



2018

REFERENTIEL N, P₂O₅, K₂O

MODALITES DE RAISONNEMENT DES DOSES
PREVISIONNELLES EN N, P₂O₅, K₂O POUR LES
BOUES ET COMPOSTS DE BOUES URBAINES

CAHIER CULTURE TOURNESOL



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

REFERENCES GENERALES	3
1. CALENDRIER D'OCCUPATION ET PERIODES D'APPORT PRECONISEES PAR LE RESEAU DES MESE D'OC.	3
2. RENDEMENTS PREVISIONNELS (OU OBJECTIFS DE RENDEMENT)	4
a. <i>Hors zone vulnérable*</i>	4
b. <i>En zone vulnérable</i>	5
DOSE PLAFOND D'AZOTE A APPORTER.....	6
1. DOSE PLAFOND SELON DEUX CRITERES	6
2. EXEMPLE DE CALCUL POUR L'AZOTE.....	6
DOSES DE P₂O₅ ET K₂O A APPORTER	7
1. FORMULE DE CALCUL.....	7
2. EXPORTATIONS ①.....	8
3. COEFFICIENT MULTIPLICATIF DES EXPORTATIONS ②	9
a. <i>Valeurs des teneurs-seuils des analyses de sol Timp. et Trenf.</i>	9
b. <i>Analyses de terre des parcelles de référence</i>	10
c. <i>Tableaux des coefficients multiplicatifs</i>	11
4. SUPPLEMENT LIE A L'EXPORTATION DES PAILLES DE LA CULTURE N-1 ③	14
a. <i>Comparaison des teneurs du sol en P₂O₅ et K₂O (issues de l'analyse de terre) à Timp.</i>	14
b. <i>Rendement de pailles de la culture N-1</i>	14
c. <i>Teneur en P₂O₅ et K₂O des résidus de pailles de la culture N-1</i>	14
5. PLAFOND DE DOSE A NE PAS DEPASSER.....	15
6. EXEMPLE DE CALCUL POUR P ₂ O ₅ ET K ₂ O.....	15
QUANTITE DE BOUES OU COMPOSTS DE BOUES A APPORTER	17
FERTILISATION COMPLEMENTAIRE POUR L'ANNEE N.....	18
EXEMPLES	19
1. RAPPELS	19
a. <i>Rappels des différents cas de figure des types d'apports en P₂O₅ et K₂O</i>	19
b. <i>Rappel des données de l'exemple</i>	20
2. DOSES PREVISIONNELLES A APPORTER PAR LES BOUES	20
3. QUANTITES DE PRODUIT ORGANIQUE A APPORTER EN FONCTION DE CHAQUE ELEMENT	21
4. QUANTITES FINALES RETENUES EN FONCTION DE L'ELEMENT LIMITANT	21
5. DOSES FINALEMENT APORTEES	21
6. FERTILISATION COMPLEMENTAIRE POUR L'ANNEE N	22
7. CONCLUSION	22
SCHEMA DE SYNTHESE DU RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION DU Tournesol	23
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	24
ANNEXES.....	25

Liste des tableaux

Tableau 1 : Calendrier d'occupation et périodes d'apport préconisées par le réseau des MESE d'Occ.	3
Tableau 2: Rendements prévisionnels ou objectifs de rendement	4
Tableau 3 : Calcul du rendement prévisionnel en zone vulnérable	5
Tableau 4 : Rendements de référence en zone vulnérable	5
Tableau 5 : Dose plafond en azote pour la totalité de la culture du tournesol en territoire Languedoc-Roussillon	6
Tableau 6 : Exemple de calcul de dose d'azote efficace pour le tournesol	6
Tableau 7 : Cas de figure des types d'apport en P ₂ O ₅ et K ₂ O	7
Tableau 8: Teneur P ₂ O ₅ et K ₂ O par unité de rendement	8
Tableau 9 : Exigence du tournesol en P ₂ O ₅ et K ₂ O et teneurs-seuils en ces éléments pour les sols du Sud-Ouest et pris par extension pour les sols du Territoire Languedoc-Roussillon	10
Tableau 10 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour K ₂ O appliqués à la récolte principale (tournesol)	12
Tableau 11 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P ₂ O ₅ Joret-Hébert appliqués à la récolte principale (tournesol)	12
Tableau 12 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P ₂ O ₅ Dyer appliqués à la récolte principale (tournesol)	13
Tableau 13 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P ₂ O ₅ Olsen appliqués à la récolte principale (tournesol)	13
Tableau 14 : Rendements des résidus de culture précédant le Tournesol	14
Tableau 15 : Hypothèses de calcul sur tournesol	15
Tableau 16 : Exemple de calcul de doses de phosphore et de potasse efficaces (cas B)	16

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 P₂O₅).

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, P₂O₅, K₂O 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, P₂O₅ et K₂O. 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^{ère} 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 P₂O₅, K₂O, 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 P₂O₅ de 2^{ème} 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 P₂O₅ et K₂O** 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 P₂O₅ et K₂O évoluer.

4. L'application stricte du raisonnement agronomique de la dose de P₂O₅ (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	Récolte	Périodes d'apport validées par le réseau des MESE d'Oc. en fonction des doses N, P ₂ O ₅ , K ₂ O et des prélèvements des cultures	Périodes d'épandage déconseillées hors zones vulnérables (CPBA*)	Périodes d'épandage interdites en zones vulnérables
Tournesol semence	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N ≤ 8)	Fin mars à mi-mai	Août à fin septembre	Si apport avant semis : pas plus d'1 mois entre apport et semis (février à avril, éventuellement mai si semis tardif)	1 ^{er} juillet au 15 janvier	Si précédée d'une CIPAN* : du 1 ^{er} juillet à 15 jours avant l'implantation de la CIPAN et de 20 jours avant la destruction de la CIPAN jusqu'au 31 janvier Si non précédée d'une CIPAN : du 1 ^{er} juillet au 31 janvier
Tournesol grain sec (consommation humaine)	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N ≤ 8)	Fin mars à mi-mai	Août à fin septembre	Si apport avant semis : pas plus d'1 mois entre apport et semis (février à avril, éventuellement mai si semis tardif)	1 ^{er} juillet au 15 janvier	Si précédée d'une CIPAN : du 1 ^{er} juillet à 15 jours avant l'implantation de la CIPAN et de 20 jours avant la destruction de la CIPAN jusqu'au 31 janvier Si non précédée d'une CIPAN : du 1 ^{er} juillet au 31 janvier
	Composts de boues urbaines	Type I (C/N > 8)	Mi-mars à fin avril	août à fin septembre	Composts boues sans fain d'azote : Si apport avant semis : pas plus d'1 mois entre apport et semis : février à avril Composts boues avec fain d'azote : Si apport avant semis : pas plus de 2 mois entre apport et semis : janvier à avril	1 ^{er} juillet au 31 août	Si précédée d'une CIPAN : du 1 ^{er} juillet à 15 jours avant l'implantation de la CIPAN et de 20 jours avant la destruction de la CIPAN jusqu'au 31 janvier Si non précédée d'une CIPAN : du 1 ^{er} juillet au 31 janvier

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^{er} janvier (exemple de cultures d'hiver : colza en septembre, blé en octobre-novembre et pois en décembre). Semée après le 1^{er} 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 rendement

Cultures	AUDE			GARD			HERAULT	LOZERE	PYRENEES ORIENTALES			Unité	
	Est Audois	Centre	Ouest audois	Camargue	Vallée du Rhône - Vistre	Uzège - Sommières	Nord du Gard	Ensemble du département	Salanque	Perpignan	Bassin d'Elne		Cerdagne
Tournesol grain sec (consommation humaine)	20	15 - 25	15 - 20	30 - 45	30 - 45	15 - 30 si bonne terre	15 - 30 si bonne terre	15 - 35					q/ha
Tournesol semence					5 - 20 Dépend de la référence						10		q/ha

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 1ère fois

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

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

Tableau 4 : Rendements de référence en zone vulnérable

Cultures	AUDE	GARD	HERAULT	PYRENEES-ORIENTALES	Unités
Tournesol	25	25	25	25	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 plafond d'azote à apporter

1. Dose plafond selon deux critères

Le raisonnement de la dose totale d'azote prévisionnelle n'est pas réalisé à partir de bilan azoté (méthode COMIFER) mais sur la base d'une dose plafond fournie par Terres Inovia*) : **60 kg d'azote/ha**.

Pour dépasser cette dose plafond et apporter jusqu'à un maximum **80 kg d'azote/ha**, il faut tenir compte de deux critères :

- L'objectif de rendement ;
- Le niveau du reliquat d'azote minéral à mesurer avant semis de tournesol (appelé Ri)

Tableau 5.

Tableau 5 : Dose plafond en azote pour la totalité de la culture du tournesol en territoire Languedoc-Roussillon

Reliquat d'azote minéral (Ri) dans le sol avant semis de tournesol Sols superficiels : sur 0 - 30 cm Sols profonds : sur 0 - 60 cm en kg N/ha	Dose plafond pour la totalité de la culture en kg N/ha	
	< 30 q/ha Sols superficiels	≥ 30 q/ha Sols profonds
Faible 15 < Ri < 45	40 à 80	80
Moyen 45 ≤ Ri ≤ 75	< 40	40 à 80
Fort Ri > 75	0	< 40

Source : Base Terres Inovia, adaptée en Languedoc-Roussillon, Annexe 6 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.

Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

► En et hors zones vulnérables :

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

► Limitation de la dose apportée par les boues :

Limiter l'apport d'azote avant semis à **50 kg N efficace/ha**, sauf dans le cas d'une dose plafond de 60 kg N/ha où la totalité de la dose peut être apportée par les boues avant semis.

L'Annexe 1 compile par culture ou prairies les méthodes de calcul de dose prévisionnelle en azote, ainsi que les périodes d'ouvertures du bilan azoté ou du 1^{er} apport azoté.

2. Exemple de calcul pour l'azote

Tableau 6 : Exemple de calcul de dose d'azote efficace pour le tournesol

Rdt	Reliquat d'azote minéral dans le sol Ri	Dose totale prévisionnelle	D1 Dose prévisionnelle à apporter par les boues ou composts de boues kg N efficace/ha
Rendement prévisionnel		Plafond	
q/ha	kg N/ha	kg N/ha	
30	45	60	60

Doses de P₂O₅ et K₂O à apporter

1. Formule de calcul

Selon la méthode du COMIFER (2009) :

Doses P₂O₅ ou K₂O (kg P₂O₅ ou K₂O/ha) =

Exportations (kg P₂O₅ ou K₂O/ha) x Coefficient multiplicatif des exportations + Supplément

① = rendement prévisionnel (q/ha) ④
x teneur en P₂O₅ ou K₂O par unité de rendement (kg P₂O₅ ou K₂O/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 P₂O₅ et K₂O 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 P₂O₅ ou K₂O < Timp.* :

③ **Supplément** = masse de résidus récoltés de la culture N-1 (t MB/ha) x teneur en P₂O₅ ou K₂O 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 P₂O₅ ou K₂O > 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 P₂O₅ et K₂O (Tableau 8)

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 P₂O₅ et K₂O lors d'un apport unique. Le recours au cas C doit rester exceptionnel et doit être justifié.

Tableau 7 : Cas de figure des types d'apport en P₂O₅ et K₂O

Cas A	Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P ₂ O ₅ et K ₂ O pour l'année N
Cas B	Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P ₂ O ₅ et K ₂ O pour l'année N
Cas C	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 ₂ O ₅ et K ₂ 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 P₂O₅ ou K₂O par unité de rendement ⑤
(q/ha) (kg P₂O₅ ou K₂O/q)

④ Rendement prévisionnel

Cf. Tableau 2.

⑤ Teneur en P₂O₅ ou K₂O par unité de rendement

Tableau 8: Teneur P₂O₅ et K₂O par unité de rendement

Espèce	Organe	Unité pour exportation	P ₂ O ₅	K ₂ 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
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).

3. Coefficient multiplicatif des exportations ②

② est défini d'après les 3 critères suivants :

- Exigences* des cultures en P₂O₅ ou K₂O (**Tableau 9**) ;
- Teneur du sol : richesse ou non du sol de la parcelle de référence en P₂O₅ ou K₂O ;
- Passé récent de fertilisation : nombre d'années sans apport depuis la dernière fertilisation = nombre d'impasses.

a. Valeurs des teneurs-seuils des analyses de sol 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 P₂O₅ Joret-Hébert, P₂O₅ Dyer, P₂O₅ Olsen et en K₂O sont celles correspondant par défaut à la région Sud-Ouest **Tableau 9**.

Tableau 9 : Exigence du tournesol en P₂O₅ et K₂O et teneurs-seuils en ces éléments pour les sols du Sud-Ouest et pris par extension pour les sols du Territoire Languedoc-Roussillon

Culture	Exigence de la culture en P ₂ O ₅	Teneurs seuils P ₂ O ₅ Joret-Hébert (pH > 7) mg/kg ou ppm		Teneurs seuils P ₂ O ₅ Dyer (pH < 7) mg/kg ou ppm		Teneurs seuils P ₂ O ₅ Olsen (pH indifférent) mg/kg ou ppm		Exigence de la culture		Teneurs seuils K ₂ O mg/kg ou ppm	
		Trenf.	Timp.	Trenf.	Timp.	Trenf.	Timp.	Trenf.	Timp.	Trenf.	Timp.
Tournesol	Faiblement exigeante	40	Soils acides limoneux ou argileux (boulbènes, alluvions, ségala) : 120 Soils basiques ou argilo-calcaires (terreforts, alluvions) :100	40	120	20	45	Moyennement exigeante	80	120	

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'Occ.

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 dans les **Tableau 10**, **Tableau 11**, **Tableau 12** et **Tableau 13** (COMIFER, 2009 ; ARVALIS, 1995).

Elles sont réparties en fonction du niveau d'exigence en P₂O₅ ou K₂O du tournesol, de la teneur en P₂O₅ ou K₂O du bulletin d'analyse et selon le nombre d'années d'impassé.

Exemple

: Données utilisées dans l'exemple de calcul en p. 12.

Tableau 10 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour K₂O appliqués à la récolte principale (tournesol)

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 ₂ O/kg de terre ou ppm)						
		Tba < Trenf.	Trenf. < Tba < 10%	Timp. - 10% < Tba < Timp.	Timp. < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2Timp.	2Timp. < Tba < 3Timp.	Tba > 3Timp.
Moyennement exigeantes		Tba < 80	80 < Tba < 108	108 < Tba < 120	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360
	0 (ou apport tous les ans)	1,6	1,2	1			0	
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	2,2	1,4	1,2	1	0,5	0	
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	2,2	1,6	1,4	1,2	1	0,8	0

Tableau 11 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P₂O₅ Joret-Hébert appliqués à la récolte principale (tournesol)

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 ₂ O ₅ /kg de terre ou ppm)						
		Tba < Trenf.	Trenf. < Tba < 10%	Timp. - 10% < Tba < Timp.	Timp. < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2Timp.	2Timp. < Tba < 3Timp.	Tba > 3Timp.
Moyennement exigeantes		Tba < 40	40 < Tba < 108	108 < Tba < 120	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360
	Sols acides limoneux ou argileux (boulbènes, alluvions, Ségala)	1,3	1	0,8				
	0 (ou apport tous les ans)	1,6	1	1		0		
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,6	1,2	1	1	0,8	0	
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	1,6	1,2	1	1	0,8	0	
Faiblement exigeantes		Tba < 40	40 < Tba < 90	108 < Tba < 100	100 < Tba < 110	110 < Tba < 200	200 < Tba < 300	Tba > 300
	Sols basiques ou argilo-calcaires (terreforts, alluvions)	1,3	1	0,8				
	0 (ou apport tous les ans)	1,6	1	1		0		
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	1,6	1,2	1	1	0,8	0	
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	1,6	1,2	1	1	0,8	0	

Tableau 12 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P₂O₅ Dyer appliqués à la récolte principale (tournesol)

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 ₂ O ₅ /kg de terre ou ppm)															
		Tba < Tref.	Tref. < Tba < Timp. -10%	Timp. - 10% < Tba < Timp.	Timp. < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2Timp.	2Timp. < Tba < 3Timp.	Tba > 3Timp.	Tba < 40	40 < Tba < 108	108 < Tba < 120	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360		
Faiblement exigeantes	Tournesol	0 (ou apport tous les ans)	1,3	1	0,8												
			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						

Tableau 13 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P₂O₅ Olsen appliqués à la récolte principale (tournesol)

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 ₂ O ₅ /kg de terre ou ppm)														
		Tba < Tref.	Tref. < Tba < Timp. -10%	Timp. - 10% < Tba < 45	45 < Tba < 49,5	49,5 < Tba < 90	90 < Tba < 135	Tba > 135	Tba < 20	20 < Tba < 40,5	40,5 < Tba < 45	45 < Tba < 49,5	49,5 < Tba < 90	90 < Tba < 135	Tba > 135	
Faiblement exigeantes	Tournesol	0 (ou apport tous les ans)	1,3	1	0,8											
			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					

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 P₂O₅ et K₂O correspondant à l'exportation de ces résidus dans le calcul des doses de P₂O₅ et K₂O à apporter.

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

Si teneur du sol en P ₂ O ₅ ou K ₂ O < Timp. :	Si teneur du sol en P ₂ O ₅ ou K ₂ O > Timp. :
<p>③ Supplément = masse de résidus récoltés de la culture N-1 (t MB/ha) x teneur en P₂O₅ ou K₂O 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 Supplément = 0</p>

a. Comparaison des teneurs du sol en P₂O₅ et K₂O (issues de l'analyse de terre) à Timp.

Cf. **Tableau 9**.

b. Rendement de pailles de la culture N-1

Les départements de la Lozère et des Pyrénées-Orientales ne sont pas concernés par des dossiers d'épandage de boues urbaines avant et sur tournesol.

Tableau 14 : Rendements des résidus de culture précédant le Tournesol

Départements concernés	Précédents	Devenir des résidus de cultures N-1	Rendements des résidus de cultures N-1 t MB/ha
11	Blé dur	Enfouis / Exportés	2,5 - 4 Narbonnais : 3,5
30	Blé dur	Enfouis / Exportés	3,5 - 4,5
34	Blé dur	Enfouis / Exportés	RU* faible (coteaux) : 4 - 7 RU élevée (plaines) : 7 - 10

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

c. Teneur en P₂O₅ et K₂O des résidus de pailles de la culture N-1

Cf. **Tableau 8**.

5. Plafond de dose à ne pas dépasser

Pour ces cultures, la dose calculée est plafonnée à 400 kg K₂O/ha/an.
Aucun plafond en P₂O₅ 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 P₂O₅ ou K₂O/ha.

6. Exemple de calcul pour P₂O₅ et K₂O

Tableau 15 : Hypothèses de calcul sur tournesol

Prise en compte des préconisations d'apports du tournesol en P ₂ O ₅ et K ₂ O	Couverture des préconisations d'apports de l'année N (année de l'épandage, apport tous les 2 ans (cas B))
Rotation	Blé dur (N-1) / Tournesol (N) / Blé dur (N+1)
Gestion des résidus du blé dur (N-1)	Pailles exportées chaque année Rendement de pailles réalisé : 3,5 t/ha
Rendement prévisionnel du tournesol (N)	Grains : 30 q/ha
Passé récent de fertilisation de la parcelle	Apport tous les 2 ans
Date de l'analyse de sol	2011
Résultats de l'analyse de sol (Tba)	
en P ₂ O ₅ Joret-Hébert :	0,080 g/kg = 80 mg/kg
en K ₂ O :	0,16 g/kg = 160 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 2011, même si elle a reçu des épandages depuis (ainsi que son groupe de parcelles).

Tableau 16 : Exemple de calcul de doses de phosphore et de potasse efficaces (cas B)

	P ₂ O ₅	K ₂ O
② Coefficient multiplicatif des exportations <i>(voir ronds rouges dans Tableau 10 et Tableau 11, cas d'un apport tous les 2 ans)</i>	1	0,5
④ Rendement prévisionnel <i>q/ha</i>	30	30
⑤ Teneur en P ₂ O ₅ ou K ₂ O par unité de rendement de <u>grain</u> Tournesol <i>kg P₂O₅ ou K₂O/q</i>	1,2	1,05
③ Supplément car exportation des pailles de la culture N-1	3,5 x 1,7 = 5,95	3,5 x 12,3 = 43
Rendement de pailles du blé dur (N-1) <i>t/ha</i>	3,5	3,5
Teneur en P ₂ O ₅ ou K ₂ O par unité de rendement de <u>paille</u> <i>kg P₂O₅ ou K₂O/t</i>	1,7	12,3
Doses totales prévisionnelles <i>kg P₂O₅ ou K₂O/ha</i>	= (1 x 30 x 1,2) + (3,5 x 1,7)	= (0,5 x 30 x 1,05) + (3,5 x 12,3)
	= 41,95 arrondi à 42	= 58,8 arrondi à 59
Doses prévisionnelles à apporter par les boues ou composts de boues D2 et D3	D2 = 42 kg P ₂ O ₅ efficace/ha	D3 = 59 kg K ₂ O efficace/ha
Vérification par rapport au plafond <i>kg P₂O₅ ou K₂O/ha</i>	Pas de plafond retenu à ce jour ➤D2 validée	<< 400 kg K ₂ 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 ₂ O ₅	K ₂ O
Dose de l'élément kg N ou P ₂ O ₅ ou K ₂ O efficace /ha	D1 : dose prévisionnelle d'azote à apporter par les boues ou compost de boues kg N efficace/ha	D2 : dose prévisionnelle de phosphore à apporter par les boues ou compost de boues kg P ₂ O ₅ efficace/ha	D3 : dose prévisionnelle de potasse à apporter par les boues ou composts de boues kg K ₂ O efficace/ha
Teneur en l'élément total de la boue ou du compost de boues kg N ou P ₂ O ₅ ou K ₂ O total /t MB	Teneur en azote total = azote organique + azote minéral (N-NO ₃ + N-NH ₄). kg N total/t MB Par défaut, on utilise NTK = N organique + N-NH ₄ car l'azote minéral est souvent très faiblement dosé.	Teneur en phosphore total kg P ₂ O ₅ total/t MB	Teneur en potasse totale kg K ₂ O total/t MB
Coefficient d'équivalence engrais N ou P₂O₅ ou K₂O minéral efficace* %	Keq N : Coefficient d'équivalence engrais N minéral efficace Keq N 1 ^{ère} année = valeurs données en Annexe 2 Keq N 2 ^{ème} année = 0 %	Keq P₂O₅ : Coefficient d'équivalence engrais P ₂ O ₅ minéral efficace Les Keq P ₂ O ₅ de boues ou composts de boue varient en fonction de la fréquence d'apport. Si apport tous les ans (cas A) : Keq P ₂ O ₅ 1 ^{ère} année = 100 % Keq P ₂ O ₅ 2 ^{ème} année = 0 % Si apport tous les 2 ou 3 ans (cas B et C) : Keq P ₂ O ₅ 1 ^{ère} année = valeurs données en Annexe 3 Keq P ₂ O ₅ 2 ^{ème} année = 0 %	Keq K₂O : 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 P₂O₅ de 2^{ème} 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 P₂O₅.

Pour des doses de P₂O₅ ou K₂O à apporter < à 20 kg/ha, réaliser une impasse.

Fertilisation complémentaire 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, P₂O₅ et K₂O à apporter ;
- Quantités de produit organique à apporter ;
- 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 P₂O₅ et K₂O

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 P₂O₅ et K₂O :

Cas A	Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P ₂ O ₅ et K ₂ O pour l'année N
Cas B	Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P ₂ O ₅ et K ₂ O pour l'année N
Cas C	<p>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 P₂O₅ et K₂O pour les années N et N+1. L'azote est apporté pour l'année N uniquement.</p> <p><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 l'année N et N+1 : il n'y a pas de nouvelles analyses de sol et le nombre d'impasses reste identique).</i></p>

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				
Rotation	Blé dur (N-1) / Tournesol (N) / Blé dur (N+1)			
Gestion des résidus du blé dur (N-1)	Pailles exportées chaque année Rendement de pailles réalisé : 3,5 t/ha			
Rendement prévisionnel du Tournesol (N)	Grains : 30 q/ha			
Teneurs du sol	N	P ₂ O ₅ Joret-Hébert	K ₂ O	
En mg/kg	-	80	160	
Date de l'analyse de sol	2015			
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).			
Teneurs des boues	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Matière sèche
En kg total/t MB	13,6	8,8	0,83	19,9 %
En kg total/t MS	68,4	44,1	4,1	
Keq 1 ^{ère} année	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P ₂ O ₅ et K ₂ O pour l'année N	0,5	1	1	
Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P ₂ O ₅ et K ₂ O pour l'année N	0,5	0,7	1	
Cas C : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P ₂ O ₅ et K ₂ O pour les années N et N+1	0,5	0,7	1	

2. Doses prévisionnelles à apporter par les boues

En kg efficace/ha	N		P ₂ O ₅	K ₂ O
Exemple du Tournesol avec un rendement de 30 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 ₂ O ₅ et K ₂ O pour l'année N	60	60	$(0,8 \times 30 \times 1,2) + (3,5 \times 1,7) = 35$	$(0 \times 30 \times 1,05) + (3,5 \times 12,3) = 43$
Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P ₂ O ₅ et K ₂ O pour l'année N	60	60	$(1 \times 30 \times 1,2) + (3,5 \times 1,7) = 42$	$(0,5 \times 30 \times 1,05) + (3,5 \times 12,3) = 59$

À noter que la différence de dose à apporter en P₂O₅ et K₂O 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 ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	t MB/ha			t MS/ha		
Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N	60 / (13,6 x 0,5) = 8,8	35 / (8,8 x 1) = 4,0	43 / (0,83 x 1) = 51,8	60 / (68,4 x 0,5) = 1,75	35 / (44,1 x 1) = 0,8	43 / (4,1 x 1) = 10,5
Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N	60 / (13,6 x 0,5) = 8,8	42 / (8,8 x 0,7) = 6,8	59 / (0,83 x 1) = 71,1	60 / (68,4 x 0,5) = 1,75	42 / (44,1 x 0,7) = 1,4	59 / (4,1 x 1) = 14,4

À noter que pour P₂O₅, la différence de quantité à apporter entre les cas A et B provient du changement de Keq 1^{ère} 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 P₂O₅ et K₂O pour l'année N	4,0	0,8	P ₂ O ₅
Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N	6,8	1,4	P ₂ O ₅

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^{ère} année du P₂O₅ 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 ₂ O ₅	K ₂ O
Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N	4 x 13,6 x 0,5 = 27	4 x 8,8 x 1 = 35	4 x 0,83 x 1 = 3
Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N	6,8 x 13,6 x 0,5 = 46	6,8 x 8,8 x 0,7 = 42	6,8 x 0,83 x 1 = 6

6. Fertilisation complémentaire pour l'année N

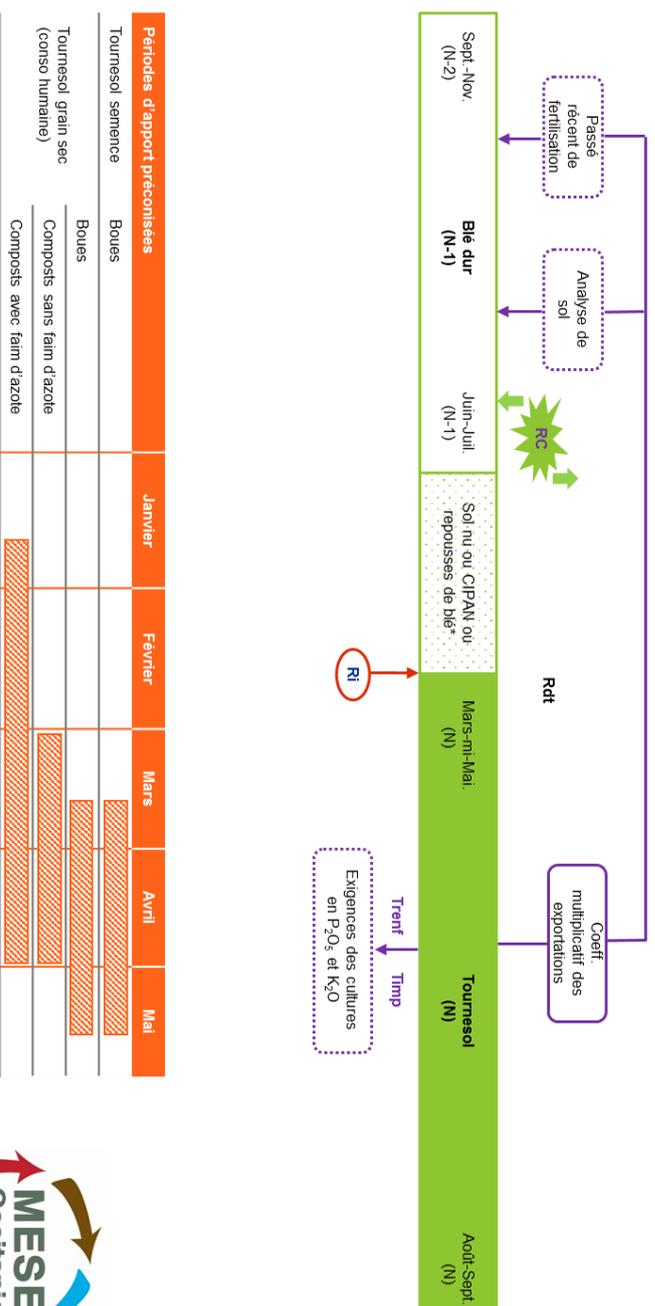
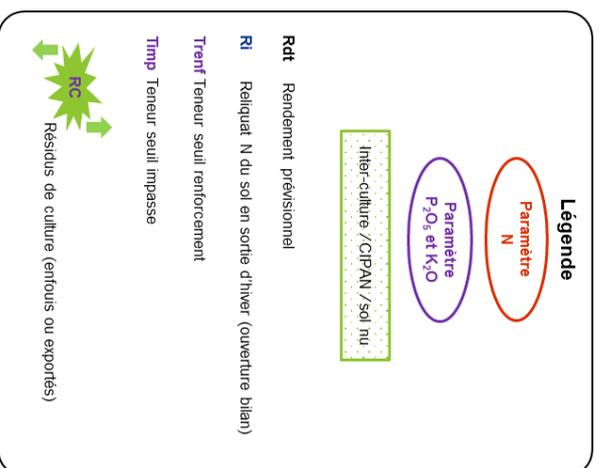
En kg efficace/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N	60 - 27 = 33	35 - 35 = 0	43 - 3 = 40
Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N	60 - 46 = 14	42 - 42 = 0	59 - 6 = 53

7. Conclusion

Cet exemple montre que le cas B est le plus intéressant car il permet d'apporter plus de 75% de la dose requise en N et de couvrir la dose nécessaire en P₂O₅ sans excédent.

Dans ce cas, la fertilisation complémentaire en P₂O₅ devra être nulle en année N (c'est-à-dire, l'année suivant les épandages). À noter que pour des sols non carencés, le gestionnaire d'épandage devra considérer l'intérêt de préconiser à l'agriculteur une impasse de fertilisation en P₂O₅ 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^{ère} année du P₂O₅.

Schéma de synthèse du raisonnement de la fertilisation du tournesol



* : Protocole repousses Directive Nitrates pour précédent « céréales à paille » si >75 plantes/m² au 23 septembre N-1, destruction des repousses possible à partir du premier novembre N-1)



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

ANNEXE 1: METHODES DE CALCUL DE LA DOSE PREVISIONNELLE D'AZOTE A UTILISER	26
ANNEXE 2: COEFFICIENT D'EQUIVALENCE ENGRAIS AZOTE MINERAL EFFICACE (KEQ N)	28
ANNEXE 3: COEFFICIENT D'ENGRAIS MINERAL EN PHOSPHORE (KEQ P₂O₅).....	31

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 ^{er} mars par convenance)	Annexe 2 – Arrêté préfectoral régional MP du 31/08/2015 n°20150831-311-278, modifié par l'arrêté du 29/12/2015
Maïs	Bilan azoté	Stade 4 feuilles (dans l'arrêté GREN Languedoc-Roussillon du 5 septembre 2012) Au semis, 1er mai par convenance (dans l'arrêté GREN Midi-Pyrénées du 6 juin 2014)	Annexe 2 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285 Annexe 3 – Arrêté préfectoral régional MP du 31/08/2015 n°20150831-311-278, modifié par l'arrêté du 29/12/2015
Sorgho fourrager Sorgho grain Sorgho semence	Sorgho grain : dose plafond fonction de : <ul style="list-style-type: none"> du type de sol : superficiel/ profond du type de conduite de la culture : irriguée ou en sec des conditions pluviométriques de l'automne/hiver (octobre à mars) <p>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.</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
Colza	Bilan azoté	Décembre-janvier Au plus tard au 31 janvier	Centre Français du Riz 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
Prairies	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
Vigne	Dose plafond fonction de : <ul style="list-style-type: none"> du type de production la vigueur 	Avant le premier apport d'engrais minéraux (généralement mars)	Annexe 9 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285

	<ul style="list-style-type: none">• l'entretien annuel des inter-rangs		
	Dose plafond fonction de : <ul style="list-style-type: none">• l'âge du verger• la vigueur du jeune verger/ oliveraie• du potentiel de rendement pour le verger ou l'oliveraie adulte	Au plus tard au moment de la reprise de végétation (31 mars)	Annexe 8 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285
Arboriculture			

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 ¹)			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 ² (ex : sorgho, riz, tournesol)	Automne/hiver	Printemps	Automne/hiver	Printemps	Automne/hiver	Printemps	Automne/hiver	Printemps	Automne/hiver
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	0,35	0,3	0,45	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	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	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4
Boues activées filtre presse chaulées (C/N = 5,9)	0,45	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Boues activées pâtesuses 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	0,35	0,35	0,35
Boues activées lits de séchage (C/N = 5,4)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

¹ par abus de langage appelé aussi culture d'automne

² 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 ¹)		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 ² (ex : sorgho, riz, tournesol)	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps	Automne/ hiver	Printemps		
Boues activées liti à rhizophytes (C/N = 5,9) par manque de référence, le réseau des MESE d'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	0,4
Boues activées déshydratées chaudes (C/N = 5,3)	0,35	0,35	0,15	0,15	0,15	0,35	0,3	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Boues activées sèches (C/N = 6,0)	0,35	0,2	0,2	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Boues liti bactérien disque biologique liquides (C/N = 7,5)	0,3	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
Boues liti bactérien déshydratées chaudes (C/N = 5)	0,3	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
Boues décanteur digesteur (C/N = 8,1)	0,3	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
Boues décanteur (C/N = 6 à 9)	0,3	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
Boues de curage de lagunes urbaines (C/N = 6 à 11)	0,3	0,2	0,25	0,25	0,25	0,3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	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	0,25

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 ¹)		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 ² (ex : sorgho, riz, tournesol)	Automne/hiver	Printemps	Automne/hiver	Printemps	Automne/hiver	Printemps
Boues physico-chimiques déshydratées chaulées (C/N = 10 à 13)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	0,3	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 (C/N = 5,9)	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Boues digérées anaérobies déshydratées chaulées (C/N = 6,0)	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Boues digérées anaérobies séchées (C/N = 6,1)	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Composts de boues avec support carboné de MIATE	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	0,1	0,1	0,1	0,1	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'engrais minéral en phosphore (K_{eq} P₂O₅)

Types de boues urbaines ou composts de boues urbaines	Siccité* de la boue étudiée	Traitement	Apport tous les 2 à 3 ans					Apport annuel	
			Année 1				Année 2		
			K _{eq} P ₂ O ₅ mini	K _{eq} P ₂ O ₅ maxi	K _{eq} P ₂ O ₅ moyen	K _{eq} P ₂ O ₅ retenu par le réseau des MESE d'Occ.			
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 chauffées	0,85			0,85	0,15	1	
Boues biologiques	liquides ou pâteuses	biologiques de déphosphatation chauffées 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/chauffées	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/chauffées	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/chauffées	0,83	0,93	0,88	0,8	0,17	1	
Boues physico-chimiques	pâteuses (30 % MS)	physico-chimiques chauffées	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'Occ., en l'absence de références.				0,7	0,3	1
Autres types de boues			Préconisations du réseau des MESE d'Occ., en l'absence de références.				0,7	0,3	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'Agric



VOS CONTACTS

Chambre d'agriculture de l'Aude

Stéphanie Rubio

04 68 11 79 77

stephanie.rubio@aude.chambagri.fr

Chambre d'agriculture du Gard

Claire Gaffier

04 66 25 46 92

claire.gaffier@gard.chambagri.fr

Chambre d'agriculture de l'Hérault

Marie Castagnet

04 67 20 88 35

castagnet@herault.chambagri.fr

Chambre d'agriculture de la Lozère

Laure Gomita

04 66 65 62 00

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

La réalisation de ce document a été soutenue financièrement par :

