



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 COLZA



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 D'AZOTE A APPORTER.....	6
1. FORMULE GENERALE	6
2. TYPES DE SOL.....	7
3. « BESOINS »	7
a. <i>Besoins de la culture (Pf)</i>	7
b. <i>Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan (Rf)</i>	8
4. FOURNITURES.....	8
a. <i>Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi)</i>	9
b. <i>Azote minéral à l'ouverture du bilan (Ri)</i>	10
c. <i>Minéralisation nette de l'humus du sol (Mh)</i>	11
5. EXEMPLE DE CALCUL POUR N.....	11
DOSES DE P₂O₅ ET K₂O A APPORTER	12
1. FORMULE DE CALCUL	12
2. EXPORTATIONS ①	13
3. COEFFICIENT MULTIPLICATIF DES EXPORTATIONS ②	14
a. <i>Valeurs des teneurs-seuils des analyses de sol Timp. et Trenf.</i>	14
b. <i>Analyses de terre des parcelles de référence</i>	14
c. <i>Tableaux des coefficients multiplicatifs</i>	16
4. SUPPLEMENT LIE A L'EXPORTATION DES PAILLES DE LA CULTURE N-1 ③.....	18
a. <i>Comparaison des teneurs du sol en P₂O₅ et K₂O (issues de l'analyse de terre) à Timp.</i>	18
b. <i>Rendement de pailles de la culture N-1</i>	18
c. <i>Teneur en P₂O₅ et K₂O des résidus de pailles de la culture N-1</i>	19
5. PLAFOND DE DOSE A NE PAS DEPASSER	19
6. EXEMPLE DE CALCUL POUR P ₂ O ₅ ET K ₂ O.....	19
QUANTITE DE BOUES OU COMPOSTS DE BOUES A APPORTER	21
FERTILISATION COMPLEMENTAIRE POUR L'ANNEE N.....	22
EXEMPLES	23
1. RAPPELS.....	23
a. <i>Rappels des différents cas de figure des types d'apports en P₂O₅ et K₂O</i>	23
b. <i>Rappel des données de l'exemple</i>	24
2. DOSES PREVISIONNELLES A APPORTER PAR LES BOUES	24
3. QUANTITES DE PRODUIT ORGANIQUE A APPORTER EN FONCTION DE CHAQUE ELEMENT	25
4. QUANTITES FINALES RETENUES EN FONCTION DE L'ELEMENT LIMITANT	25
5. DOSES FINALEMENT APORTEES	25
6. FERTILISATION COMPLEMENTAIRE POUR L'ANNEE N	26
7. CONCLUSION.....	26
SCHEMA DE SYNTHESE DU RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION DU COLZA.....	27
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	28
ANNEXES.....	29

Liste des tableaux

Tableau 1. Calendrier d'occupation et périodes d'apport préconisées par le réseau des MESE d'Oc. .	3
Tableau 2 : Rendements prévisionnels ou objectifs de rendements.....	4
Tableau 3 : Calcul du rendement prévisionnel en zone vulnérable	5
Tableau 4 : Rendements de référence en zone vulnérable	5
Tableau 5 : Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel.....	7
Tableau 6 : Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan (Rf)	8
Tableau 7 : Exemples de valeurs de Pi en fonction de la grosseur ou de la pesée du colza	9
Tableau 8 : Azote minéral à l'ouverture du bilan Ri.....	10
Tableau 9 : Minéralisation nette de l'humus du sol (Mh).....	11
Tableau 10 : Exemple de calcul de dose à apporter avant semis de colza	11
Tableau 11 : Cas de figure des types d'apports en P ₂ O ₅ et K ₂ O	12
Tableau 12 : Teneur en P ₂ O ₅ et K ₂ O par unité de rendement	13
Tableau 13 : Exigence du colza 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	14
Tableau 14 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour K ₂ O appliqués à la récolte principale (colza)	16
Tableau 15 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P ₂ O ₅ Joret-Hébert appliqués à la récolte principale (colza).....	16
Tableau 16 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P ₂ O ₅ Dyer appliqués à la récolte principale (colza)	17
Tableau 17 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P ₂ O ₅ Olsen appliqués à la récolte principale (colza)	17
Tableau 18. Rendements des résidus de culture précédant le colza	18
Tableau 19 : Hypothèses de calcul sur colza.....	19
Tableau 20 : Exemple de calcul de doses de phosphore et de potasse efficaces (cas B)	20

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 et 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 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^{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 <u>déconseillées</u> hors zones vulnérables (CPBA)	Périodes d'épandage <u>interdites</u> en zones vulnérables
Colza d'hiver : semence consommation (grains)	Autres boues urbaines (Liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes)	Type II (C/N ≤ 8)	Août - Septembre	Juin - Juillet	Si apport avant semis : pas plus d'1 mois avant semis (juillet à septembre)	Si avant ou sur grandes cultures d'automne (à partir du 21 septembre) : 1 ^{er} novembre au 15 janvier	Si implanté après le 21 septembre (automne) : 15 octobre au 15 janvier
	Boues urbaines de lits plantés de roseaux	Type II (C/N ≤ 8)	Août - Septembre	Juin - Juillet	Si apport avant semis : pas plus de 2 mois avant semis (juin à septembre)		

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 rendements

Cultures	AUDE			GARD				HERAULT	PYRÉNÉES 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	
Colza semence		15 - 20	15 - 20					15 - 20					q/ha
Colza consommation (grains) d'hiver		20 - 30	30 - 35	30 - 45	30 - 45	25 - 35	25 - 35	20 - 35			25		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 1^{ère} 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

Culture	AUDE	GARD	HERAULT	PYRENEES-ORIENTALES	Unité
Colza	28	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 d'azote à apporter

La méthode issue du bilan azoté est proposée par Terres Inovia*.

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

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

Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

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

1. Formule générale

$$\text{Dose totale à apporter} = \text{« BESOINS »} - \text{FOURNITURES}$$

« BESOINS »	= Besoins de la culture Pf^* (kg N/ha) + Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan Rf^* (kg N/ha)
FOURNITURES	= Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan Pi^* (kg N/ha) + Azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan Ri^* (kg N/ha) + Minéralisation nette de l'humus du sol Mh^* (kg N/ha)

Source : Annexe 3 de l'arrêté préfectoral régional de Languedoc-Roussillon du 5 septembre 2012 n°120285 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée en agriculture.

Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

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

AVERTISSEMENTS :

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

2. Types de sol

Certains paramètres de la formule générale dépendent du type de sol.

Les sols superficiels se caractérisent par une faible minéralisation au printemps et une réserve en eau faible, susceptible de limiter le rendement.

Exemple : coteaux et plateaux argilo-calcaires superficiels ou peu profonds, sols caillouteux (Costières...), calcaires superficiels et Groies, boubènes superficielles ou caillouteuses, Ségala, Sables des landes.

Les sols profonds se caractérisent par une minéralisation moyenne à élevée au printemps et une bonne réserve en eau, ne limitant pas (ou peu) le rendement.

Exemple : alluvions fertiles des vallées (Garonne, Hers, Girou, Tarn, Vallée de l'Orb, de l'Hérault, de la Durance), Boulbènes profonds, Terreforts profonds des bas coteaux du Sud-Ouest, limons du littoral.

Sur le site : <http://regletteazotecolza.fr/#/etape1>

Les sols intermédiaires se caractérisent dans l'Aude par des sols de mi-coteaux.

3. « Besoins »

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

a. Besoins de la culture (Pf)

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

Tableau 5 : Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel

Oléagineux	Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel ou besoin par unité de production (b) kg N/q (graines)
Colza semence (GREN LR)	7
Colza semence (GREN Midi-Pyrénées)	7 / COSF
Colza consommation (grains)	7

Source : Annexe 3 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.

Définition de COSF

Pour le colza semence, la valeur du besoin par ha des rangs femelles doit être ajustée en fonction du dispositif de semis (nombre de rangs femelles x nombre de rangs mâles).

Le dispositif de semis permet de calculer un coefficient d'occupation de sols des rangs femelles (COSF) selon la formule suivante :

$$\text{COSF} = \text{coefficient d'occupation des sols des rangs femelles}$$

$$= \text{Nombre de rangées femelles} / (\text{Nombre de rangées mâles} + \text{Nombre de rangées femelles})$$

Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

Pour le colza semence :

- ▶ Tant que l'arrêté GREN LR est en vigueur en zones vulnérables, utiliser $b = 7 \text{ kg N/q}$, quel que soit le type de dossier réglementaire à constituer (EPE, extension de périmètre, PPE et BA).
- ▶ Hors zones vulnérables, utiliser $b = 7 / \text{COSF kg N/q}$ pour les BA et $b = 7 \text{ kg N/q}$ pour les dossiers EPE, extension de périmètre et PPE.

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

- Rf** = quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan, soit à la récolte de la culture, quantité que les racines n'ont pas été capables d'extraire et qui reste dans le sol après récolte. Elle dépend de la culture, du type de sol et de la profondeur d'enracinement.
- = appelé aussi **reliquat azoté final** ou **reliquat d'azote à la récolte** (kg N/ha).

Tableau 6 : Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan (Rf)

Types de sol en LR	Rf kg N/ha
Sols superficiels	30
Sols intermédiaires	35 (Préconisation du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références)
Sols profonds	40

Source : Annexe 3 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.

4. Fournitures

$$\text{FOURNITURES} = \text{Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan } P_i \text{ (kg N/ha)} \\ + \text{Azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan } R_i \text{ (kg N/ha)} \\ + \text{Minéralisation nette de l'humus du sol } M_h \text{ (kg N/ha)}$$

a. Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi)

Pi est mesuré entre le 15 décembre et le 15 janvier par l'une des deux méthodes :

- Méthode par pesée ;
- Méthode visuelle.

	Méthode par pesée	Méthode visuelle												
Définition	Pesées de biomasse aérienne fraîche A privilégier car plus précise en particulier pour les colzas moyens à gros (> 1 kg de matière verte /m²).	Observations visuelles de la biomasse fraîche Estimation de la masse avec la table de correspondance entre photos et masses en kg/m ² (Cf. Figure 1). Méthode fiable pour colzas < 1 kg de matière verte/m².												
Protocole	<p>Évaluation de la masse fraîche par pesée :</p> <ul style="list-style-type: none"> – délimiter 2 à 4 parcelles de 1m² chacune, représentatives de la parcelle, – prélever les plantes quand la végétation est ressuyée (absence de rosée ou de pluie), – couper les plantes au ras du sol (au niveau du collet), – peser les plantes fraîchement coupées, sans séchage, sur chaque placette (en kg/m²). – calculer la moyenne des pesées réalisées sur les placettes (en kg/m²). <p>Cas de parcelles hétérogènes : Si plusieurs zones de densité ou de niveaux de croissance très différents, réaliser la même opération sur chaque zone (2 à 4 placettes par zone).</p> <p>Puis conversion en utilisant la correspondance : 1 kg de matière fraîche/ha contient 65 kg N efficace/ha.</p>	<p>TABLE DE CORRESPONDANCE</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Méthode visuelle</th> <th>Correspondance méthode par pesée (poids frais en kg/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Figure 1 : Table de correspondance entre la photo de la biomasse fraîche et le poids frais du colza (méthode visuelle d'estimation de Pi)</p> <p>Puis conversion en utilisant la correspondance : 1 kg de matière fraîche /ha contient 65 kg N efficace/ha.</p>	Méthode visuelle	Correspondance méthode par pesée (poids frais en kg/m ²)		0,2		0,4		1		1,4		2
Méthode visuelle	Correspondance méthode par pesée (poids frais en kg/m ²)													
	0,2													
	0,4													
	1													
	1,4													
	2													

Le **Tableau 7** peut être utilisé :

Tableau 7 : Exemples de valeurs de Pi en fonction de la grosseur ou de la pesée du colza

Résultat de la pesée ou de la grosseur du colza (du 15 décembre au 15 janvier)		Pi kg N/ha
Grosseur du colza	Poids frais kg/m ²	
Petit	0,2	13
	0,4	26
Moyen	1	65
	1,4	91
Gros	2	130

Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

Dans l'attente de références fournies par Terres Inovia concernant le bilan azoté pour des apports de produits organiques avant semis de colza, ne sachant pas si le colza va se développer correctement, prendre un Pi = 65 kg N/ha.

b. Azote minéral à l'ouverture du bilan (Ri)

Ri = quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan, disponible en reprise de croissance active de la culture à la sortie de l'hiver (de décembre au 31 janvier au plus tard)
= appelé aussi **reliquat azoté initial** ou **reliquat sortie hiver** (kg N/ha)

► Quand prélever Ri ?

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

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

Colza d'hiver = de décembre au 31 janvier au plus tard.

Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

Afin de tenir compte des futures évolutions du GREN Occitanie, mesurer Ri sur la 2^{ème} quinzaine de janvier.

► Détermination de Ri

- Cas où Ri est mesuré en dosant l'azote nitrique sur 60 cm de profondeur

La mesure du reliquat sortie d'hiver est conseillée si le colza est très vert ou petit. Dosage par l'agriculteur ou un technicien.

- Cas où Ri est estimé selon les valeurs du **Tableau 8**.

Tableau 8 : Azote minéral à l'ouverture du bilan Ri

Types de sol	Ri kg N/ha
Sols superficiels	10
Sols intermédiaires	20 (préconisation du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références)
Sols profonds	30

Source : Annexe 3 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.

c. Minéralisation nette de l'humus du sol (Mh)

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

Tableau 9 : Minéralisation nette de l'humus du sol (Mh)

Types de sol	Mh kg N/ha
Sols superficiels	20
Sols intermédiaires	30 (préconisation du réseau des MESE d'Occ., en l'absence de références)
Sols profonds	40

Source : Annexe 3 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.

5. Exemple de calcul pour N

Tableau 10 : Exemple de calcul de dose à apporter avant semis de colza

	Blé dur pailles exportées (N-1) / Colza (N) Sol intermédiaire
Pf = Rendement prévisionnel du colza (N) x Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel	25 x 7 = 175
Rendement prévisionnel du colza (N) q/ha	25
b Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel kg N/q	7
Rf Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan kg N/ha	35
Pi Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan kg N/ha	65
Ri Azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan kg N/ha	20
Mh Minéralisation nette de l'humus du sol kg N/ha	30
Dose totale prévisionnelle à apporter sur le cycle total de la culture [Rdt x b + Rf - Pi - Ri - Mh] kg N/ha	= (25 x 7) + 35 - 65 - 20 - 30
	= 95
D1 - Dose prévisionnelle à apporter par les boues ou composts de boues kg N efficace/ha	D1 = 50

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'Occ.

Le réseau distingue 3 cas de figure en fonction de la fréquence d'apports de boues ou composts de boues et du respect des doses d'apport en P₂O₅ et K₂O (**Tableau 11**).

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 11 : Cas de figure des types d'apports 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 12 : Teneur en 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 13**) ;
- 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 13**).

Tableau 13 : Exigence du colza 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) <i>mg/kg ou ppm</i>		Teneurs seuils P ₂ O ₅ Dyer (pH < 7) <i>mg/kg ou ppm</i>		Teneurs seuils P ₂ O ₅ Olsen (pH indifférent) <i>mg/kg ou ppm</i>		Exigence de la culture	Teneurs seuils K ₂ O <i>mg/kg ou ppm</i>	
		Trenf.	Timp.	Trenf.	Timp.	Trenf.	Timp.		Trenf.	Timp.
Colza	Fortement exigeante	60	120	80	160	40	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.

b. Analyses de terre des parcelles de référence

Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

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

► Pour les parcelles de référence :

Prendre les valeurs de la dernière analyse (quelle que soit la date de prélèvement).

► **Pour toutes les autres parcelles** (qui ne sont pas des parcelles de référence) :

- **En cas d'analyse (de la parcelle) datant de moins de 5 ans** : prendre les valeurs de cette analyse plutôt que celles de la parcelle de référence à laquelle elle est rattachée.
- **En cas d'absence d'analyse** : se référer aux résultats d'analyse de la parcelle de référence (quelle que soit la date de prélèvement).
- **En cas d'analyse datant de plus de 5 ans** : se référer aux résultats d'analyse les plus récents, soit de la parcelle concernée, soit de la parcelle de référence.

c. Tableaux des coefficients multiplicatifs

Les valeurs de ② sont récapitulées en fonction du niveau d'exigence en P₂O₅ ou K₂O du colza, de la teneur en P₂O₅ ou K₂O du bulletin d'analyse et selon le nombre d'années d'impasse dans les **Tableau 14**, **Tableau 15**,

Tableau 16 et **Tableau 17** (COMIFER, 2009 ; ARVALIS, 1995).

Exemple Données utilisées dans l'exemple de calcul p. 19.

Tableau 14 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour K₂O appliqués à la récolte principale (colza)

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 < 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	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	2,2	1,6	1,4	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360

Tableau 15 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P₂O₅ Joret-Hébert appliqués à la récolte principale (colza)

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 < Timp. -10%	Timp. -10% < Tba < Timp.	Timp. < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2Timp.	2Timp. < Tba < 3Timp.	Tba > 3Timp.
Fortement exigeantes	0 (ou apport tous les ans)	2,2	1,5	1,2	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	3,3	2	1,5	108 < Tba < 120	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	3,7	2,7	2	120 < Tba < 132	132 < Tba < 240	240 < Tba < 360	Tba > 360

Tableau 16 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P₂O₅ Dyer appliqués à la récolte principale (colza)

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 < Timp. -10%	Timp. - 10% < Tba < Timp.	Timp. < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2 Timp.	2 Timp. < Tba < 3 Timp.	Tba > 3 Timp.
Fortement exigeantes	0 (ou apport tous les ans)	Tba < 80	80 < Tba < 144	144 < Tba < 160	160 < Tba < 176	176 < Tba < 320	320 < Tba < 480	Tba > 480
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	2,2	1,5	1,2	1	0,8		0
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	3,3	2	1,5	1,2	1		
		3,7	2,7	2	1,5	1,2	0,8	0

Tableau 17 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P₂O₅ Oisen appliqués à la récolte principale (colza)

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 < Timp. -10%	Timp. - 10% < Tba < Timp.	Timp. < Tba < Timp. + 10%	Timp. + 10% < Tba < 2 Timp.	2 Timp. < Tba < 3 Timp.	Tba > 3 Timp.
Fortement exigeantes	0 (ou apport tous les ans)	Tba < 40	40 < Tba < 72	72 < Tba < 80	80 < Tba < 88	88 < Tba < 160	160 < Tba < 240	Tba > 240
	1 an (ou apport tous les 2 ans)	2,2	1,5	1,2	1	0,8		0
	2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans)	3,3	2	1,5	1,2	1		
		3,7	2,7	2	1,5	1,2	0,8	0

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

Quand les résidus de culture N-1 sont enlevés (= récoltés, « exportés »), il faut ajouter une quantité supplémentaire de 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 13.**

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 semis de colza.

Tableau 18. Rendements des résidus de culture précédant le colza

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	1,5 - 3
	Orge	Enfouis / Exportés	1,2 - 2,5
30	Blé dur	Enfouis / Exportés	3,5 - 4,5
34	Blé dur (avant colza semence d'hiver)	Enfouis / Exportés	Si blé dur en sec : RU* faible (coteaux) : 1,5 – 2,5 RU élevée (plaines) : 3 – 5
	Blé dur (avant colza consommation grains d'hiver)	Enfouis / Exportés	Si blé dur irrigué : RU* faible (coteaux) : 3 – 5 RU élevée (plaines) : 4 – 7
			RU faible (coteaux) : 1,5 – 2,5 RU élevée (plaines) : 3 – 5

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 12.

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 19 : Hypothèses de calcul sur colza

Prise en compte des préconisations d'apports du sorgho 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) / Colza (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 colza (N)	Grains : 25 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 ₂ O ₅ Joret-Hébert :	0,07 g/kg = 70 mg/kg
en K ₂ O :	0,11 g/kg = 110 mg/kg
Rappel de l'hypothèse prise par le réseau des MESE d'Oc.	Pour la parcelle de référence, les teneurs du sol n'ont pas varié depuis 2015, même si elle a reçu des épandages depuis (ainsi que son groupe de parcelles).

Tableau 20 : 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 (voir ronds rouges dans les Tableau 14 et Tableau 15 , cas d'un apport tous les 2 ans)	2	1,2
④ Rendement prévisionnel q/ha	25	25
⑤ Teneur en P ₂ O ₅ ou K ₂ O par unité de rendement de <u>grain</u> Colza kg P ₂ O ₅ ou K ₂ O/q	1,25	0,85
③ Supplément car exportation des pailles de la culture N-1	3,5 x 1,7 = 5,95	3,5 x 12,3 = 43,05
Rendement de pailles du blé dur (N-1) t/ha	3,5	3,5
Teneur en P ₂ O ₅ ou K ₂ O par unité de rendement de <u>paille</u> kg P ₂ O ₅ ou K ₂ O/t	1,7	12,3
Doses totales prévisionnelles kg P ₂ O ₅ ou K ₂ O/ha	= (2 x 25 x 1,25) + (3,5 x 1,7)	= (1,2 x 25 x 0,85) + (3,5 x 12,3)
	= 68,45 arrondi à 68	= 68,55 arrondi à 69
Doses prévisionnelles à apporter par les boues ou composts de boues D2 et D3	D2 = 68 kg P ₂ O ₅ efficace/ha	D3 = 69 kg K ₂ O efficace/ha
Vérification par rapport au plafond kg P ₂ O ₅ ou K ₂ O/ha	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) :

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

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 0. 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 0 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 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, P₂O₅ et K₂O 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 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	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>

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				
Rotation	Blé dur (N-1) / Colza (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 sorgho (N)	Grains : 25 q/ha			
Teneurs du sol	N	P ₂ O ₅ Joret-Hébert	K ₂ O	
En mg/kg	-	70	110	
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	0,4	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	0,4	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	0,4	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 colza grain avec un rendement de 25 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	95	50	(1,5 x 25 x 1,25) + (3,5 x 1,7) = 53	(1 x 25 x 0,85) + (3,5 x 12,3) = 64
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	95	50	(2 x 25 x 1,25) + (3,5 x 1,7) = 68	(1,2 x 25 x 0,85) + (3,5 x 12,3) = 69

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	50 / (13,6 x 0,4) = 9,2	53 / (8,8 x 1) = 6,0	64 / (0,83 x 1) = 77,1	50 / (68,4 x 0,4) = 1,8	53 / (44,1 x 1) = 1,2	64 / (4,1 x 1) = 15,3
Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N	50 / (13,6 x 0,4) = 9,2	68 / (8,8 x 0,7) = 11,0	69 / (0,83 x 1) = 83,1	50 / (68,4 x 0,4) = 1,8	68 / (44,1 x 0,7) = 2,2	68 / (4,1 x 1) = 16,5

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	6,0	1,2	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	9,2	1,8	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. Dans le cas B, l'épandage tous les 2 ans permet d'avoir un coefficient multiplicatif des exportations et un Keq 1^{ère} année du P₂O₅ 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 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	6 x 13,6 x 0,4 = 33	6 x 8,8 x 1 = 53	6 x 0,83 x 1 = 5
Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N	9,2 x 13,6 x 0,4 = 50	9,2 x 8,8 x 0,7 = 57	9,2 x 0,83 x 1 = 8

6. Fertilisation complémentaire pour l'année N

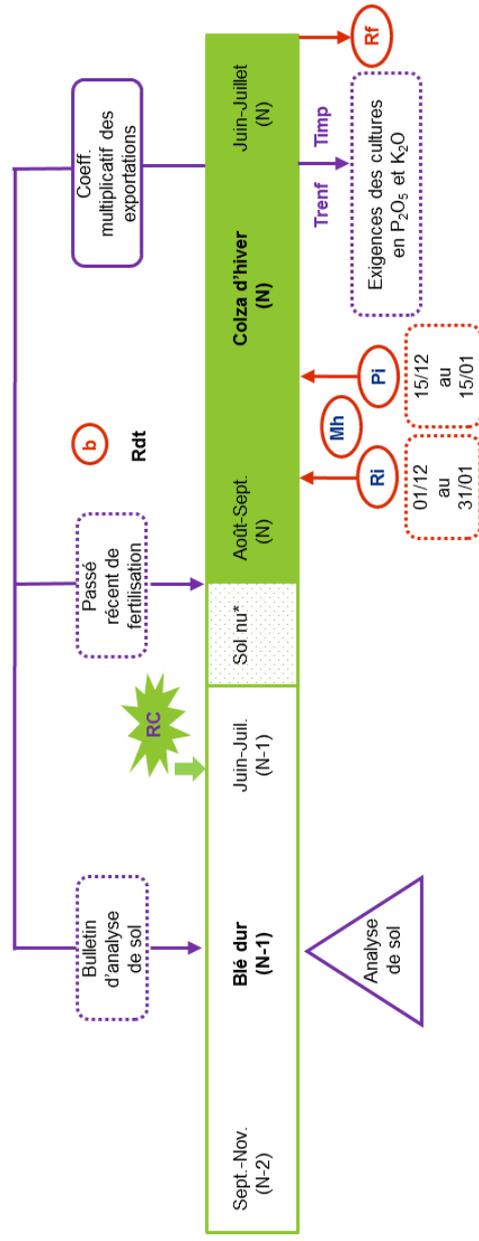
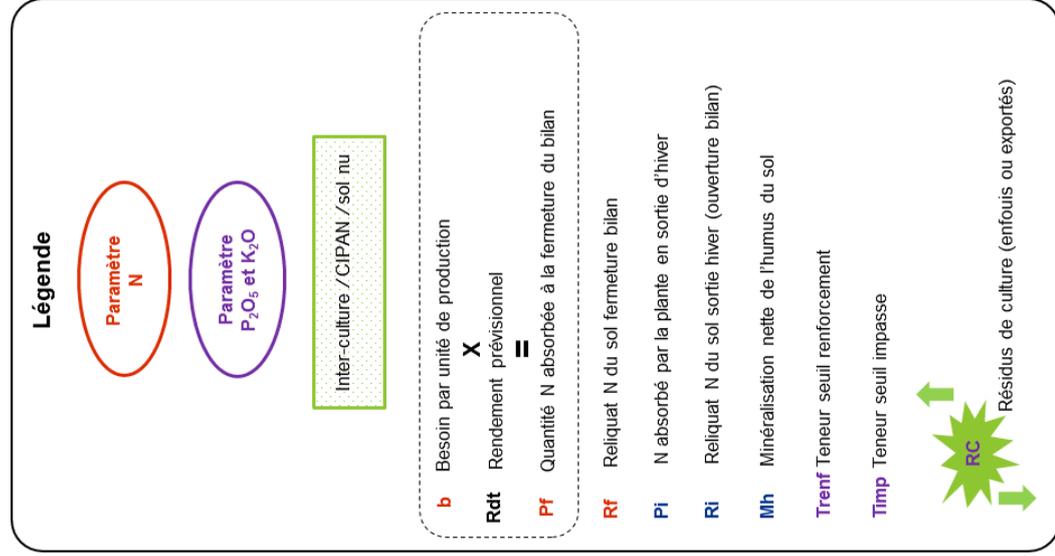
En kg efficace/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N	95 - 33 = 62	53 - 53 = 0	64 - 5 = 59
Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N	95 - 60 = 45	68 - 57 = 11	69 - 8 = 61

7. Conclusion

Cet exemple montre que le cas B est le plus intéressant car il permet d'apporter plus de 50% de la dose requise en N et plus de 80% de la dose requise en P₂O₅. Dans cet exemple, 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 colza



Périodes d'apport préconisées		Juin	Juillet	Août	Septembre
Colza d'hiver	Boues				
	Boues liti plantées de roseaux				



*: Période de préparation du semis de colza

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	30
ANNEXE 2	: LE BILAN AZOTE ET SES DIFFERENTS POSTES EN CULTURES ANNUELLES ET PRAIRIES	32
ANNEXE 3	: COEFFICIENT D'EQUIVALENCE ENGRAIS AZOTE MINERAL EFFICACE (KEQ N)	34
ANNEXE 4	: COEFFICIENT D'EQUIVALENCE ENGRAIS P₂O₅ MINERAL EFFICACE (KEQ P₂O₅)	38

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) 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.	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

Cultures ou prairies	Méthode de calcul de la dose prévisionnelle d'azote	Période d'ouverture du bilan azoté	Références
Vigne	Dose plafond fonction de : <ul style="list-style-type: none"> • du type de production • la vigueur • l'entretien annuel des inter-rangs 	Avant le premier apport d'engrais minéraux (généralement mars)	Annexe 9 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285
Arboriculture	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

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

1 • Les équations du bilan prévisionnel

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

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

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

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

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

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

Avec :

Etats initial et final	
R _f	Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan
R _i	Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan
Entrée d'azote dans le système sol-plante	
M _h	Minéralisation nette de l'humus du sol
F _s	Fixation symbiotique d'azote atmosphérique par la culture
F _{ns}	Fixation non symbiotique d'azote atmosphérique
M _{hp}	Minéralisation nette due à un retournement de prairie
M _r	Minéralisation nette de résidus de récolte
M _{rCi}	Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire
M _{pro1}	Minéralisation nette de l'azote organique d'un PRO n°1 apporté avant l'ouverture du bilan
M _{pro2}	Minéralisation nette de l'azote organique d'un PRO n°2 apporté après l'ouverture du bilan
A	Apports atmosphériques (apports météoriques = dépôts secs ou humides)
N _{irr}	Azote apporté par l'eau d'irrigation
X	Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse
X _{pro}	Azote de la fraction minérale d'un PRO apporté après la date d'ouverture du bilan
Sorties d'azote du système sol-plante	
P _f	Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan
P _i	Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan
I _x	Organisation par voie microbienne aux dépens de l'azote minéral apporté sous forme d'engrais de synthèse ou de fraction minérale du PRO
G _s	Pertes du sol par voie gazeuse (dénitrification pour l'essentiel)
G _x	Perte par voie gazeuse (volatilisation, dénitrification) aux dépens de l'engrais minéral (X) et de la fraction minérale du PRO apporté après l'ouverture du bilan (X _{pro})
L	Pertes par lixiviation du nitrate pendant l'ouverture du bilan

3 • Les écritures opérationnelles du bilan

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

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

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

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

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

Avec :

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

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

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

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

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

Mh : Minéralisation nette de l'humus du sol

Mhp : Minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr : Minéralisation nette de résidus de récolte

MrCi : Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire

Nirr : Azote apporté par l'eau d'irrigation

CAU : Coefficient apparent d'utilisation de l'engrais

Xa : Equivalent engrais minéral efficace d'un produit organique

c. Colza : Écriture simplifiée du bilan

$$X + Xa = [Pf + Rf] - [Pi + Ri + Mh]$$

Avec :

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

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

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

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

Une boue digérée = méthanisée au cours du process 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	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 liquides urbaines (C/N = 4,9)	0,37	0,25	0,4	0,35	0,35	0,35	0,45	automne : 0,3 sortie hiver : 0,45	0,35	0,3	0,45	0,3	0,45
Boues activées liquides égouttées urbaines (C/N = 4,9)	0,1	0,1	0,35	0,15	0,15	0,15	0,45	0,25	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Boues activées filtre presse non chaudées (C/N = 5,9)	0,45	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35	0,45	0,4	0,4	0,4	0,4	0,35	0,4
Boues activées filtre presse chaudées (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

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'Oc. : fonction de la culture et de la période d'apport											
		Colza (culture d'hiver')		Cultures d'hiver : Céréales, Oléagineux		Cultures de printemps : 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	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
	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
	lits à rhizophytes (C/N = 5,9) par manque de référence, le réseau des MESE d'Oc. positionne ici les boues issues des LSPR et FPR	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Boues activées	déshydratées chaulées (C/N = 5,3)	0,35	0,35	0,15	0,15	0,15	0,35	0,3	0,35	0,35	0,3	0,3	0,3
	séchées (C/N = 6,0)	0,35	0,2	0,2	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,3	0,3	0,3
Autres boues	Boues lit bactérien disque biologique liquides (C/N = 7,5)	0,3	0,15	0,15	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Types de boues		Coefficients d'équivalence engrais azote minéral efficace (Keq N) préconisés par le réseau des MESE d'Occ. : fonction de la culture et de la période d'apport												
		Colza (culture d'hiver')		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 digérées	Boues lit bactérien déshydratées chaulées (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
	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
	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
	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
	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	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Types de boues		Coefficients d'équivalence engrais azote minéral efficace (Keq N) préconisés par le réseau des MESE d'Oc. : fonction de la culture et de la période d'apport											
		Colza (culture d'hiver')		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
Composts de MATE	Boues de Perpignan : Boues activées épaissies digérées déshydratées non chaulées (C/N = 5,5)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Boues digérées anaérobies déshydratées chaulées (C/N = 6,0)	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2	0,3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	Boues digérées anaérobies séchées (C/N = 6,1)	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2	0,3	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

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

Annexe 4 : Coefficient d'équivalence engrais P₂O₅ minéral efficace (Keq P₂O₅)

Types de boues urbaines ou composés de boues urbaines	Siccité* de la boue étudiée	Traitement	Apport tous les 2 à 3 ans				Apport annuel	
			Année 1			Année 2		
			Keq P ₂ O ₅ maxi	Keq P ₂ O ₅ moyen	Keq P ₂ O ₅ retenu par le réseau des MESE d'Occ.			
Boues biologiques	liquides	biologiques	1	0,86	0,7	0,28	1	
Boues biologiques	pâteuses (20 % MS)	biologiques	1	0,86	0,7	0,28	1	
Boues biologiques	pâteuses (30 % MS)	biologiques chaulées			0,85	0,15	1	
Boues biologiques	liquides ou pâteuses	biologiques de déphosphatation chaulées ou traitées aux sels de fer/chaux	1	0,94	0,9	0,13	1	
Boues biologiques		biologiques traitées aux sels de fer ou aux sels de fer/chaules	1	0,92	0,8	0,17	1	
Boues biologiques	liquides ou pâteuses	biologiques digérées	1	0,71	0,4	0,59	1	
Boues biologiques	solides ou sèches	biologiques digérées conditionnées thermiquement	0,37	0,56	0,4	0,63	1	
Boues biologiques		biologiques digérées traitées aux sels de fer ou aux sels de fer/chaules	0,63	0,76	0,6	0,37	1	
Boues physico-chimiques		physico-chimiques traités aux sels de fer ou aux sels de fer/chaules	0,83	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'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	0,73	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

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 :

