



# 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 RIZ



## 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 :

Thierry PIANETTI	Chambre d'agriculture du Gard
Cyrille THOMAS	Centre Français du Riz

## 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 • CONTEXTE .....	3
2 • CALENDRIER D'OCCUPATION ET PERIODES D'APPORT PRECONISEES PAR LE RESEAU DES MESE D'OC. ....	4
3 • RENDEMENTS PREVISIONNELS (OU OBJECTIFS DE RENDEMENT) .....	5
a. <i>Hors zone vulnérable</i> .....	5
b. <i>En zone vulnérable</i> .....	5
<b>DOSE D'AZOTE A APPORTER.....</b>	<b>6</b>
1 • REFERENTIEL REGIONAL DE MISE EN ŒUVRE DE LA FERTILISATION AZOTEE .....	6
2 • RAISONNEMENT DES APPORTS AZOTES.....	6
<b>DOSES DE P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ET K<sub>2</sub>O A APPORTER .....</b>	<b>7</b>
1 • FORMULE DE CALCUL .....	7
2 • EXPORTATIONS ① .....	8
3 • COEFFICIENT MULTIPLICATIF DES EXPORTATIONS ② .....	9
a. <i>Exigence de la culture en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O</i> .....	9
b. <i>Valeurs des teneurs-seuils Timp. et Trenf.</i> .....	9
c. <i>Analyses de terre des parcelles de référence</i> .....	10
d. <i>Tableaux des coefficients multiplicatifs</i> .....	11
4 • SUPPLEMENT LIE A L'EXPORTATION DES PAILLES DE LA CULTURE N-1 ③.....	13
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> .....	13
b. <i>Rendement de pailles de la culture N-1</i> .....	13
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> .....	13
5 • PLAFOND DE DOSE A NE PAS DEPASSER .....	13
6 • EXEMPLE DE CALCUL POUR P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ET K <sub>2</sub> O.....	14
<b>QUANTITE DE BOUES OU COMPOSTS DE BOUES A APPORTER .....</b>	<b>15</b>
<b>FERTILISATION COMPLEMENTAIRE POUR L'ANNEE N.....</b>	<b>16</b>
<b>EXEMPLES .....</b>	<b>17</b>
1 • RAPPELS.....	17
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> .....	17
b. <i>Rappel des données de l'exemple</i> .....	17
2 • DOSES PREVISIONNELLES A APPORTER PAR LES BOUES .....	18
3 • QUANTITES DE PRODUIT ORGANIQUE A APPORTER EN FONCTION DE CHAQUE ELEMENT .....	18
4 • QUANTITES FINALES RETENUES EN FONCTION DE L'ELEMENT LIMITANT .....	18
5 • DOSES FINALEMENT APORTEES .....	19
6 • FERTILISATION COMPLEMENTAIRE.....	19
7 • CONCLUSION .....	19
<b>SCHEMA DE SYNTHESE DU RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION DU RIZ .....</b>	<b>20</b>
<b>LISTE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>21</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>22</b>

## Liste des tableaux

---

Tableau 2 : Calendrier d'occupation et périodes d'apport préconisées par le réseau des MESE d'Oc. pour le riz.....	4
Tableau 3 : Calcul du rendement prévisionnel en zone vulnérable .....	5
Tableau 4 : Rendements de référence en zone vulnérable .....	5
Tableau 5 : Cas de figure des types d'apports en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O .....	8
Tableau 6 : Teneur en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> et K <sub>2</sub> O par unité de rendement .....	8
Tableau 7 : Exigence du 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 du Languedoc-Roussillon.....	10
Tableau 8 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour K <sub>2</sub> O appliqués à la culture N (riz) .....	11
Tableau 9 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Joret-Hébert appliqués à la culture N (riz) .....	11
Tableau 10 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Dyer .....	12
Tableau 11 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Olsen appliqués à la culture N (riz) .....	12
Tableau 1 : Rendements des résidus de culture rencontrés avec le riz .....	13
Tableau 13 : Hypothèses de calcul sur riz .....	14
Tableau 14 : Exemple de calcul de doses de phosphore et de potasse efficaces pour le riz (cas B) ..	14

## Introduction

---

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

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

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

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

Concernant les composts de boues, le raisonnement d'apport d'humus n'est pas traité dans ce référentiel, ce dernier étant axé sur le raisonnement de l'apport des éléments fertilisants N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O.

Pour le raisonnement d'apport d'humus des composts de boues, se référer au Guide des produits organiques utilisables en Languedoc-Roussillon (CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE LANGUEDOC-ROUSSILLON, 2011).

Les termes mentionnés avec un astérisque noir \* dans le document 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 • Contexte

En Languedoc-Roussillon, la production de riz représente 25 % de la production nationale, soit 3 500 ha de riz cultivés en 2014 (source Agreste). Elle se répartit entre deux départements :

- Le Gard, en Camargue, avec 3 356 ha cultivés ;
- L'Aude, dans une moindre proportion, avec 170 ha.

La Camargue gardoise est placée dans sa quasi-totalité en zone vulnérable\* au sens de la Directive Nitrates, à l'exception de la commune de Fourques.

En 2015 et 2016, aucun apport de boues ou composts de boues n'a été relevé sur Fourques et dans l'Aude, aussi, seul le cas des parcelles en zone vulnérable est présenté ici.

## 2 • 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	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 prélèvements des cultures	Périodes d'épandage déconseillées hors zones vulnérables (CBPA)	Périodes d'épandage interdites en zones vulnérables
Riz	Composts de boues urbaines	Type I (C/N > 8)	Dans l'eau : mi-avril à mi-mai A sec : février à mars	Septembre à octobre	<p><b>Composts de boues sans faim d'azote :</b> Si apport avant semis : pas plus d'1 mois entre apport et semis (mars à mai)</p> <p><b>Composts de boues avec faim d'azote :</b> Si apport avant semis : pas plus de 2 mois entre apport et semis (février à mai)</p>	<p><b>CBPA : A préciser localement.</b></p> <p><b>Centre Français du Riz* : 2 périodes déconseillées</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Après la récolte du précédent et jusqu'au 15 janvier.</li> <li>- Sur culture levée.</li> </ul>	15 décembre au 15 janvier
	Boues urbaines pâteuses	Type II (C/N ≤ 8)				<p><b>Si apport avant semis :</b> pas plus d'1 mois entre apport et semis (mars à mai)</p>	

Source : Communication personnelle – CFR (2016).

Il n'y a pas d'indication de restriction de périodes d'apport pour l'usage de boues ou composts de boues dans le cahier des charges IGP Riz de Camargue.

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

### 3 • Rendements prévisionnels (ou objectifs de rendement)

#### a. Hors zone vulnérable\*

Si des épandages sont prévus sur des parcelles en dehors de la zone vulnérable, se référer au cas zone vulnérable.

#### 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 2** 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 2 : 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 3**.

*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 3 : Rendements de référence en zone vulnérable**

Cultures	AUDE	GARD	HERAULT	PYRENEES-ORIENTALES	Unités
Riz			55		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.*

Dans le Gard, on constate fréquemment deux classes de rendement en fonction des différentes conduites d'itinéraires culturaux : 40 et 60 q/ha de riz paddy, c'est-à-dire de riz non décortiqué. Le rendement est soumis aux problématiques de levée, de culture en eau salée, de concurrence avec des algues, et peut varier de 20 à 80 q/ha (source : CFR, 2016).

## Dose d'azote à apporter

### 1 • Référentiel régional de mise en œuvre de la fertilisation azotée

En Languedoc-Roussillon, l'arrêté du 5 septembre 2012 fixe, pour chaque culture ou prairie, l'écriture opérationnelle de la méthode du bilan azoté. Dans le cas des cultures pour lesquelles cette méthode n'est pas applicable, par exemple du fait d'un manque de références expérimentales pour paramétrer la méthode, l'arrêté fixe, pour la culture concernée, les mesures nécessaires à la limitation de la dose totale à apporter. Cette limitation peut consister en la définition soit d'une limite maximale d'apports azotés totaux autorisés (« dose balai »), soit de règles de calcul de la dose azotée totale sur la base d'une dose pivot.

La dose balai est plafonnée à 210 kg N/ha.

*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 en Languedoc-Roussillon.*

### 2 • Raisonement des apports azotés

Le riz ne fait pas l'objet de fiches dans le référentiel régional : la dose balai de 210 kg N/ha s'applique donc. Or ce plafond, fixé pour toutes les cultures non référencées, n'est pas spécifique au riz et ne coïncide pas avec le besoin observé sur le terrain. Le CFR met en avant un besoin de l'ordre de 150 kg N/ha dans ses missions d'appui technique aux riziculteurs de Camargue.

Cf. **Annexe 1.**

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

##### ► En et hors zones vulnérables

Choisir comme dose prévisionnelle à apporter 150 kg N/ha.

##### ► Limitation de la dose apportée par les boues

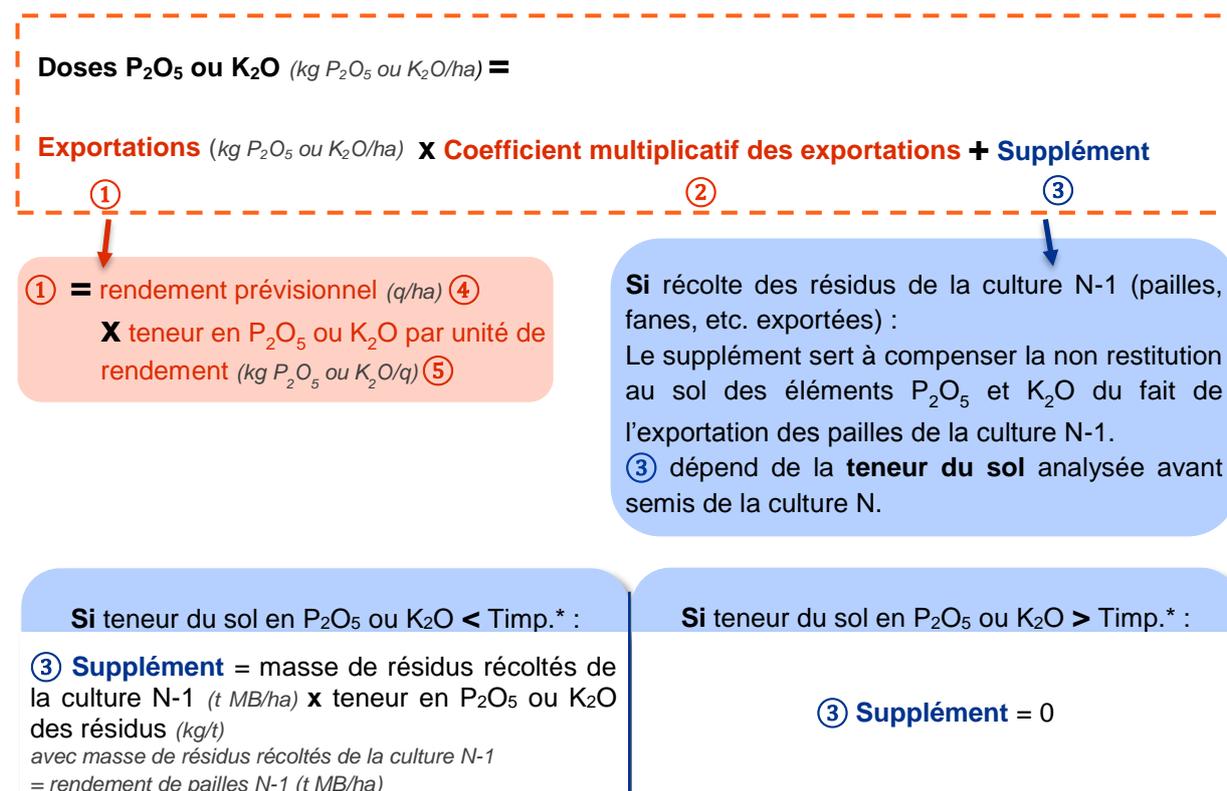
Limiter l'apport d'azote avant semis à **50 kg N efficace/ha.**

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

A noter, la spécificité des cultures dans l'eau comme le riz : la disponibilité en phosphore est favorable au développement d'algues. C'est pourquoi la gestion de la fertilisation en phosphore et potasse est primordiale pour limiter la prolifération d'algues, venant concurrencer la production rizicole.

### 3 • Formule de calcul

Selon la méthode du COMIFER (2009) :



#### 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 4).

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 4 : 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>

## 4 • 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 5 : 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
Avoine hiver/printemps	grain (culture N)	kg/q	0,75	0,45
Avoine hiver/printemps	paille (culture N-1)	kg/t MB	3	12
Blé dur	grain (culture N)	kg/q	0,85	0,45
Blé dur	paille (culture N-1)	kg/t MB	1,7	12,3
Blé tendre	grain (culture N)	kg/q	0,65	0,5
Blé tendre	paille (culture N-1)	kg/t MB	1,7	12,3
Cultures cynégétiques (mélange graminées/légumineuses ou graminées pures)	grain (culture N)	kg/q	0,85**	0,45**
Maïs fourrage (ou ensilage)	plante entière (culture N)	kg/t MS	4,2	11,9
Maïs grain	épi entier	kg/q	0,65	0,45
Maïs grain et maïs semence	grain (culture N)	kg/q	0,6	0,55
Méteil grain	grain (culture N)	kg/q	0,67**	0,49**
Méteil grain	paille (culture N-1)	kg/t MB	2**	12**
Méteil ensilé	plante entière (culture N)	kg/t MS	7,3	35,5
Orge hiver/printemps	grain (culture N)	kg/q	0,65	0,55

Espèce	Organe	Unité pour exportation	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Orge hiver/printemps	paille (culture N-1)	kg/t MB	1	12,9
Seigle	grain (culture N)	kg/q	0,65	0,45
Seigle	paille (culture N-1)	kg/t MB	3	12
Sorgho	grain (culture N)	kg/q	0,7	0,35
Sorgho fourrager (référence du maïs plante entière ensilée)	plante entière (culture N)	kg/t MS	4,2	11,9
Triticale	grain (culture N)	kg/q	0,65	0,5
Triticale	paille (culture N-1)	kg/t MB	2	10
Riz (Référence CFR 2015)	grain (culture N)	kg/q	1,2	0,5
Riz (Référence CFR 2015)	paille (culture N-1)	kg/q	0,78	2,25
Colza	grain (culture N)	kg/q	1,25	0,85
Colza	paille (culture N-1)	kg/t MB	1,7	14,5
Tournesol	grain (culture N)	kg/q	1,2	1,05

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

Source : COMIFER (2007).

## 5 • 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 6**) ;
- 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. Exigence de la culture en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O

Le riz ne figurant pas dans les références d'ARVALIS, il sera classé en « moyennement exigeant » en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O (**Tableau 6**).

### b. 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 6**).

**Tableau 6 : Exigence du 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 du Languedoc-Roussillon**

Culture	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	Teneurs seuils K <sub>2</sub> O mg/kg ou ppm	
		Trenf	Timp	Trenf	Timp	Trenf	Timp		Trenf	Timp
Riz	Moyennement exigeante	60	100	80	120	30	80	Moyennement exigeante	80	120

Source : ARVALIS (1995).

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

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

## c. 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.

### d. Tableaux des coefficients multiplicatifs

Les valeurs de ② sont récapitulées en fonction du niveau d'exigence en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O du riz, 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 7**, **Tableau 8**, **Tableau 9**, **Tableau 10**.

Exemple :

Données utilisées dans l'exemple de calcul en p. 11.

**Tableau 7 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour K<sub>2</sub>O appliqués à la culture N (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 K <sub>2</sub> O/kg de terre ou ppm)						
		Tba < Trenf.	Trenf. < Tba < Timp. -10%	Timp. -10% < Tba < Timp.	Timp. < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2Timp.	2Timp. < Tba < 3Timp.	Tba > 3Timp.
Moyennement exigeantes	0 (ou apport tous les ans)	1,6	1,2	1	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	2,2	1,4	1,2	108 < Tba < 120	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	Tba > 360
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	2,2	1,6	1,4	108 < Tba < 120	120 < Tba < 132	240 < Tba < 360	Tba > 360

Source : COMIFER (2009), ARVALIS (1995).

**Tableau 8 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Joret-Hébert appliqués à la culture N (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.
Moyennement exigeantes	0 (ou apport tous les ans)	1,6	1	1	100 < Tba < 110	110 < Tba < 200	200 < Tba < 300	Tba > 300
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,8	1,2	1	90 < Tba < 100	100 < Tba < 110	110 < Tba < 200	Tba > 300
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	2	1,7	1,5	90 < Tba < 100	100 < Tba < 110	200 < Tba < 300	Tba > 300

Source : COMIFER (2009), ARVALIS (1995).

Tableau 9 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Dyer appliqués à la culture N (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. + 10% < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2Timp.	2Timp. < Tba < 3Timp.	Tba > 3Timp.
Moyennement exigeantes	0 (ou apport tous les ans)	Tba < 80	80 < Tba < 108	108 < Tba < 120	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,6	1	1		0		
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	1,8	1,2	1	1	0,8	0	0
		2	1,7	1,5	1,2	1	0,6	0

Source : COMIFER (2009), ARVALIS (1995).

Tableau 10 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Olsen appliqués à la culture N (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. + 10% < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2Timp.	2Timp. < Tba < 3Timp.	Tba > 3Timp.
Moyennement exigeantes	0 (ou apport tous les ans)	Tba < 30	30 < Tba < 72	72 < Tba < 80	80 < Tba < 88	88 < Tba < 160	160 < Tba < 240	Tba > 240
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,6	1	1		0		
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	1,8	1,2	1	1	0,8	0	0
		2	1,7	1,5	1,2	1	0,6	0

Source : COMIFER (2009), ARVALIS (1995).

## 6 • 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. :	Si teneur du sol en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O > Timp. :
<p>③ <b>Supplément</b> = 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)</p>	<p>③ <b>Supplément</b> = 0</p>

### 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 6**.

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

Les principaux précédents culturaux du riz à considérer sont repris dans le **Tableau 11**. Dans certains cas, le riz est parfois précédé par du tournesol ou de la tomate.

**Tableau 11 : Rendements des résidus de culture rencontrés avec le riz**

Départements concernés	Précédents	Devenir des résidus de cultures N-1	Rendements des résidus de cultures N-1 t MB/ha
30	Riz	Enfouis / Brûlés	-
	Blé dur	Enfouis / Exportés	3,5 - 4,5
	Luzerne	Enfouis	-

Source : MONIER, MOURET, HAMMOND (2009).

Les pailles du riz ne sont pas souvent exportées pour des raisons techniques : soit broyées sur parcelle puis enfouies, soit disposées en andains et brûlées sur parcelle.

### 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 5**.

## 7 • 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.

## 8 • Exemple de calcul pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O

**Tableau 12 : Hypothèses de calcul sur riz**

Prise en compte des préconisations d'apports du riz 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	Riz (N-1) / Riz (N) / Riz (N+1)
Gestion des résidus du riz (N-1)	Pailles enfouies
Rendement prévisionnel du riz (N)	Grains : 55 q/ha
Passé récent de fertilisation de la parcelle	Apport tous les 2 ans
Date de l'analyse de sol	2015
Résultats de l'analyse de sol (Tba) en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Joret-Hébert : en K <sub>2</sub> O :	0,069 g/kg = 69 mg/kg 0,112 g/kg = 112 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 13 : 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 7 et Tableau 8)	1,2	1,2
④ Rendement prévisionnel q/ha	55	55
⑤ Teneur en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O par unité de rendement <u>de grain</u> Riz kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O/q	1,2	0,5
③ Supplément car exportation des pailles de la culture N-1	0	0
Rendement de pailles du riz (N-1) t/ha	enfouies	enfouies
Teneur en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O par unité de rendement <u>de paille</u> kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O/t	7,8	22,5
Doses totales prévisionnelles kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O efficace /ha	= (1,2 x 55 x 1,2) = <b>99</b>	= (1,2 x 55 x 0,5) = <b>33</b>
Doses prévisionnelles à apporter par les boues ou composts de boues D2 et D3	D2 = <b>99</b> kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> efficace/ha	D3 = <b>33</b> kg K <sub>2</sub> O efficace/ha
Vérification par rapport au plafond kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou K <sub>2</sub> O/ha	Pas de plafond retenu à ce jour ⇒ 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 kg N ou P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O efficace /ha</b>	<b>D1</b> : dose prévisionnelle d'azote de boue ou compost de boue kg N efficace/ha	<b>D2</b> : dose prévisionnelle de phosphore de boue ou compost de boue kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> efficace/ha	<b>D3</b> : dose prévisionnelle de potasse de boue ou composts de boue kg K <sub>2</sub> O efficace/ha
<b>Teneur en l'élément total de la boue ou du compost de boues kg N ou P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O total /t MB</b>	<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 2</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 3</b> . Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 2 <sup>ème</sup> année = 0 %	<b>Keq K<sub>2</sub>O</b> : Coefficient d'équivalence engrais potasse minéral efficace = 100 %

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

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

## Fertilisation complémentaire pour l'année N

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

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

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

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

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

## Exemples

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

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

### 1 • Rappels

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

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

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

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

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

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

Caractéristiques de la culture				
<b>Rotation</b>	Riz (N-1) / Riz (N) / Riz (N+1)			
<b>Gestion des résidus du blé dur (N-1)</b>	Pailles enfouies			
<b>Rendement prévisionnel du sorgho (N)</b>	Grains : 55 q/ha			
<b>Teneurs du sol</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Joret-Hébert</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	
<i>En mg/kg</i>	-	69	112	
<b>Date de l'analyse de sol</b>	2015			
<b>Rappel de l'hypothèse prise par le réseau des MESE d'Oc.</b>	Pour la parcelle de référence, les teneurs du sol n'ont pas varié depuis 2015, même si elle a reçu des épandages depuis (ainsi que son groupe de parcelles).			
<b>Teneurs des boues</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Matière sèche</b>
<i>En kg total/t MB</i>	12	7,5	0,99	14,8 %
<i>En kg total/t MS</i>	81,1	50,7	6,7	

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

## 2 • Doses prévisionnelles à apporter par les boues

En kg efficace/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>Exemple du riz avec un rendement de 55 q/ha</i>	Dose prévisionnelle à apporter sur le cycle total de la culture	Dose à apporter par les boues	
<b>Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O pour l'année N</b>	150	50	$1 \times 55 \times 1 = 55$ $1 \times 55 \times 0,5 = 28$
<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>	150	50	$1,2 \times 55 \times 1,2 = 99$ $1,2 \times 55 \times 0,5 = 33$

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

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

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	t MB/ha			t MS/ha		
<b>Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O pour l'année N</b>	$50 / (12 \times 0,4) = 10,4$	$55 / (7,5 \times 1) = 7,3$	$28 / (0,99 \times 1) = 28,3$	$50 / (81,1 \times 0,4) = 1,5$	$55 / (50,7 \times 1) = 1,1$	$28 / (6,7 \times 1) = 4,2$
<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>	$50 / (12 \times 0,4) = 10,4$	$99 / (7,5 \times 0,7) = 18,9$	$33 / (0,99 \times 1) = 33,3$	$50 / (81,1 \times 0,4) = 1,5$	$99 / (50,7 \times 0,7) = 2,8$	$33 / (6,7 \times 1) = 4,9$

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
<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>	7,3	1,1	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
<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>	10,4	1,5	N

**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 favorable. Dans cet exemple, l'azote devient limitant dans le cas B.

## 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>	$7,3 \times 12 \times 0,4 =$ <b>35</b>	$7,3 \times 7,5 \times 1$ <b>= 55</b>	$7,3 \times 0,99 \times 1$ <b>= 7</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>	$10,4 \times 12 \times 0,4$ <b>= 50</b>	$10,4 \times 7,5 \times 0,7$ <b>= 55</b>	$10,4 \times 0,99 \times 1$ <b>= 10</b>

## 6 • Fertilisation complémentaire pour l'année N

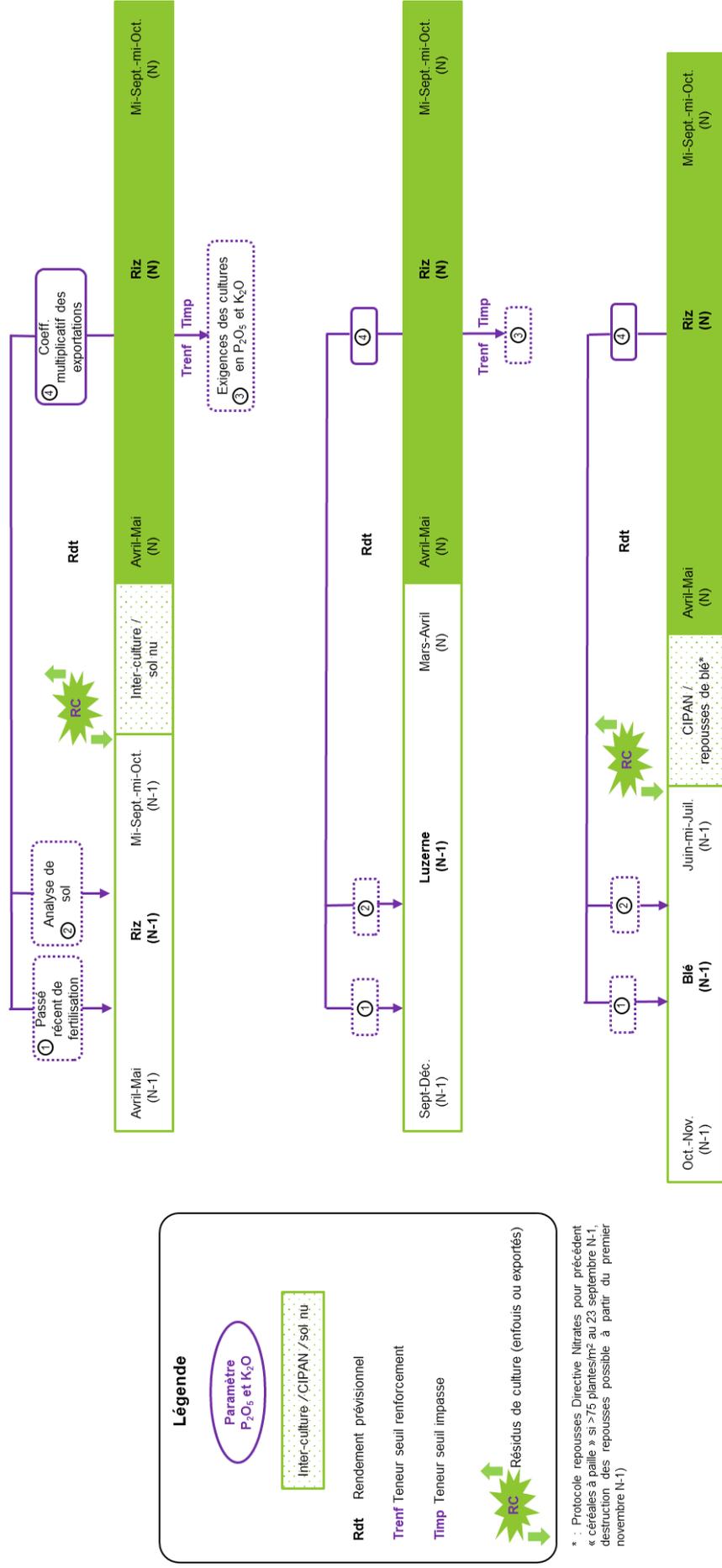
En kg efficace/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O pour l'année N</b>	$150 - 35$ <b>= 115</b>	$55 - 55$ <b>= 0</b>	$28 - 7$ <b>= 21</b>
<b>Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O pour l'année N</b>	$150 - 50$ <b>= 100</b>	$99 - 55$ <b>= 44</b>	$33 - 10$ <b>= 23</b>

## 7 • Conclusion

Avec les données de cet exemple, les cas A et B diffèrent peu en termes d'apports d'éléments fertilisants. À 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.

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 du riz



\* : Protocole repousses Directive Nitrates pour précédent « céréales à paille » si >75 plantes/m<sup>2</sup> au 23 septembre N-1, destruction des repousses possible à partir du premier novembre N-1

Périodes d'apport préconisées	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Boues						
Composts sans farm d'azote						
Composts avec farm d'azote						



## 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*.

MONIER, C., MOURET, J. C., & HAMMOND, R. (2009). *Riziculture Camarguaise. La paille de riz. Pratiques au champ et filières de valorisation pour un développement durable: Etat des lieux, retours d'expériences, débats participatifs, voies de valorisation*.

### 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 : METHODES DE CALCUL DE LA DOSE PREVISIONNELLE D'AZOTE A UTILISER .....</b>	<b>23</b>
<b>ANNEXE 2 : COEFFICIENT D'EQUIVALENCE ENGRAIS AZOTE MINERAL EFFICACE (KEQ N) .....</b>	<b>25</b>
<b>ANNEXE 3 : 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>28</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

Cultures ou prairies	Méthode de calcul de la dose prévisionnelle d'azote	Période d'ouverture du bilan azoté	Références
<b>Colza</b>	Bilan azoté	Décembre-janvier Au plus tard au 31 janvier	Annexe 3 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285
<b>Tournesol</b>	Dose plafond	Au plus tard au semis (mars-avril)	Annexe 6 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285
<b>Prairies</b>	Bilan azoté	Avant le premier apport (fin d'hiver)	Annexe 4 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285 Annexe 5 – Arrêté préfectoral régional MP du 31/08/2015 n°20150831-311-278, modifié par l'arrêté du 29/12/2015
<b>Vigne</b>	Dose plafond fonction de : <ul style="list-style-type: none"> <li>• du type de production</li> <li>• la vigueur</li> <li>• l'entretien annuel des inter-rangs</li> </ul>	Avant le premier apport d'engrais minéraux (généralement mars)	Annexe 9 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285
<b>Arboriculture</b>	Dose plafond fonction de : <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'âge du verger</li> <li>• la vigueur du jeune verger/ oliveraie</li> <li>• du potentiel de rendement pour le verger ou l'oliveraie adulte</li> </ul>	Au plus tard au moment de la reprise de végétation (31 mars)	Annexe 8 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285

## Annexe 2 : 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'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
Boues activées liquides urbaines (C/N = 4,9)		0,37	0,25	0,4	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
Boues activées filtre presse non chauffées (C/N = 5,9)		0,45	0,25	0,25	0,35	0,35	0,45	0,4	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4
Boues activées filtre presse chauffées (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
Boues activées pâteuses filtre à bandes (C/N = 5,2)		0,4	0,2	0,3	0,35	0,35	0,4	0,35	0,35	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'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 liti 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	
Boues activées liti à rhizophytes (C/N = 5,9) par manque de référence, le réseau des MESE d'Occ. 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	
Boues activées déshydratées chaulées (C/N = 5,3)	0,35	0,35	0,15	0,15	0,15	0,15	0,35	0,3	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	0,3	0,3	0,3	0,3	
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	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
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	
Boues décanteur digesteur (C/N = 8,1)	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	
Boues décanteur (C/N = 6 à 9)	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	
Boues de curage de lagunes urbaines (C/N = 6 à 11)	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	

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	Sortie hiver/ printemps	Fin d'été/ automne avant CJPAN (ex : maïs)	Été/ automne (ex : maïs)	Printemps <sup>2</sup> (ex : sorgho, riz, tournesol)	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps		
													0,25	0,25
Boues physico-chimiques déshydratées (C/N = 5,5 à 17)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Boues physico-chimiques déshydratées chaulées (C/N = 10 à 13)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Boues digérées anaérobies déshydratées (C/N = 5,9)	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Boues de Perpignan : Boues actives 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 3 : 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 composites de boues urbaines	Siccité* de la boue étudiée	Traitement	Apport tous les 2 à 3 ans				Apport annuel		
			Année 1			Année 2			
			Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mini	Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> maxi	Keq P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> moyen				
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/chaux	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/chaux	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/chaux	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.				0,7	0,3	1
Autres types de boues			Préconisations du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références.				0,7	0,3	1
Composts de boues		compostées 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 :

