	30-75	20-60	25-65		40						q/ha

\*\* : Sec avec triticale, vesce

\*\*\* : irrigué avec triticale, pois

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 trois valeurs restantes				
Année N-5	Année N-4	Année N-3	Année N-2	Année N-1
Moyenne des 3 valeurs restantes en q/ha :				

### ► Cas B : l'agriculteur cultive l'espèce pour la 1<sup>ère</sup> 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 de référence en zone vulnérable**

Cultures	AUDE	GARD	HERAULT	PYRENEES-ORIENTALES	Unité
Avoine	45	40	40	35	q/ha
Blé dur	45	45	40	45	q/ha
Blé tendre	55	50	50	50	q/ha
Méteil	35	35	35	35	q/ha
Orge et escourgeon	55	50	50	45	q/ha
Seigle	35	35	35	35	q/ha
Triticale	50	50	50	50	q/ha

Source : Annexe 11 de l'arrêté préfectoral régional de 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.

## Dose d'azote à apporter

Deux méthodes issues du bilan azoté (méthode COMIFER) sont proposées selon les régions « climatiques » :

- L'Aude et la Lozère : Méthode Sud-Ouest (ARVALIS) ;
- Le Gard, l'Hérault, les Pyrénées-Orientales : Méthode Sud-Est (ARVALIS).

La méthode de calcul de la dose d'azote est issue du bilan azoté\* proposé par le COMIFER et adapté par ARVALIS : 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.

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

## 1. Dose d'azote à apporter selon la méthode Sud-Ouest

### a. Formule générale

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

« <b>BESOINS</b> »	= <b>Besoins de la culture Pf*</b> (kg N/ha) + <b>Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan Rf*</b> (kg N/ha)
<b>FOURNITURES</b>	= <b>Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan Pi*</b> (kg N/ha) + <b>Azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan Ri*</b> (kg N/ha) + <b>Minéralisation nette de l'humus du sol Mh*</b> (kg N/ha) + <b>Minéralisation nette due à un retournement de prairie Mhp*</b> (kg N/ha) + <b>Minéralisation nette de résidus de récolte Mr*</b> (kg N/ha) + <b>Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire MrCi*</b> (kg N/ha)
<b>CAU</b>	<b>Coefficient Apparent d'Utilisation de l'engrais minéral</b> (sans unité)

Source : GREN.

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

Limiter l'apport d'azote avant semis à **50 kg N efficace/ha**.

**AVERTISSEMENTS :**

Cette méthode ne propose pas de méthode de calcul pour la dose d'azote à apporter avant semis des céréales d'hiver. En effet, le raisonnement conseillé par ARVALIS est à prendre en compte à partir de la date d'ouverture du bilan c'est-à-dire sur culture en place. Utiliser toutefois cette formule générale pour le calcul de dose d'azote à apporter par les boues / composts de boues avant semis.

**b. Besoins**

$$\text{« BESOINS »} = \text{Besoins de la culture Pf (kg N/ha)} + \text{Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan Rf (kg N/ha)}$$

► Besoins de la culture (Pf)

$$\text{Pf} = \text{Rendement prévisionnel} \times \text{Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel (b)}$$

Tableau 5 : Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel pour les céréales (hors maïs, sorgho et riz)

Céréales d'hiver ou de printemps	Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel ou besoin par unité de production (b) kg N/q
Avoine (printemps et hiver)	2,5
Blé tendre	3 (selon variétés : <b>Tableau 6</b> )
Blé dur	3,7 (selon variétés : <b>Tableau 7</b> )
Cultures cynégétiques (mélange graminées/légumineuses ou graminées pures)	3 (Préconisation du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références)
Orge hiver	2,5
Orge printemps	2,5
Seigle	2,3
Triticale	2,6
Méteil ensilé**	19 kg N/ TMS
Méteil grain***	2,5 (Préconisation du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références)

\*\* : si le méteil est un mélange de céréales et de légumineuses, alors la valeur b doit être ajustée selon la proportion de céréales (b = 19 x % de céréales).

\*\*\* : si le méteil est un mélange de céréales et de légumineuses : s'il reste entre 0 et 30 % de légumineuses en fin d'hiver : apport de 50 kg N équivalent engrais minéral au maximum, si légumineuses > 30% : pas d'apport azote.

Source : GREN.

Tableau 6 : Besoins unitaire en azote des variétés de blé tendre (b)

Variétés blé tendre	b kg N/q
Accroc, Addict, Adhoc, Ambition, Amundsen, Andalou, Aramis, Arlequin, Armada, Atoupic, Aymeric, Belepi, Bermude, Cellule, Diderot, Espart, Expert, Fairplay, Fructidor, Glasgow, Granamax, Hekto, Hybery, Hybiza, Hymack, Hypod, Hyscore, Hystar, Hysun, Hyteck, Hywin, Hyxtra, Ionesco, Istabraq, JB Diego, Kundera, Laurier, Lear, Lyrik, Lythium, Mandragor, Meeting, Memory, Modern, Oakley, Odyssée, Pakito, Parador, Perfector, Pierrot, Prevert, Reciproc, Ronsard, Royssac, Scipion, Scor, Selekt, Sobbel, Sobred, Sokal, Sponsor, Stadium, Starway, Sy Moisson, Tentation, Terroir, Tobak, Torp, Trapez, Trémie, Valdo, Viscount, Zephy	2,8
Adequat, Aldric, Aligator, Alixan, Altigo, Altria, Amador, Andino, Apache, Aprilio, Arezzo, Aristote, Arkeos, As de cœur, Ascott, Attitude, Aurele, Autan, Bagou, Barok, Basmati, Bastide, Bergamo, Boisseau, Bonifacio, Boregar, Boston, Brentano, Calumet, Campero, Catalan, Celestin, Centenaire, Charger, Chevron, Compil, Cordiale, Descartes, Dialog, Diamento, Dinosor, Epidoc, Ephoros, Equilibre, Euclide, Flaubert, Fluor, Folklor, Forblanc, Galopain, Garantus, Garcia, Goncourt, Grapeli, Hausmann, Hybred, Hyfi, Hyxo, Hyxpress, Illico, Innov, Isengrain, Kalystar, Karillon, Lavoisier, Marcelin, Matheo, Maxwell, Minotor, Nirvana, Nucleo, Orcas, Oregrain, Orvantis, Oxebo, Paledor, Patras, Pepidor, Perceval, Phare, Plainedor, Pr22r20, Pr22r28, Pr22R58, Premio, Razzano, RGT, Kilimanjaro, Richepain, Rochfort, Rodrigo, Rosario, Rubisko, Rustic, Sankara, Seyrac, Sirtaki, Sogood, Solehio, Sollario, Solognac, Sweet, Swinggy, Thalys, Toisondor, Uski, Waximum	3
Accor, Adagio, Aerobic, Allez y, Altamira, Ambello, Amerigo, Athlon, Atlass, Aubusson, Avantage, Azimut, Azzerti, Camp-Rémy, Calabro, Calcio, Calisol, Caphorn, CCB Ingenio, Cézanne, Chevalier, Conexion, Croisade, Exelcior, Exotic, Farandole, Frelon, Galactic, Graindor, Instinct, Interet, Iridium, Isidor, Kalango, Koreli, Lazaro, Limes, Lukullus, Manager, Mendel, Mercato, Miroir, Musik, Nogal, Nuage, Numeric, Oratorio, Paindor, Pueblo, Racine, Recital, Ressor, RGT Venezia, Saint Ex, Samurai, Scenarior, Soissons, Solveig, Sophytra, Sorrial, Sy Alteo, Sy Tolbiac, Valodor, Zinal	3,2
Manital, Renan	3,5
Antonius, Esperia, Galibier, Lennox, MV Suba, Quality, Rebelde, (Tiepolo)	3,7
Adesso, Amicus, Bologna, Bussard, Claro, Courtot, Figaro, Ghayta, Guadalete, Levis, Logia, Lona, Nara, Qualital, Quebon, Runal, Sagittorio, Tamaro	3,9

Source : GREN.

Tableau 7 : Besoins unitaires en azote des variétés de blé dur (b)

Variétés blé dur	b kg N/q
Acalou, Actisur, Atoudur, Biensur, Combo, Dakter, Gibus, Levante, Luminur, Neodur, Orjaune, Pescadou, Plussur, RGT Fabionur, Surmesur, Sy Banco	3,5
Anvergur, Argeles, Byblos, Claudio, Clovis, Cultur, Fabulis, Janeiro, Joyau, Karur, Lloyd, Miradoux, Nautilur, Nemesis, Nefer, Orlu, Pastadou, Provenzal, Qualidou, Sachim, Sy Carma, Sy Cysco	3,7
Alexis, Babylone, Daurur, Floridou, Nobilis, Relief, RGT Musclur, Saragolla, Sculptur, Silur, Tablur	3,9

Source : GREN.

► Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan (Rf)

**Rf** = quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan, soit à la récolte de la culture, quantité que les racines n'ont pas été capables d'extraire et qui reste dans le sol après récolte. Elle dépend de la culture, du type de sol et de la profondeur d'enracinement.

= appelé aussi **reliquat azoté final** ou **reliquat d'azote à la récolte** (kg N/ha).

Tableau 8 : Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan (Rf) pour les céréales (hors maïs, sorgho et riz)

Type de sols en Midi-Pyrénées		Argile %	CaCO <sub>3</sub> %	MO %	Cailloux %	Rf kg N/ha
N° de sol	Nom vernaculaire					
1	Alluvions caillouteuses	20	0	1,5	25	15
2	Alluvions sableuses	10	0	1,5	0	15
3	Alluvions limoneuses à limono argileuses	20	0	1,5	0	30
4	Alluvions argilo-limoneuses à argileuses	35	0	1,7	0	15
5	Alluvions caillouteuses calcaires	20	20	1,5	25	15
6	Alluvions sableuses calcaires	10	20	1,5	0	40
7	Alluvions limoneuses à limono argileuses calcaires	20	20	1,5	0	30
8	Alluvions argilo-limoneuses à argileuses calcaires	35	20	1,7	0	10
9	Boulbène caillouteuse superficielle	15	0	1,5	25	15
10	Boulbène superficielle	15	0	1,5	0	30
11	Boulbène profonde	15	0	1,5	0	20
12	Boulbène moyenne	15	0	1,5	0	20
13	Argilo-calcaire superficiel (rendosols)	30	20	1,5	0	30
14	Argilo-calcaire profond (calcosols)	33	10	1,7	0	20
15	Argilo-calcaire moyen (calcosols)	33	10	1,6	0	30
16	Argilo-calciques (calcisols)	35	0	2	0	20
17	Argilo-acides (brunisols)	30	0	2	5	15
18	Sols des Causses	30	10	2	30	15
19	Ségala (sols acides limono-sableux à limono-argilo-sableux – MO élevé)	20	0	3	20	20
20	Argilo calcaires à cailloux	30	25	1,5	25	20
21	Argileux acides à cailloux	30	0	1,5	25	20
22	Ségala (sols acides limono-sableux à limono-argilo-sableux – MO faible)	20	0	1,8	20	15

Source : GREN.

### c. Fournitures

#### FOURNITURES

- = Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan Pi (kg N/ha)
- + Azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan Ri (kg N/ha)
- + Minéralisation nette de l'humus du sol Mh (kg N/ha)
- + Minéralisation nette due à un retournement de prairie Mhp (kg N/ha)
- + Minéralisation nette de résidus de récolte Mr (kg N/ha)
- + Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire MrCi (kg N/ha)

► Azote absorbée par la culture à l'ouverture du bilan (Pi) et azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

**Ri + Pi** = quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan appelé aussi reliquat azoté initial ou reliquat sortie d'hiver (kg N/ha) + quantité d'azote absorbée par la culture à l'ouverture du bilan (kg N/ha).

L'ouverture du bilan est au stade épi 1cm de la culture (1<sup>er</sup> mars par convenance).

Deux méthodes permettent de connaître la valeur du **Ri + Pi** :

- 1° - un calcul faisant intervenir le bilan azoté du précédent et un modèle agro-météorologique,
- 2° - une mesure de reliquat d'azote (Ri) et une estimation de l'azote déjà absorbé (Pi).

- 1ère méthode : le bilan azoté du précédent et le modèle agro-météorologique

Cf. **Annexe 3**.

- 2ème méthode : mesure de reliquat d'azote (Ri) et estimation de l'azote déjà absorbé (Pi)

### Critères sur Ri

- Quand prélever Ri ?

Pour être valables, tous les termes du bilan doivent être calculés/mesurés/évalués à la même date. Ainsi, la période d'ouverture du bilan sera également la période du prélèvement et donc de mesure de Ri.

**Date d'ouverture du bilan** : ne pas dépasser le stade épi 1 cm de la culture.

Dans tous les cas, le prélèvement de terre devra être réalisé avant tout apport d'azote à la sortie de l'hiver.

- Où prélever Ri ?

Sur au moins deux horizons 0 - 30 et 30 - 60 cm.

Si la profondeur de sol le permet, prélever l'horizon 60 - 90 cm.

### Critères sur Pi

- Estimation de l'azote déjà absorbé (Pi)

Pi est estimé en fonction du nombre de talles primaires (**Tableau 9**).

**Tableau 9 : Estimation de l'azote déjà absorbé (Pi)**

Nombre de talles primaires	Pas de talles	1	2	3	4	5	> 5 talles
Pi kg N/ha	10	15	20	25	30	35	40

Source : GREN.

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

#### ► En zone vulnérable

- Utiliser l'une des deux méthodes précédemment expliquées.
- Réaliser l'analyse du reliquat azoté selon les méthodes de prélèvement préconisées par ARVALIS.

#### ► Hors zone vulnérable

Possibilité de prendre par défaut ces valeurs en fonction du précédent cultural :

- Prédécent légumineuse et prairie de plus de 2 ans : Ri + Pi = 75 kg N/ha.
- Prédécent prairie de 1 à 2 ans : Ri + Pi = 45 kg N/ha.
- Prédécent autre que légumineuse et prairie : Ri + Pi = 30 kg N/ha.

### ► Minéralisation nette de l'humus du sol (Mh)

C'est une estimation prévisionnelle de la quantité d'azote minéral provenant de la minéralisation de l'humus du sol, qui sera disponible pour la céréale pendant sa croissance.

**Tableau 10 : Minéralisation nette de l'humus du sol (Mh)**

Type de sols en Midi-Pyrénées		Argile	CaCO <sub>3</sub>	MO	Cailloux	Mh
N° de sol	Nom vernaculaire	%	%	%	%	kg N/ha
1	Alluvions caillouteuses	20	0	1,5	25	15
2	Alluvions sableuses	10	0	1,5	0	30
3	Alluvions limoneuses à limono argileuses	20	0	1,5	0	40
4	Alluvions argilo-limoneuses à argileuses	35	0	1,7	0	30
5	Alluvions caillouteuses calcaires	20	20	1,5	25	10
6	Alluvions sableuses calcaires	10	20	1,5	0	30
7	Alluvions limoneuses à limono argileuses calcaires	20	20	1,5	0	30
8	Alluvions argilo-limoneuses à argileuses calcaires	35	20	1,7	0	25
9	Boulbène caillouteuse superficielle	15	0	1,5	25	20
10	Boulbène superficielle	15	0	1,5	0	25
11	Boulbène profonde	15	0	1,5	0	35
12	Boulbène moyenne	15	0	1,5	0	35
13	Argilo-calcaire superficiel (rendosols)	30	20	1,5	0	10
14	Argilo-calcaire profond (calcosols)	33	10	1,7	0	20
15	Argilo-calcaire moyen (calcosols)	33	10	1,6	0	20
16	Argilo-calciques (calcisols)	35	0	2	0	25
17	Argilo-acides (brunisol)	30	0	2	5	25
18	Sols des Causses	30	10	2	30	10
19	Ségala (sols acides limono-sableux à limono-argilo-sableux) à MO élevé	20	0	3	20	60
20	Argilo calcaires à cailloux	30	25	1,5	25	10
21	Argileux acides à cailloux	30	0	1,5	25	15
22	Ségala (sols acides limono-sableux à limono-argilo-sableux) à MO faible	20	0	1,8	20	35

Source : GREN.

► Minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp)

La minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp) est prise en compte uniquement pour la 1<sup>ère</sup> année après destruction de la prairie. Au-delà, celle-ci est considérée comme nulle.

Tableau 11 : Minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp) pour les céréales (hors maïs, sorgho et riz) (en kg N/ha)

Type de production de prairies	Mode d'exploitation	Age de la prairie				
		< 18 mois	2 - 3 ans	4 - 5 ans	6 - 10 ans	> 10 ans
Graminées + légumineuses	Pâturage					
	Pâturage + Fauche	10	30	50	60	70
	Fauche uniquement					
Graminées pures	Pâturage (= pâturage intégral)	10	30	50	60	70
	Pâturage + Fauche	7	31	35	42	49
	Fauche uniquement (= fauche intégrale)	4	12	20	24	28

Source : GREN.

*Nota Bene* : il n'y a pas d'effet azote lorsque la prairie est retournée à l'automne précédent une culture d'été.

► Minéralisation nette de résidus de récolte (Mr)

Tableau 12 : Minéralisation nette de résidus de récolte (Mr)

Précédent	Mr kg N/ha
Ouverture du bilan en sortie d'hiver	
Avoine (printemps et hiver) pailles enlevées	0
Avoine (printemps et hiver) pailles restituées	-20
Blé tendre pailles enlevées	0
Blé tendre pailles restituées	-20
Blé dur pailles enlevées	0
Blé dur pailles restituées	-20
Colza	20
Maïs doux épis + spathes	-10
Maïs doux épis dépouillés	-10
Maïs fourrage	0
Maïs grain	-10
Maïs semence	-10
Orge (hiver ou printemps) pailles enlevées	0
Orge (hiver ou printemps) pailles restituées	-20
Seigle pailles enlevées	0
Seigle pailles restituées	-20
Sorgho ensilage	-10
Sorgho grain	-10
Tournesol	-10
Triticale pailles enlevées	0
Triticale pailles restituées	-20
Pois	20
Féverole	30
Lupin	20
Soja	20

Prairie	0
Culture intermédiaire	0
Luzerne (retournement fin été/début automne) : âge de la luzerne 2 ans	40
Luzerne (retournement fin été/début automne) : âge de la luzerne 3 ans	20
Luzerne (retournement printemps)	0 (Préconisation du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références)
Betterave	20
Carotte	10
Endive	10
Pommes de terre	20
Cultures cynégétiques (mélange graminées/légumineuses ou graminées pures)	0 (Préconisation du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références)

Source : GREN.

### ► Minéralisation nette de résidus de cultures intermédiaires (MrCi)

Tableau 13 : Minéralisation nette de résidus de cultures intermédiaires (MrCi)

Type de culture intermédiaire	Production de la culture intermédiaire <i>t MS/ha</i>	Ouverture du bilan en sortie d'hiver
		Destruction avant semis de la céréale N <i>kg N/ha</i>
Crucifères (moutarde, radis ...)	≤ 1	5
	2 (> 1 et < 3)	10
	≥ 3	15
Graminées de type seigle, avoine	≤ 1	0
	2 (> 1 et < 3)	5
	≥ 3	10
Graminées de type ray-grass	≤ 1	5
	2 (> 1 et < 3)	10
	≥ 3	15
Légumineuses	≤ 1	10
	2 (> 1 et < 3)	20
	≥ 3	30
Hydrophyllacées (Phacélie)	≤ 1	0
	2 (> 1 et < 3)	5
	≥ 3	10
Mélanges graminée/ légumineuses	≤ 1	5
	2 (> 1 et < 3)	13
	≥ 3	20
Mélanges crucifères/ légumineuses	≤ 1	8
	2 (> 1 et < 3)	15
	≥ 3	23

Source : GREN.

### d. Coefficient Apparent d'Utilisation 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 14 : Coefficient Apparent d'Utilisation de l'engrais minéral CAU**

Conditions	CAU
Sol bien structuré, bien drainé et culture bien implantée	0,9
Excès d'eau, Mauvaise structure du sol, Maladies du pied ou précoces sur feuillages	0,8
Cumul de plusieurs causes précédentes Excès d'eau important et fréquent	0,6**

\*\* Ne pas omettre d'adapter l'objectif de rendement à ces conditions.

Source : GREN.

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

Justifier la valeur utilisée.

## e. Exemple de calcul pour N

Tableau 15 : Exemple de calcul de dose à apporter avant semis de triticale

	Cas 1 (Précédent autre que légumineuses et prairies)	Cas 2 (Précédent légumineuses)	Cas 3 (Précédent prairies courte)	Cas 4 (Précédent prairies longues)
Données de l'exemple	<b>Triticale pailles exportées</b> Sol : Argilo-calcaire à cailloux Apport avant semis			
	Précédent : Triticale pailles exportées	Précédent : Luzerne (5 ans)	Précédent : Prairie de 1 à 2 ans, association graminées/légumineuses	Précédent : Prairie de 5 ans (graminées) fauchée et pâturée
<b>Pf</b> = Rendement prévisionnel (N) x Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel	130	130	130	130
Rendement prévisionnel (N) <i>t MS/ha</i>	50	50	50	50
<b>B</b> = Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel, Cf. Tableau 5 <i>kg N/t MS</i>	2,6	2,6	2,6	2,6
<b>Rf</b> Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan <i>kg N/ha</i>	20	20	20	20
<b>Ri + Pi</b> Azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan + Azote absorbée par la culture à l'ouverture du bilan <i>kg N/ha</i>	30	75	45	75
<b>Mh</b> Minéralisation nette de l'humus du sol <i>kg N/ha</i>	10	10	10	10
<b>Mhp</b> Minéralisation nette due à un retournement de prairie <i>kg N/ha</i>	0	50	10	35
<b>Mr</b> Minéralisation nette des résidus de culture <i>kg N/ha</i>	0	0	0	0
<b>MrCi</b> Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire <i>kg N/ha</i>	0	0	0	0
<b>CAU</b>	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>Dose totale prévisionnelle à apporter sur le cycle total de la culture</b> [Pf + Rf – Ri – Mh – Mhp – Mr – MrCi – Nirr] / CAU <i>kg N/ha</i>	= (130 + 20 - 30 - 10 - 0 - 0 - 0 - 0) / 0,9	= (130 + 20 - 75 - 10 - 50 - 0 - 0) / 0,9	= (130 + 20 - 45 - 10 - 10 - 0 - 0) / 0,9	= (130 + 20 - 75 - 10 - 35 - 0 - 0) / 0,9
	<b>= 122</b>	<b>= 17</b>	<b>= 94</b>	<b>= 33</b>
<b>D1 - Dose prévisionnelle à apporter par les boues ou composts de boues</b> <i>kg N efficace/ha</i>	<b>D1 = 50</b>	<b>D1 = 17</b>	<b>D1 = 50</b>	<b>D1 = 33</b>

## 2. Calcul de la dose d'azote à apporter selon la méthode Sud-Est

### a. Formule générale

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

« BESOINS » = Besoins de la culture Pf (kg N/ha)  
+ Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan Rf (kg N/ha)

FOURNITURES = Azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan Ri (kg N/ha)

Source : Annexe 1 de l'arrêté préfectoral régional de 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.

Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

Limiter l'apport d'azote avant semis à 50 kg N efficace/ha.

### AVERTISSEMENTS :

Cette méthode ne propose pas de méthode de calcul pour la dose de boues ou de composts de boues à apporter avant semis des céréales d'hiver. En effet, le raisonnement conseillé par ARVALIS est à prendre en compte à partir de la date d'ouverture du bilan c'est-à-dire sur culture en place. Utiliser toutefois cette formule générale pour le calcul de dose d'azote des boues / composts de boues avant semis.

*Nota Bene* : Méthode paramétrée pour le blé dur en région méditerranéenne et extrapolable aux autres céréales à pailles.

### b. Besoins

« BESOINS » = Besoins de la culture Pf (kg N/ha)  
+ Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan Rf (kg N/ha)

#### ► Besoins de la culture (Pf)

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

Les besoins en azote de la culture sont conditionnés par les objectifs de production (rendement prévisionnel) couplés aux besoins d'azote par unité de production (**Tableau 16**).

**Tableau 16 : Azote à apporter par unité de rendement prévisionnel pour les céréales (hors maïs, sorgho et riz)**

Céréales d'hiver ou de printemps	Azote à apporter par unité de rendement prévisionnel ou Coefficient de production de l'azote (C) kg N/q
Avoine hiver et printemps	2,2
Blé dur	3
Blé tendre améliorant	3
Blé tendre	2,6
Cultures cynégétiques (mélange graminées/légumineuses ou graminées pures)	3 (préconisation du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références)
Orge hiver et printemps	2,2
Seigle	2,3
Triticale	2,3

Source : Arrêté préfectoral régional de 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.

### ► Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan (Rf)

**Rf** = quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan, soit à la récolte de la culture, quantité que les racines n'ont pas été capables d'extraire et qui reste dans le sol après récolte. Elle dépend de la culture, du type de sol et de la profondeur d'enracinement.

= appelé aussi **reliquat azoté final** ou **reliquat d'azote à la récolte** (kg N/ha)

= **80 kg N/ha** (donnée invariable fournie par ARVALIS)

*Nota Bene* : la valeur de 80 kg N/ha est donnée dans l'arrêté du 5 septembre 2012 sans appellation, sans référence à Rf. Le réseau des MESE d'Oc. considère que cette valeur correspond au Rf.

### c. Fournitures (Ri)

**FOURNITURES** = **Azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan Ri** (kg N/ha)  
= Quantité d'azote minéral à l'ouverture du bilan, disponible en début d'hiver, début de croissance active de la culture  
= appelé aussi **reliquat azoté initial** ou **reliquat sortie hiver** (kg N/ha)

- Quand prélever Ri ?

Pour être valables, tous les termes du bilan doivent être calculés/mesurés/évalués à la même date. Ainsi, la période d'ouverture du bilan sera également la période du prélèvement et donc de mesure de Ri.

**Période d'ouverture du bilan azoté retenue = période de mesure de Ri :**

- En début d'hiver (fin novembre – début décembre), au stade 3 feuilles (culture en place) ;

- Peut être décalée à fin janvier – mi-février (sortie d'hiver), au stade épi 1 cm lorsque le reliquat azoté n'a pu être mesuré en début d'hiver ou qu'il doit être révisé à la baisse (pluies).
- Détermination de Ri selon les trois cas de figure A, B ou C

**Cas A :** Ri est mesuré en dosant l'azote nitrique sur 60 cm de profondeur.  
Dosage par l'agriculteur ou un technicien.

**Cas B :** Ri = 40 kg N/ha (niveau moyen minimal les années de reliquats bas).

**Cas C :** Ri peut être estimé à partir d'une tendance climatique régionale diffusée par ARVALIS.

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

Dans les dossiers EPE, extension de périmètres et PPE, prendre Ri = 40 kg N/ha.  
Dans les dossiers BA, utiliser l'un des 3 cas de figures, de préférence le cas A.

#### d. Exemple de calcul pour N

Tableau 17 : Exemple de calcul de dose à apporter avant semis de blé dur

	Blé dur pailles exportées
<b>Pf</b> = Rendement prévisionnel (N) x Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel	150
Rendement prévisionnel (N) <i>t MS/ha</i>	50
Azote à apporter par unité de rendement prévisionnel, (Tableau 16) <i>kg N/t MS</i>	3
<b>Rf</b> Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan <i>kg N/ha</i>	80
<b>Ri</b> Azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan <i>kg N/ha</i>	40
<b>Dose totale prévisionnelle à apporter sur le cycle total de la culture</b> Pf + Rf – Ri <i>kg N/ha</i>	= 150 + 80 - 40  = <b>190</b>
<b>D1 - Dose prévisionnelle à apporter par les boues ou composts de boues</b> <i>kg N efficace/ha</i>	D1 = <b>50</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 18). 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 18 : 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  
(q/ha) (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O/q)

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

Espèce	Organe	Unité pour exportation	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Avoine hiver/printemps</b>	grain (culture N)	kg/q	0,75	0,45
<b>Avoine hiver/printemps</b>	paille (culture N-1)	kg/t MB	3	12
<b>Blé dur</b>	grain (culture N)	kg/q	0,85	0,45
<b>Blé dur</b>	paille (culture N-1)	kg/t MB	1,7	12,3
<b>Blé tendre</b>	grain (culture N)	kg/q	0,65	0,5
<b>Blé tendre</b>	paille (culture N-1)	kg/t MB	1,7	12,3
<b>Cultures cynégétiques (mélange graminées/légumineuses ou graminées pures)</b>	grain (culture N)	kg/q	0,85**	0,45**
<b>Maïs fourrage (ou ensilage)</b>	plante entière (culture N)	kg/t MS	4,2	11,9
<b>Maïs grain</b>	épi entier	kg/q	0,65	0,45
<b>Maïs grain et maïs semence</b>	grain (culture N)	kg/q	0,6	0,55
<b>Méteil grain</b>	grain (culture N)	kg/q	0,67**	0,49**
<b>Méteil grain</b>	paille (culture N-1)	kg/t MB	2**	12**
<b>Méteil ensilé</b>	plante entière (culture N)	kg/t MS	7,3	35,5
<b>Orge hiver/printemps</b>	grain (culture N)	kg/q	0,65	0,55
<b>Orge hiver/printemps</b>	paille (culture N-1)	kg/t MB	1	12,9
<b>Seigle</b>	grain (culture N)	kg/q	0,65	0,45
<b>Seigle</b>	paille (culture N-1)	kg/t MB	3	12
<b>Sorgho</b>	grain (culture N)	kg/q	0,7	0,35
<b>Sorgho fourrager (référence du maïs plante entière ensilée)</b>	plante entière (culture N)	kg/t MS	4,2	11,9
<b>Triticale</b>	grain (culture N)	kg/q	0,65	0,5
<b>Triticale</b>	paille (culture N-1)	kg/t MB	2	10
<b>Riz (Référence CFR 2015)</b>	grain (culture N)	kg/q	1,2	0,5
<b>Riz (Référence CFR 2015)</b>	paille (culture N-1)	kg/q	0,78	2,25
<b>Colza</b>	grain (culture N)	kg/q	1,25	0,85
<b>Colza</b>	paille (culture N-1)	kg/t MB	1,7	14,5
<b>Tournesol</b>	grain (culture N)	kg/q	1,2	1,05

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

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 20**) ;
- 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 20**).

**Tableau 20 : Exigence des céréales (hors maïs, sorgho et riz) 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**

Céréales hiver et printemps	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.
<b>Avoine hiver Avoine printemps</b>	Faiblement exigeante	40	120	40	120	20	45	Faiblement exigeante	40	120
<b>Blé dur</b>	Moyennement exigeante	60	100	80	120	30	80	Faiblement exigeante	40	120
<b>Blé suivant un blé</b>	Moyennement exigeante	60	100	80	120	30	80	Faiblement exigeante	40	120
<b>Blé tendre</b>	Faiblement exigeante	40	120	40	120	20	45	Faiblement exigeante	40	120
<b>Cultures cynégétiques (mélange graminées/légumineuses ou graminées pures)</b>	Moyennement exigeante**	60	100	80	120	30	80	Faiblement exigeante**	40	120
<b>Millet</b>	Moyennement exigeante	60	100	80	120	30	80	Moyennement exigeante	80	120
<b>Orge hiver Orge printemps</b>	Moyennement exigeante	60	100	80	120	30	80	Faiblement exigeante	40	120

Céréales hiver et printemps	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.	Trenf.	Timp.
<b>Seigle</b>	Faiblement exigeante	40	120	40	120	20	45	Faiblement exigeante	40	120	
		Sols acides limoneux ou argileux (boulbènes, alluvions, Ségala) : 120 Sols basiques ou argilo-calcaires (terreforts, alluvions) : 100									
<b>Triticale</b>	Moyennement exigeante	60	100	80	120	30	80	Moyennement exigeante	80	120	
<b>Méteil grain</b>	Moyennement exigeante**	60	100	80	120	30	80	Moyennement exigeante**	80	120	
<b>Méteil ensilé</b>	Moyennement exigeante**	60	100	80	120	30	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, 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'impasse dans les **Tableau 21**, **Tableau 22**, **Tableau 23** et **Tableau 24** (COMIFER, 2009 ; ARVALIS, 1995).

Exemple

**Données utilisées dans l'exemple de calcul en p.30.**

Tableau 21 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour K<sub>2</sub>O appliqués à la récolte principale (céréales hors maïs, sorgho et riz)

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 < 2Timp.	2Timp. < Tba < 3Timp.	Tba > 3Timp.	
<b>Moyennement exigeantes</b>	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	1,2	1	1	0			
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	2,2	1,4	1,2	1	0,5	0	0	
		2,2	1,6	1,4	1,2	1	0,8	0	
<b>Faiblement exigeantes</b>	0 (ou apport tous les ans)	Tba < 40	40 < Tba < 108	108 < Tba < 120	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360	
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,2	1	1		0			
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	1,2	1,1	1	1	1	0	0	
		1,2	1,2	1	1	1	1	0	

Tableau 22 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Joret-Hébert appliqués à la récolte principale (céréales hors maïs, sorgho et riz)

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 < 3 Timp.	2 Timp. < Tba < 3 Timp.	Tba > 3 Timp.
<b>Moyennement exigeantes</b>	0 (ou apport tous les ans)	Tba < 60	60 < Tba < 90	90 < Tba < 100	100 < Tba < 110	110 < Tba < 200	200 < Tba < 300	Tba > 300
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,6	1	1	1	0,8	0	0
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	2	1,7	1,5	1,2	1	0,6	0
	Sols acides limoneux ou argileux (boulbènes, alluvions, Ségala)	Tba < 40	40 < Tba < 108	108 < Tba < 120	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360
<b>Faiblement exigeantes</b>	0 (ou apport tous les ans)	1,3	1	0,8	0	0	0	0
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,6	1	1	1	0,8	0	0
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	1,6	1,2	1	1	0,8	0	0
	Sols basiques ou argilo-calcaires (terreforts, alluvions)	Tba < 40	40 < Tba < 90	108 < Tba < 100	100 < Tba < 110	110 < Tba < 200	200 < Tba < 300	Tba > 300
	0 (ou apport tous les ans)	1,3	1	0,8	0	0	0	0
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,6	1	1	1	0,8	0	0
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	1,6	1,2	1	1	0,8	0	0

Tableau 23 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Dyer appliqués à la récolte principale (céréales hors maïs, sorgho et riz)

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.	Trenf. < Tba < Timp. -10%	Timp. - 10% < Tba < Timp.	Timp. < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2Timp.	2Timp. < Tba < 3Timp.	Tba > 3Timp.	Tba > 360
<b>Moyennement exigeantes</b>	0 (ou apport tous les ans)	1,6	1	1	120	132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,8	1,2	1	1	1	0,8	0	0
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	2	1,7	1,5	1,2	1	1	0,6	0
<b>Faiblement exigeantes</b>	Tba < 40	40 < Tba < 108	108 < Tba < 120	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360		
	0 (ou apport tous les ans)	1,3	1	0,8				0	
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,6	1	1					
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	1,6	1,2	1	1	0,8		0	

Tableau 24 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Olsen appliqués à la récolte principale (céréales hors maïs, sorgho et riz)

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 < 2Timp.	2Timp. < Tba < 3Timp.	Tba > 3Timp.	Tba > 240
Moyennement exigeantes	0 (ou apport tous les ans)	Tba < 30	30 < Tba < 72	72 < Tba < 80	80 < Tba < 88	88 < Tba < 160	240 < Tba < 240	Tba > 240	
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,6	1	1	1	0,8	0	0	
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	1,8	1,2	1,5	1,2	1	0,6	0	
Faiblement exigeantes	0 (ou apport tous les ans)	Tba < 20	20 < Tba < 40,5	40,5 < Tba < 45	45 < Tba < 49,5	49,5 < Tba < 90	90 < Tba < 135	Tba > 135	
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,3	1	0,8					
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	1,6	1	1	1	0,8	0	0	

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

Quand les résidus de culture N-1 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 20.

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

Tableau 25 : Rendements des résidus de culture précédant les céréales à paille

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	-	-
	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

Cf. Tableau 19.

## 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'Oc.

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 26 : Hypothèses de calcul sur triticale

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)
Rotation	Triticale N-1 / Triticale N
Gestion des résidus du triticale (N-1)	Pailles exportées
Rendement prévisionnel du triticale (N)	Grains : 50 q/ha
Passé récent de fertilisation de la parcelle	Apports 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 27 : 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 Tableau 21 et Tableau 22, cas d'un apport tous les 2 ans)	1,2	1,2
④ Rendement prévisionnel q/ha	50	50
⑤ Teneur en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O par unité de rendement de <u>grain</u> kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O/q	0,65	0,5
③ Supplément car exportation des pailles de la culture N-1	8	40
Rendement de pailles (N-1) t/ha	4	4
Teneur en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O par unité de rendement de <u>paille</u> kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O/t	2	10
Doses totales prévisionnelles kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O efficace /ha	$(1,2 \times 50 \times 0,65) + 8$  = 47	$(1,2 \times 50 \times 0,5) + 40$  = 77
Doses prévisionnelles à apporter par les boues ou composts de boues D2 et D3	D2 = 47	D3 = 77
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 D2 validée	<< 400 kg K <sub>2</sub> O /ha D3 validée

## 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 composts de boues kg N efficace/ha	<b>D2 :</b> dose prévisionnelle de phosphore à apporter par les boues ou composts 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 4</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 5</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. Le calcul devra être accompagné 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>Rotation</b>	Triticale (N-1) / Triticale (N)				
<b>Gestion des résidus du triticale (N-1)</b>	Pailles exportées Rendement de pailles réalisé : 4 t/ha				
<b>Rendement prévisionnel du triticale (N)</b>	Grains : 50 q/ha				
Teneurs du sol		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Joret-Hébert	K <sub>2</sub> O	
<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).				
Teneurs des boues		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Matière sèche
<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
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	0,4	1	1
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	0,4	0,7	1
Cas C : Apport tous les 2 ans pour respecter les préconisations d'apport en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O pour les années N et N+1	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
Exemple du triticale avec un rendement de 50 q/ha	Dose prévisionnelle à apporter sur le cycle total de la culture		
	Dose à apporter par les boues		
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	122	50	$(1 \times 50 \times 0,65) + (4 \times 2) = 41$
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	122	50	$(1 \times 50 \times 0,5) + (4 \times 10) = 65$
		47	77

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		
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	$50 / (13,6 \times 0,4) = 9,2$	$40,5 / (8,8 \times 1) = 4,6$	$65 / (0,83 \times 1) = 78,3$	$50 / (68,4 \times 0,4) = 1,8$	$40,5 / (44,1 \times 1) = 0,9$	$65 / (4,1 \times 1) = 15,8$
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	$50 / (13,6 \times 0,4) = 9,2$	$47 / (8,8 \times 0,7) = 7,6$	$77 / (0,83 \times 1) = 92,8$	$50 / (68,4 \times 0,4) = 1,8$	$47 / (44,1 \times 0,7) = 1,5$	$77 / (4,1 \times 1) = 18,8$

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	4,6	0,9	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	7,6	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
<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>	$4,6 \times 13,6 \times 0,4$ = <b>25,0</b>	$4,6 \times 8,8 \times 1$ = <b>40,5</b>	$4,6 \times 0,83 \times 1$ = <b>3,8</b>
<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>	$7,6 \times 13,6 \times 0,4$ = <b>41,3</b>	$7,6 \times 8,8 \times 0,7$ = <b>46,8</b>	$7,6 \times 0,83 \times 1$ = <b>6,3</b>

## 6. Fertilisation complémentaire pour l'année N

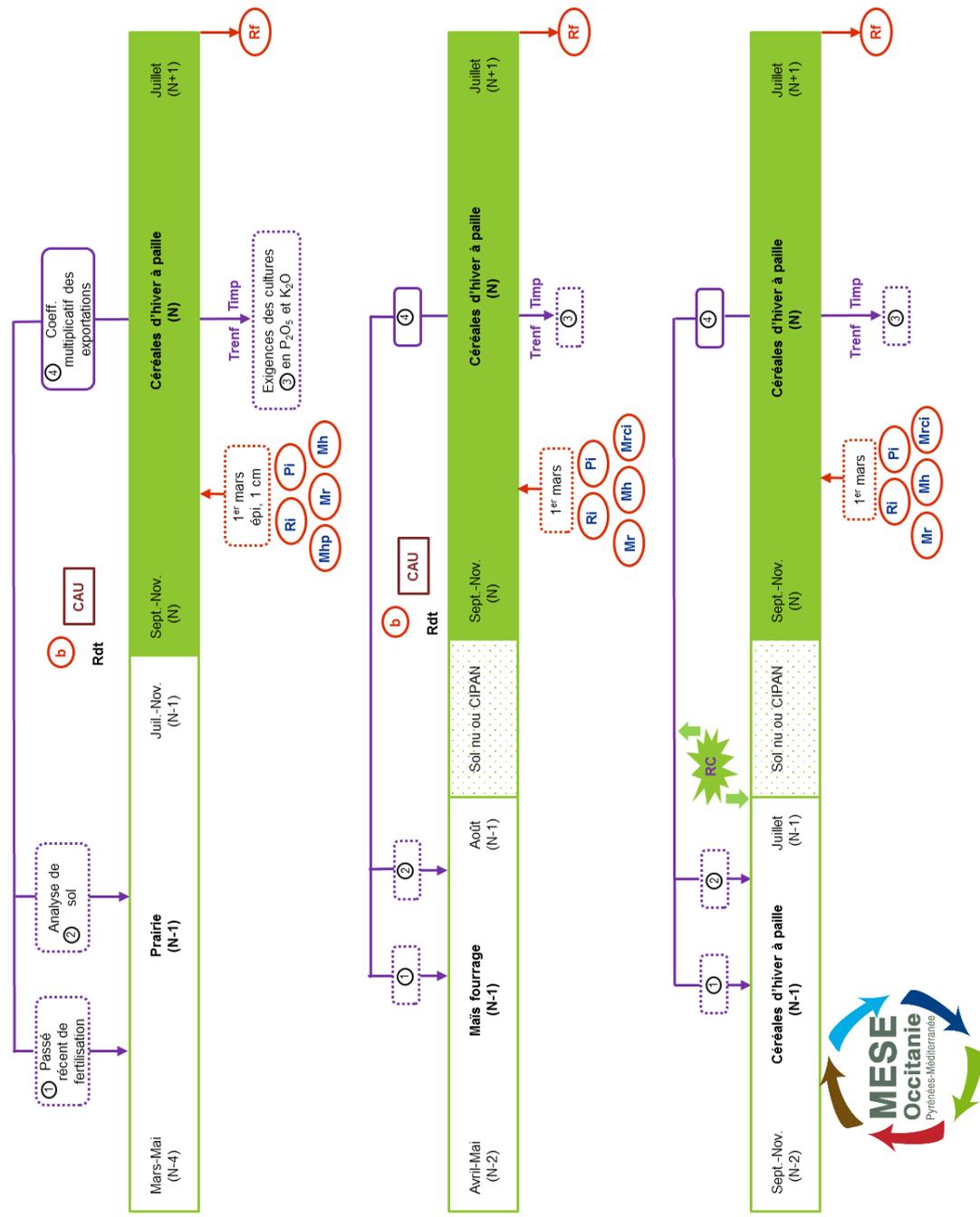
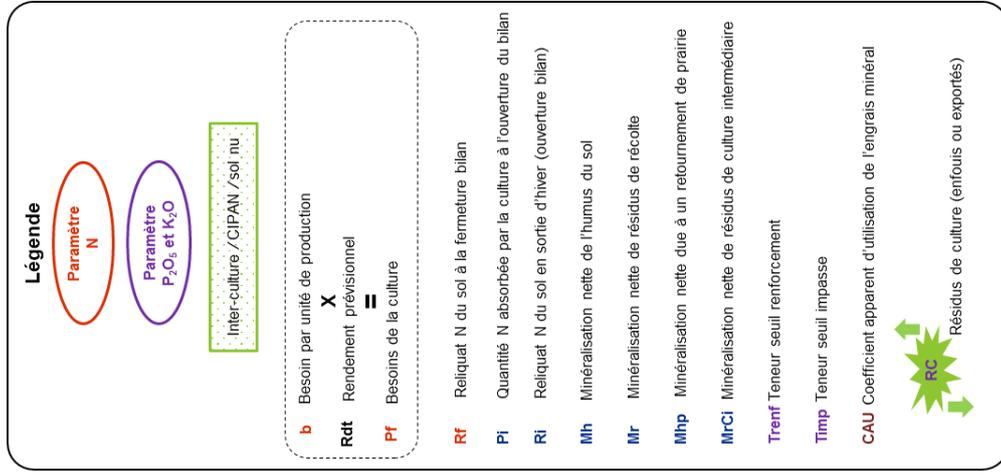
En kg efficace/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O pour l'année N</b>	$122 - 25$ = <b>97</b>	$40,5 - 40,5$ = <b>0</b>	$65 - 3,8$ = <b>61</b>
<b>Cas B : Apport tous les 2 ans 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>	$122 - 41,3$ = <b>81</b>	$47 - 46,8$ = <b>0</b>	$77 - 6,3$ = <b>71</b>

## 7. Conclusion

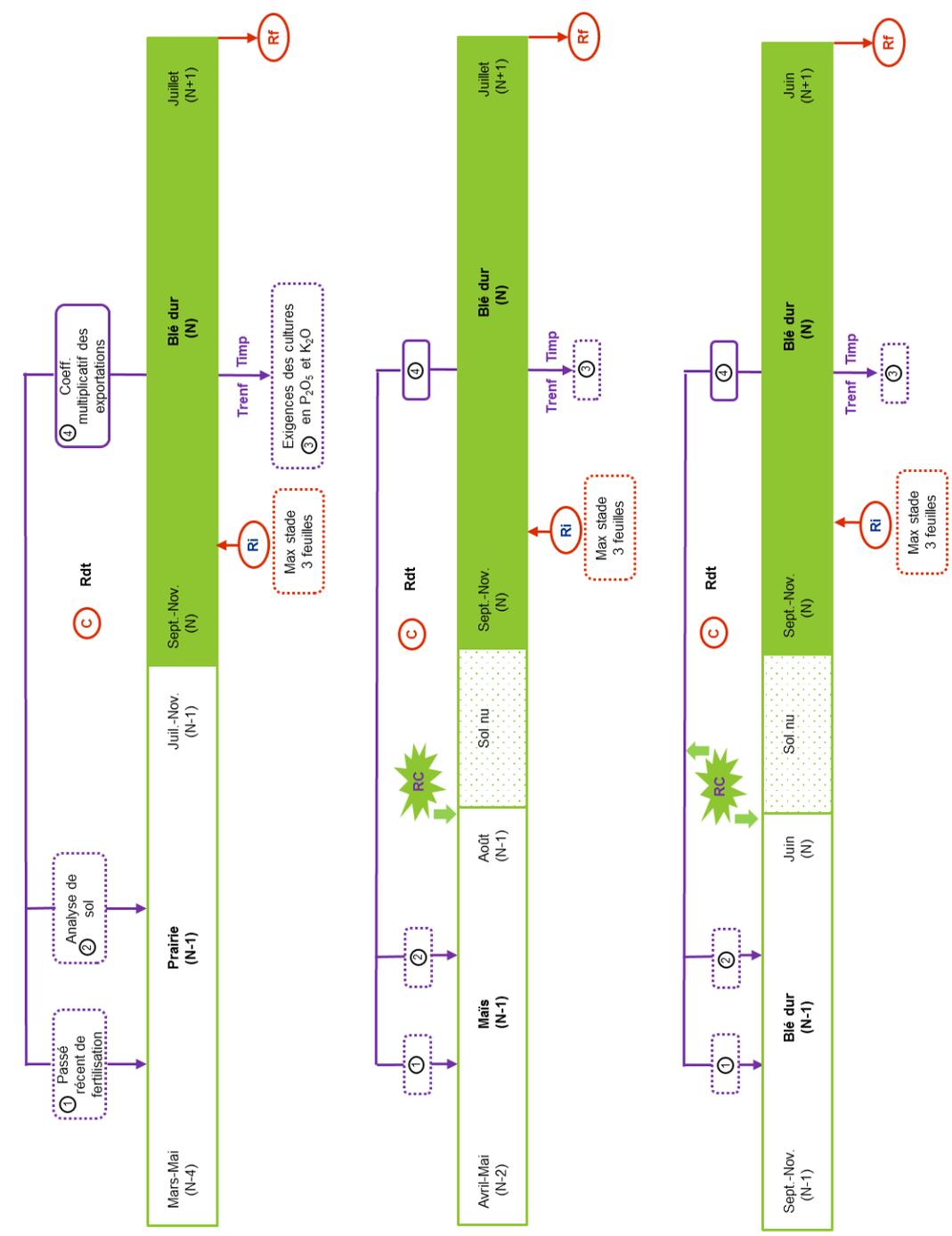
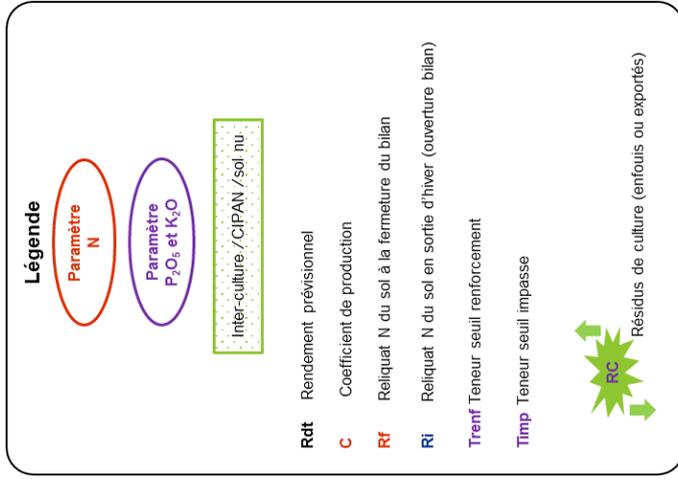
Avec les données de cet exemple, les cas A et B diffèrent peu en termes d'apports d'éléments fertilisants. Dans ces deux cas, la fertilisation complémentaire en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> devra être nulle en année N (c'est-à-dire, l'année suivant les épandages). A noter que pour des sols non carencés, le cas B est le plus intéressant car il permet d'éviter des apports annuels sur les parcelles en privilégiant une fréquence de retour des boues de deux ans. En outre, la dose plus élevée apportée dans le cas B tient davantage compte des contraintes techniques de l'épandage.

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 céréales (11, 48)



# Schéma de synthèse du raisonnement de la fertilisation des céréales (30, 34, 66)



## 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 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</b>	<b>: METHODES DE CALCUL DE LA DOSE PREVISIONNELLE D'AZOTE A UTILISER .....</b>	<b>45</b>
<b>ANNEXE 2</b>	<b>: LE BILAN AZOTE ET SES DIFFERENTS POSTES EN CULTURES ANNUELLES .....</b>	<b>47</b>
<b>ANNEXE 3</b>	<b>: MODALITES DE CALCUL DU RELIQUAT AZOTE ET AZOTE DEJA ABSORBE A L'OUVERTURE DU BILAN (RI + PI) – METHODE SUD-OUEST .....</b>	<b>49</b>
<b>ANNEXE 4</b>	<b>: COEFFICIENT D'EQUIVALENCE ENGRAIS AZOTE MINERAL EFFICACE (KEQ N) .....</b>	<b>58</b>
<b>ANNEXE 5</b>	<b>: 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>62</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, 1 <sup>er</sup> 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> <p><b>Le réseau des MESE d'Oc. 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></p>	Au plus tard au semis (fin avril – début mai)	(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

Cultures ou prairies	Méthode de calcul de la dose prévisionnelle d'azote	Période d'ouverture du bilan azoté	Références
<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

### 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 :

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

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

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)
G <sub>x</sub>	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. Céréales : Écriture simplifiée du bilan

Formule pour céréales à pailles (méthode ARVALIS récente intégrée dans l'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.re de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.)

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

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.**

Le paramètre Nirr est considéré comme négligeable sur céréales dans la méthode Sud-Ouest.

Formule pour céréales à pailles (méthode ARVALIS intégrée dans l'arrêté régional de 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.)

$$X + Xa = (Pf + Rf) - Ri$$

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.**

Le paramètre Nirr est considéré comme négligeable sur céréales dans la méthode Sud-Est.

Les paramètres Pi, Mh, Mhp, Mr, MrCi sont intégrés dans le poste Ri dans la méthode Sud-Est.

Le CAU a pour valeur 1.

*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 : Modalités de calcul du reliquat azoté et azote déjà absorbé à l'ouverture du bilan (Ri + Pi) – Méthode Sud-Ouest

Date d'ouverture du bilan azoté du précédent : au plus tard à la date de semis de la culture du précédent.

Plusieurs cas sont possibles en fonction de la nature du précédent :

- Cas 1 : précédent autre que légumineuses et prairies
- Cas 2 : légumineuses
- Cas 3 : prairie ou jachère.

### 1 • Cas 1 : Précédent autre que légumineuses et prairies

$Ri = APL - \text{Lixiviation hivernale} + \text{Minéralisation nette hivernale de l'humus} - Pi^{**}$

\*\*Le paramètre Pi est comptabilisé dans le Ri calculé

Soit

$Ri + Pi = APL - \text{Lixiviation hivernale} + \text{Minéralisation nette hivernale de l'humus}$

Avec APL : Azote Potentiellement Lixivable = quantité d'azote minéral présent dans le sol à l'entrée de l'hiver, dépendant de la nature du précédent et susceptible d'être lixivié.

#### a. Calcul de l'APL

$APL = (A + Am + Ao + MhpPrécédent + MrCiPrécédent - \text{Azote consommé par le précédent})$   
 x Coeff de correction d'un excès d'azote du bilan de la culture précédente  
 + Azote organique apporté avant ouverture du bilan

Tableau 28 : Calcul de l'APL

	Calcul des valeurs
① A Azote fourni à la culture précédente par la minéralisation kg N/ha	<b>Avec A : valeur annuelle publiée dans l'arrêté complémentaire au 1<sup>er</sup> février de chaque année.</b> <b>Elle est valable pour toute la région ex-Midi-Pyrénées</b> et par simplification dans l'attente de références pour le territoire Languedoc-Roussillon (préconisations du réseau des MESE d'Oc.). En l'absence de données, se reporter au <b>Tableau 29</b> .  Pour information, la formule de calcul : $A = 0,102 \times \text{somme (ETP}^* - P) + 0,073 \times \text{somme de T}^\circ - 170$ Cette relation statistique a été établie et ne peut être utilisée qu'à partir des données météo de la station de <b>Toulouse Blagnac</b> . Elle est validée annuellement par un réseau régional de reliquat à l'entrée de l'hiver avant le début de la lixiviation hivernale.
② Am Azote minéral apporté au précédent kg N/ha	D'après le cahier d'épandage de l'agriculteur
③ Ao Apport d'azote organique au précédent kg N/ha	Equivalent engrais minéral azote organique <u>apporté au précédent</u> = % Ntot x Q (quantité totale apportée d'après déclaration de l'agriculteur) x Keq N sur cycle de la culture précédente Keq N sur cycle de la culture précédente donné en <b>Annexe 4</b> .

Calcul des valeurs	
<b>④ Mhp Précédent</b> Effet d'un retournement de prairie avant le précédent kg N/ha	Prendre la valeur Mhp du <b>Tableau 30</b> .
<b>⑤ MrCi Précédent</b> Contribution d'une culture intermédiaire avant le précédent kg N/ha	Prendre la valeur MrCi du <b>Tableau 31</b> .
<b>⑥ Azote consommé par le précédent</b> kg N/ha	N consommé par le précédent = rendement réalisé déclaré par l'agriculteur x N absorbé par unité de production  Prendre les valeurs de N absorbé par unité de production du précédent dans le <b>Tableau 32</b> .
<b>⑦ Coefficient de correction d'un excès d'azote du bilan de la culture précédente</b>	Pour intégrer les effets d'excès de bilan du précédent, la quantité d'azote disponible après la récolte du précédent doit être multipliée par les coefficients suivants : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si précédent = céréales, prendre 0,27</li> <li>- Si précédent = maïs, sorgho, prendre 0,48</li> <li>- Si précédent = autres cultures que céréales, maïs et sorgho, prendre 0,4.</li> </ul> <p><i>Source : Tableau 5 de l'annexe 16 de l'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.</i></p>
<b>⑧ Azote organique apporté avant ouverture du bilan du précédent</b> kg N/ha	Equivalent engrais minéral d'un produit organique apporté à l'automne = % Ntot x Q (quantité totale apportée) x Keq N  Keq N du produit organique apporté <u>avant ouverture du bilan</u> du précédent donné en <b>Annexe 4</b>
<b>APL Azote Potentiellement Lixivable</b> kg N/ha	$APL = [(1) + (2) + (3) + (4) + (5)] - (6) \times (7) + (8)$

**Tableau 29 : Valeur de A, azote fourni à la culture précédente par la minéralisation**

Conditions climatiques de l'année précédente	A kg N/ha
Printemps et été chauds	140
Année normale	100
Année froide avec été pluvieux	60

*Source : Annexe 2 de l'arrêté préfectoral régional de 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.*

**Tableau 30 : Minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp) (en kg N/ha)**

Type de production de prairies	Mode d'exploitation	Age de la prairie				
		< 18 mois	2 - 3 ans	4 - 5 ans	6 - 10 ans	>10 ans
Graminées + légumineuses	Pâturage					
	Pâturage + Fauche	10	30	50	60	70
	Fauche uniquement					
Graminées pures	Pâturage (= pâturage intégral)	10	30	50	60	70
	Pâturage + Fauche	7	21	35	42	49
	Fauche uniquement (= fauche intégrale)	4	12	20	24	28

*Source : Annexe 2 de l'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.*

**Nota Bene** : il n'y a pas d'effet azote lorsque la prairie est retournée à l'automne précédent une culture d'été.

**Tableau 31 : Minéralisation nette de résidus de cultures intermédiaires (MrCi)**

Type de culture intermédiaire	Production de la culture intermédiaire t MS/ha	Ouverture du bilan en sortie d'hiver
		Destruction avant semis de la céréale N ha
Crucifères (moutarde, radis ...)	≤ 1	5
	2 (> 1 et < 3)	10
	≥ 3	15
Graminées de type seigle, avoine	≤ 1	0
	2 (> 1 et < 3)	5
	≥ 3	10
Graminées de type ray-grass	≤ 1	5
	2 (> 1 et < 3)	10
	≥ 3	15
Légumineuses	≤ 1	10
	2 (> 1 et < 3)	20
	≥ 3	30
Hydrophyllacées (Phacélie)	≤ 1	0
	2 (> 1 et < 3)	5
	≥ 3	10
Mélanges graminée/ légumineuses	≤ 1	5
	2 (> 1 et < 3)	13
	≥ 3	20
Mélanges crucifères/ légumineuses	≤ 1	8
	2 (> 1 et < 3)	15
	≥ 3	23

Source : Annexe 2 de l'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.

**Tableau 32 : Azote absorbé par unité de rendement par le précédent**

Précédent	Azote absorbé par unité de rendement du précédent kg N/q ou t MS
Ouverture du bilan en sortie d'hiver	
Avoine (printemps et hiver) pailles enlevées	2,5
Avoine (printemps et hiver) pailles restituées	2,8
Blé tendre pailles enlevées	3
Blé tendre pailles restituées	3,3
Blé dur pailles enlevées	3,7
Blé dur pailles restituées	4
Colza	6
Maïs doux épis + spathes	10
Maïs doux épis dépouillés	12
Maïs fourrage	12
Maïs grain	2,5
Maïs semence	5,7
Orge (hiver ou printemps) pailles enlevées	2,5
Orge (hiver ou printemps) pailles restituées	2,8
Seigle pailles enlevées	2,3
Seigle pailles restituées	2,6
Sorgho ensilage	13
Sorgho grain	2,8
Tournesol	4
Triticale pailles enlevées	2,6
Triticale pailles restituées	2,9

Précédent	Azote absorbé par unité de rendement du précédent kg N/q ou t MS
Ouverture du bilan en sortie d'hiver	
Pois	0
Féverole	0
Lupin	0
Soja	0
Prairie	0
Culture intermédiaire	0
Luzerne (retournement fin été/début automne) : âge de la luzerne 2 ans	0
Luzerne (retournement fin été/début automne) : âge de la luzerne 3 ans	0
Luzerne (retournement printemps)	0
Betterave	220 kg/ha
Carotte	100 à 165 kg/ha (suivant cycle)
Endive	90 à 185 kg/ha (suivant variété)
Pommes de terre	100 à 250 kg/ha (suivant date plantation)
Cultures cynégétiques (mélange graminées/légumineuses ou graminées pures)	3 (préconisation du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références)

Source : Tableau 4-a de l'annexe 16 de l'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.

## b. Estimation de Ri+Pi à partir de l'APL et du cumul de pluie hivernale

La lixiviation hivernale et la minéralisation nette hivernale de l'humus ont été modélisées pour les types de sol de la région ex-Midi-Pyrénées, qui seront prises comme références pour la région ex-Languedoc-Roussillon, dans l'attente de nouvelles références.

L'estimation du terme Ri+Pi se fait en utilisant les abaques de Ri pour chaque type de sol du territoire Midi-Pyrénées en fonction :

- de l'APL calculé (en kg N/ha),
- du cumul de pluie hivernale entre le 01/10 et le 01/03 (en mm). (cf. Tableau 33).

Tableau 33 : Estimation de Ri+Pi à partir de l'APL et du cumul de pluie hivernale

Ri + Pi (Cultures d'été) en kg N/ha	APL = Azote Potentiellement Lixiviable (en kg N/ha)	Cumul de pluie entre le 01/10 et le 01/03 (en mm)								
		150	200	250	300	350	400	450	500	600
Alluvions argilo- limoneuses à argileuses / Alluvions limoneuses à argilo-limoneuses : Sols N°3 et 4	0	34	34	34	34	33	31	29	27	25
	20	46	46	46	43	39	35	32	29	25
	40	62	62	62	53	45	40	35	31	26
	60	77	77	77	65	53	45	39	34	27
	80	93	93	93	79	63	51	43	36	27
	100	109	109	109	97	74	58	47	39	28
	120	125	125	125	119	87	66	52	42	29
	140	140	140	140	134	102	75	57	45	30
Argilo-calcaïque : Sols N° 16	0	33	33	33	33	30	28	26	24	23
	20	42	42	42	40	36	32	29	27	23
	40	59	59	59	49	42	37	33	29	23
	60	75	75	75	61	50	43	37	32	23
	80	91	91	91	75	60	49	42	36	23
	100	108	108	108	92	71	57	47	39	23
	120	124	124	124	114	85	66	53	43	23

	140	140	140	140	140	101	76	59	48	23
Boulbène superficielle / Boulbène moyenne : Sols N° 10 et 12	0	35	35	35	35	34	31	30	28	26
	20	46	46	46	44	39	35	32	29	26
	40	62	62	62	54	46	39	34	31	26
	60	78	78	78	66	53	44	37	32	26
	80	95	95	95	81	62	49	40	33	26
	100	111	111	111	99	72	55	43	35	26
	120	127	127	127	121	84	61	46	36	26
	140	143	143	143	135	98	68	50	38	26
Boulbène profonde : Sol N°11	0	36	36	36	34	31	29	28	26	24
	20	45	45	45	41	36	32	29	26	24
	40	61	61	61	50	41	35	30	27	24
	60	76	76	76	60	47	38	32	27	24
	80	91	91	91	73	54	42	34	27	24
	100	106	106	106	88	62	46	35	28	24
	120	122	122	122	106	71	50	37	28	24
	140	137	137	137	128	81	55	39	28	24
Argileux acides à cailloux / Argilo-acides Sols N° 17 et 21	0	28	28	28	28	28	27	25	24	21
	20	38	38	38	38	37	33	30	27	23
	40	55	55	55	55	47	40	35	31	26
	60	71	71	71	71	59	49	42	36	28
	80	88	88	88	88	75	60	50	42	31
	100	104	104	104	104	95	74	59	48	34
	120	121	121	121	121	120	90	69	55	37
	140	137	137	137	137	137	110	82	63	41
Boulbène caillouteuse superficielle / Alluvions caillouteuses / Ségala à faible MO Sols N° 9, 1et 22	0	32	29	28	26	25	24	24	23	22
	20	42	36	32	29	26	24	24	23	22
	40	59	45	37	31	27	24	24	23	22
	60	76	56	42	34	28	24	24	23	22
	80	93	69	49	37	29	24	24	23	22
	100	109	85	56	40	30	24	24	23	22
	120	126	105	65	43	31	24	24	23	22
	140	143	131	74	47	32	24	24	23	22
Alluvions sableuses / Alluvions sableuses calcaires Sols N° 2 et 6	0	35	30	28	27	26	25	24	23	22
	20	41	38	33	29	27	25	24	23	22
	40	57	47	38	32	28	25	24	23	22
	60	72	60	45	36	30	25	24	23	22
	80	88	75	53	39	31	25	24	23	22
	100	103	95	62	44	32	25	24	23	22
	120	119	110	72	48	34	25	24	23	22
	140	135	126	85	53	36	25	24	23	22
Ségala (à MO élevé) Sol N° 19	0	35	35	33	31	30	29	28	26	23
	20	51	51	39	35	32	30	28	26	23
	40	68	68	48	40	35	31	28	26	23
	60	85	85	57	46	38	32	28	26	23
	80	102	102	69	52	41	33	28	26	23
	100	119	119	84	59	44	34	28	26	23
	120	136	136	101	67	47	35	28	26	23
	140	152	152	123	76	51	36	28	26	23
Argilo-calcaire profond Sol N° 14	0	28	28	28	28	27	26	25	24	23
	20	38	38	38	38	33	31	29	27	24
	40	54	54	54	54	42	37	33	30	25
	60	71	71	71	71	52	44	38	33	26
	80	87	87	87	87	65	52	43	37	28
	100	104	104	104	104	81	63	50	41	29
	120	120	120	120	120	101	75	57	45	30
	140	137	137	137	137	126	89	66	50	31

Argilo-calcaire superficiel / Alluvions caillouteuses calcaires Sols N° 13 et 5	0	28	28	28	28	28	27	26	25	24
	20	38	38	38	38	35	32	30	28	26
	40	54	54	54	54	44	39	35	32	27
	60	71	71	71	71	55	47	41	36	29
	80	88	88	88	88	6	56	47	40	30
	100	104	104	104	104	8	68	55	45	32
	120	124	124	124	114	85	66	53	43	23
	140	140	140	140	140	101	76	59	48	23
Argilo-calcaire moyen / Argilo-calcaire à cailloux Sols N° 15 et 20	0	22	22	22	22	22	22	22	21	20
	20	33	33	33	33	31	29	26	25	22
	40	49	49	49	49	41	36	32	28	23
	60	65	65	65	65	54	45	38	32	25
	80	82	82	82	82	72	56	45	37	27
	100	98	98	98	98	94	70	54	43	29
	120	124	124	124	114	85	66	53	43	23
	140	140	140	140	140	101	76	59	48	23
Alluvions argilo-limoneuses à argileuses calcaires / Alluvions limoneuses à limono argileuses calcaires Sols N° 7 et 8	0	26	26	26	26	26	25	24	23	22
	20	36	36	36	36	33	30	28	26	23
	40	52	52	52	52	41	36	32	29	25
	60	69	69	69	69	51	43	37	33	26
	80	85	85	85	85	65	52	43	37	27
	100	101	101	101	101	81	63	50	41	29
	120	124	124	124	114	85	66	53	43	23
	140	140	140	140	140	101	76	59	48	23
Sols de Causses Sol N° 18	0	23	23	21	20	19	19	18	18	17
	20	30	30	26	23	20	19	18	18	17
	40	48	39	31	25	21	19	18	18	17
	60	66	51	36	28	22	19	18	18	17
	80	84	67	43	31	23	19	18	18	17
	100	102	87	52	34	24	19	18	18	17
	120	124	124	124	114	85	66	53	43	23
	140	140	140	140	140	101	76	59	48	23

Source : Tableaux 6 de l'annexe 16 de l'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.

## 2. Cas 2 : Précédent légumineuses

$R_i = APL - \text{Lixiviation hivernale} + \text{Minéralisation nette hivernale de l'humus} - P_i^{**}$

\*\*Le paramètre  $P_i$  est comptabilisé dans le  $R_i$  calculé

Soit

$R_i + P_i = APL - \text{Lixiviation hivernale} + \text{Minéralisation nette hivernale de l'humus}$

Avec APL : Azote Potentiellement Lixivable = quantité d'azote minéral présent dans le sol à l'entrée de l'hiver, dépendant de la nature du précédent et susceptible d'être lixivié.

## a. Calcul de l'APL

Tableau 34 : APL dans le cas d'un précédent légumineuses

Type de précédent à base de légumineuses	APL kg N/ha	Valeur de A Azote fourni à la culture précédente par la minéralisation kg N/ha
Pois	$(30 + 0,5 \times A) + ⑧$	<p><b>Avec A : valeur annuelle publiée dans l'arrêté complémentaire au 1<sup>er</sup> février de chaque année.</b></p> <p><b>Elle est valable pour toute la région ex-Midi-Pyrénées</b> et par simplification dans l'attente de références pour le territoire Languedoc-Roussillon (préconisations du réseau des MESE d'Oc.). En l'absence de données, se reporter au Tableau 29.</p> <p>Pour information, la formule de calcul :</p> $A = 0,102 \times \text{somme (ETP - P)} + 0,073 \times \text{somme de T}^\circ - 170$ <p>Cette relation statistique a été établie et ne peut être utilisée qu'à partir des données météo de la station de <b>Toulouse Blagnac</b>. Elle est validée annuellement par un réseau régional de reliquat à l'entrée de l'hiver avant le début de la lixiviation hivernale.</p>
Féverole Lupin	$(20 + 0,4 \times A) + ⑧$	
Soja	$(20 + 0,3 \times A) + ⑧$	

Source : Annexe 2 de l'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.

## b. Estimation de Ri+Pi à partir de l'APL et du cumul de pluie hivernale entre le 01/10 et le 01/03

Idem au cas 1 (Tableau 33).

## 3. Cas 3 : Précédent prairie ou jachère

**Ri** = APL - Lixiviation hivernale + Minéralisation nette hivernale de l'humus – Pi\*\*

\*\*Le paramètre Pi est comptabilisé dans le Ri calculé

Soit

**Ri + Pi** = APL - Lixiviation hivernale + Minéralisation nette hivernale de l'humus

Avec APL : Azote Potentiellement Lixivable = quantité d'azote minéral présent dans le sol à l'entrée de l'hiver, dépendant de la nature du précédent et susceptible d'être lixivié.

## a. Calcul de l'APL

Tableau 35 : APL dans le cas d'un précédent prairie ou jachère

Précédent : prairie ou jachère	APL kg N/ha	Valeurs de kp pour les prairies		APL simplifié kg N/ha	Valeur de A Azote fourni à la culture précédente par la minéralisation kg N/ha	
Prairie de 1 à 2 ans	25 x kp+ (0,3 x A) + ⑧	Prairie toujours pâturée	kp = 1	25 + (0,3 x A) + ⑧	<p><b>Avec A : valeur annuelle publiée dans l'arrêté complémentaire au 1<sup>er</sup> février de chaque année. Elle est valable pour toute la région ex-Midi-Pyrénées</b> et par simplification dans l'attente de références pour le territoire Languedoc-Roussillon (préconisations du réseau des MESE d'Oc.). En l'absence de données, se reporter au <b>Tableau 29.</b></p> <p>Pour information, la formule de calcul : A = 0,102 x somme (ETP - P) + 0,073 x somme de T° - 170</p> <p>Cette relation statistique a été établie et ne peut être utilisée qu'à partir des données météo de la station de <b>Toulouse Blagnac</b>. Elle est validée annuellement par un réseau régional de reliquat à l'entrée de l'hiver avant le début de la lixiviation hivernale.</p>	
		ou				Associations graminées + légumineuses
		Prairie fauchée et pâturée				kp = 0,7
Prairie toujours fauchée	kp = 0,4	10 + (0,3 x A) + ⑧				
Prairie de 3 à 6 ans	75 x kp+ (0,3 x A) + ⑧	Prairie toujours pâturée	kp = 1	75 + (0,3 x A) + ⑧		
		ou				Associations graminées + légumineuses
		Prairie fauchée et pâturée				kp = 0,7
Prairie toujours fauchée	kp = 0,4	30 + (0,3 x A) + ⑧				
Prairie de plus de 6 ans	100 x kp+ (0,3 x A) + ⑧	Prairie toujours pâturée	kp = 1	100 + (0,3 x A) + ⑧		
		ou			Associations graminées + légumineuses	
		Prairie fauchée et pâturée			kp = 0,7	70 + (0,3 x A) + ⑧
Prairie toujours fauchée	kp = 0,4	40 + (0,3 x A) + ⑧				
Jachère annuelle de graminées	10 + (0,4 x A) + ⑧			10 + (0,4 x A) + ⑧		
Jachère annuelle de légumineuses Jachère pluriannuelle	20 + (0,4 x A) + ⑧			20 + (0,4 x A) + ⑧		

Source : Annexe 2 de l'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.

## b. Estimation de Ri+Pi à partir de l'APL et du cumul de pluie hivernale entre le 01/10 et le 01/03

Idem au cas 1 (Tableau 33).

## 4. Exemples de calculs du Ri + Pi

Tableau 36 : Exemples de calcul du Ri + Pi

	Cas 1	Cas 2	Cas 3
Hypothèses	Sol argilo-calcaire profond. Pluviosité entre le 1er octobre et le 1er mars = 350 mm Conditions climatiques de l'année précédente : Année normale		
	Précédent Blé dur pailles exportées, rendement 50 q/ha avec un apport de 100 kg d'azote minéral.	Précédent : Pois	Prairie de 1 à 2 ans, fauchée et pâturée.
<b>APL</b> Reliquat d'azote au 1er octobre kg N/ha	$APL = [(1) + (2) + (3) + ((4) \text{ ou } (5)) - (6)] / x (7) + (8)$ $APL = [100 + 100 + 0 + 0 \text{ ou } 0 - (3,7 \times 50)] \times 0,27 + 0$ <p style="text-align: center;"><b>APL = 4,05</b></p>	$APL = 30 + 0,5 \times 100 + 0$ <p style="text-align: center;"><b>APL = 80</b></p>	$APL = 25 \times 0,7 + 0,3 \times 100 + 0$ <p style="text-align: center;"><b>APL = 47,5</b></p>
<b>Ri + Pi</b> kg N/ha	<b>28</b>	<b>65</b>	<b>47,5</b>

## Annexe 4 : 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>1</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	Fin été/automne	Sortie hiver/printemps	Fin d'été/automne avant CIPAN (ex : maïs)	Été/automne (ex : maïs)	Printemps <sup>2</sup> (ex : sorgho, riz, tournesol)	Automne/hiver	Printemps	Automne/hiver	Printemps	Automne/hiver	Printemps
Boues activées liquides urbaines (C/N = 4,9)	0,37	0,25	0,4	0,35	0,35	0,35	0,45	automne : 0,3 sortie hiver : 0,45	0,35	0,3	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	0,25	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	0,4	0,4	0,4	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
Boues activées pâteuses filtre à	0,4	0,2	0,3	0,35	0,35	0,4	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35

<sup>1</sup> par abus de langage appelé aussi culture d'"automne

<sup>2</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>1</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	Fin été/ automne	Sortie hiver/ printemps	Fin d'été/ automne avant CIPAN (ex : maïs)	Été/ automne (ex : maïs)	Printemps <sup>2</sup> (ex : sorgho, riz, tournesol)	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps			
bandes (C/N = 5,2)																	
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
Boues activées lits à rizophytes (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	0,4	0,4
Boues activées déshydratées chauffées (C/N = 5,3)		0,35	0,35	0,15	0,15	0,15	0,35	0,3	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3
Boues activées séchées (C/N = 6,0)		0,35	0,2	0,2	0,2	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3
Autres boues Boues lit bactérien disque biologique liquides (C/N = 7,5)		0,3	0,15	0,15	0,15	0,25	0,25	0,3	0,3	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

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>1</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	Fin été/ automne	Sortie hiver/ printemps	Fin d'été/ automne avant CIPAN (ex : maïs)	Été/ automne (ex : maïs)	Printemps <sup>2</sup> (ex : sorgho, riz, tournesol)	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps	
Boues lit bactérien déshydratées chaulées (C/N = 5)	0,3	0,15	0,15	0,15	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
	0,3	0,15	0,15	0,15	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
	0,3	0,15	0,15	0,15	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
	0,3	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	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	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	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
	Boues digérées	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
		0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

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>1</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>2</sup> (ex : sorgho, riz, tournesol)	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps
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
Boues digérées anaérobies déshydratées chaulées (C/N = 6,0)		0,3	0,15	0,2	0,2	0,3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Boues digérées anaérobies séchées (C/N = 6,1)		0,3	0,15	0,2	0,2	0,3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
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

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 5: 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					
			Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mini	Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> maxi	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.	Année 2	
Boues biologiques	liquides	biologiques	0,72	1	0,86	0,7	0,28	1
Boues biologiques	pâteuses (20 % MS)	biologiques	0,72	1	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	1	0,94	0,9	0,13	1
Boues biologiques		biologiques traitées aux sels de fer ou aux sels de fer/chaulées	0,83	1	0,92	0,8	0,17	1
Boues biologiques	liquides ou pâteuses	biologiques digérées	0,41	1	0,71	0,4	0,59	1
Boues biologiques	solides ou sèches	biologiques digérées conditionnées thermiquement	0,37	0,75	0,56	0,4	0,63	1
Boues biologiques		biologiques digérées traitées aux sels de fer ou aux sels de fer/chaulées	0,63	0,89	0,76	0,6	0,37	1
Boues physico-chimiques		physico-chimiques traitées aux sels de fer ou aux sels de fer/chaulées	0,83	0,93	0,88	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.					1
Autres types de boues			Préconisations du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références.					1
Composts de boues		compostés avec déchets verts ou sciures de bois	0,55	0,91	0,73	0,55	0,45	1

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











## 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 :

